(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3652046号
(P3652046)
(45)発行日　平成17年5月25日(2005.5.25)　(24)登録日　平成17年3月4日(2005.3.4)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 15/20　G02B 15/20
G02B 13/18　G02B 13/18

請求項の数 8　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願平9-27281
(22)出願日　平成9年1月28日(1997.1.28)
(65)公開番号　特開平10-206737
(43)公開日　平成10年8月7日(1998.8.7)
審査請求日　平成15年1月17日(2003.1.17)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100075867
弁理士　向　寛二
(72)発明者　加藤　茂
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号　オリンパス光学工業株式会社内

審査官　山村　浩

(56)参考文献　特開平　６－２１４１５８（ＪＰ，Ａ）
特開平　９－　１５５００（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】小型なズーム光学系及びそれを備えたカメラ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行なう光学系で、前記第４レンズ群が一つのレンズよりなり、以下の条件（２）’、（６）’を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。

（２）’　$-0.72 \leqq (r_F + r_R)/(r_F - r_R) < 0$

（６）’　$0.58 \leqq |f_4/f_W| < 0.9$

ただしr_F，r_Rは夫々第４レンズ群の最も物体側の面および最も像側の面の曲率半径、f_4は第４レンズ群の焦点距離、f_Wはワイド端での全系の焦点距離である。

【請求項２】

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とを有し、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行なう光学系を備えたカメラであって、前記第４レンズ群が一つの非球面レンズよりなり、下記条件（１）、（２）’、（６）’を満足することを特徴とする小型なズーム光学系を備えたカメラ。

（１）$\Sigma D_4/y < 0.25$

（２）’　$-0.72 \leqq (r_F + r_R)/(r_F - r_R) < 0$

（６）’　$0.58 \leqq |f_4/f_W| < 0.9$

ただし、ΣD_4 は第４レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離、ｙは像面対角長の1/2 、r_F , r_R は夫々第４レンズ群の最も物体側の面および最も像側の面の曲率半径、f_4 は第４レンズ群の焦点距離、f_W はワイド端での全系の焦点距離である。

【請求項３】
全体で７枚以下のレンズにて構成されていることを特徴とする請求項１に記載の小型なズーム光学系。

【請求項４】
特許請求の範囲の請求項１または３に記載する光学系で、少なくとも第４レンズ群に非球面を有することを特徴とする小型なズーム光学系。

【請求項５】
特許請求の範囲の請求項１、３または４に記載する光学系で、開口絞りが第３レンズ群の最終レンズよりも物体側に配置されていることを特徴とする小型なズーム光学系。

【請求項６】
特許請求の範囲の請求項１、３、４または５に記載する光学系で、下記条件（３）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。

（３）　　$\nu_R > 50$

ただしν_R は第４レンズ群の負レンズのアッベ数である。

【請求項７】
特許請求の範囲の請求項１、３、４、５または６に記載する光学系で、下記条件（４）、（５）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。

（４）　　$1.5 < \beta_{4T} / \beta_{4W}$

（５）　　$0.1 < f_{BW} / f_W < 0.5$

ただし、β_{4T}, β_{4W}は夫々テレ端およびワイド端での第４レンズ群の横倍率、f_{BW}はワイド端でのバックフォーカス、f_W はワイド端での全系の焦点距離である。

【請求項８】
特許請求の範囲の請求項１、３、４、５、６または７に記載する光学系で、第３レンズ群の移動によりフォーカシングを行ない又下記条件（７）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。

（７）　　$|\beta_{3T}| < 0.9$

ただし、β_{3T}は第３レンズ群のテレ端での倍率である。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、写真用カメラ特にレンズシャッターカメラに用いられる小型なズーム光学系及びそれを備えたカメラに関するものである。

【０００２】
【従来の技術】
近年、レンズシャッターカメラに用いられるズーム光学系は、高変倍比でかつ小型であることが要求されている。特にカメラ携帯時の小型化のためには、鏡枠沈胴時の鏡枠長を短くする必要があり、そのため光学系としてはレンズ構成枚数が少なくレンズ構成長が短いことが有利である。

【０００３】
このような、レンズ構成枚数が少なくかつ変倍比が大であるズームレンズの従来例として、正、正、正、負のレンズ群の配置の４群ズームレンズである特開平６－２１４１５７号および特開平６－２１４１５８号公報に記載されているズームレンズが知られている。

【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、上記各公報に記載されているズームレンズは、第４レンズ群が２枚以上のレンズにて構成されており、又深い凹面を物体側に向けた最も像側の負レンズの物体側にレンズ

が配置されているために、第４レンズ群の最も物体側の面（入射面）から最も像側の面（射出面）までの光軸上の距離つまり第４レンズ群の構成長が長く、沈胴時の鏡枠構成長を短くするのに適した構成ではない。

【０００５】

また、上記従来例の実施例として示されているズームレンズは、レンズ構成枚数が９～１０枚と多い。

【０００６】

本発明は、高変倍であるにも拘らず構成枚数が少なく沈胴時の鏡枠構成長を短くできる小型なズーム光学系及びそれを備えたカメラを提供するものである。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

本発明のズーム光学系（第１の構成）は、物体側より順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とよりなり、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行なう４群ズーム光学系であって、第４レンズ群が１枚のレンズよりなることを特徴としている。

【０００８】

本発明のズーム光学系は、前記のように各レンズ群間の間隔を変化させて変倍を行なうものであるが、例えば第１レンズ群と第４レンズ群をいずれも物体側へ移動させ又これに遅れて第２レンズ群と第３レンズ群を夫々物体側へ移動させることにより、広角側から望遠側への変倍を行なうようにしている。つまり、広角端より望遠端への変倍に際してすべてのレンズ群を物体側へ移動させ又第１レンズ群と第２レンズ群との間隔が広くなるように又第３レンズ群と第４レンズ群の間隔が狭くなるように移動する。又上記の変倍の際に球面収差や、像面湾曲、色収差などの変動が少なくなるように第２レンズ群と第３レンズ群の空気間隔を変化させている。

【０００９】

本発明のズーム光学系は、上記の通りの正、正、正、負の四つのレンズ群よりなり、そのうちの第４レンズ群を１枚のレンズにて構成したことを特徴とするもので、これにより第４レンズ群の構成長が短くなるため、沈胴時における鏡枠構成長を短くすることが出来る。

【００１０】

前記構成の４群ズームレンズにおいて、前記従来例のように最も像側（第４レンズ群の最も像側）に物体側の面が深い凹面である負レンズが配置されているズームレンズが知られている。本発明においても後に示す各実施例のように、最も像側のレンズが物体側の面が深い凹面である負レンズである。そしてこの第４レンズ群を物体側の面が深い凹面である負レンズ１枚にて構成すれば、沈胴時に第３レンズ群が入り込むことができ、沈胴時の鏡枠構成長を一層短くすることが出来る。

【００１１】

図９は、前記従来例と上記構成の本発明の光学系とを比較して示した図である。つまり、図９の（Ａ）が従来のズームレンズの構成を示し、（Ｂ）が本発明のズーム光学系の構成を示し、いずれもＷがワイド時、Ｃが沈胴時である。これら図から明らかなように従来のズームレンズは、第４レンズ群の最も像側の負レンズL_nの物体側凹面の物体側に更にレンズL_pが配置されており、第３レンズ群Ｇ３の一部が第４レンズ群Ｇ４内に入り込むことがない。これに対し、本発明のズーム光学系では、第４レンズ群Ｇ４を物体側の面が深い凹面である１枚のレンズL_nにて構成したため、この深い凹面内に第３レンズ群Ｇ３の一部が入り込む。したがって本発明のズーム光学系は、沈胴時の鏡枠構成を一層短くすることが可能である。つまり、本発明ズームレンズにおいて、第４レンズ群Ｇ４を物体側が深い凹面の負レンズL_n１枚にて構成した場合、図９の（Ｂ）に示す従来のズームレンズの沈胴時の第１面Ａ［図９の（Ａ）Ｃに示す沈胴時の光学系の第１面］と本発明のズーム光学系の沈胴時の第１面Ｂとの差Ｄだけ本発明のズーム光学系の方が短縮可能である。

【００１２】

本発明の他の第２の構成は、前述の第１の構成と同様に物体側より順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とよりなり、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行なうズーム光学系を備えたカメラで、下記条件（１）を満足することを特徴とする。

（１）　$\Sigma D_4 / y < 0.25$

ただし、ΣD_4 は第４レンズ群のレンズ構成長つまり第４レンズ群の入射面から射出面までの光軸上の距離、ｙは像面対角長の1/2 である。

【００１３】

上記構成の本発明のズーム光学系は、第４レンズ群の構成長を条件（１）を満足するように短くして、沈胴時における鏡枠構成長が短くなるようにしている。

【００１４】

条件（１）の上限の０．２５を超えると沈胴時に第３レンズ群が入り込めず、沈胴時の鏡枠構成長が長くなる。

【００１５】

次に第３の構成の本発明のズーム光学系は、物体側より順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、正の屈折力を有する第２レンズ群と、正の屈折力を有する第３レンズ群と、負の屈折力を有する第４レンズ群とよりなり、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行なう光学系で、光学系全体で７枚以下のレンズにて構成されていることを特徴としている。

【００１６】

このように、全体を少ないレンズ枚数にて構成することにより光学系全体が小型であり、又各レンズ群も極めて少ないレンズにて構成されしたがって各レンズ群共構成長が短く、沈胴時の鏡枠構成を短くできる。

【００１７】

前記第１～第３の構成のズーム光学系において、第４レンズ群が下記条件（２）を満足することが望ましい。

（２）　$-1.20 < (r_F + r_R) / (r_F - r_R) < 0$

ただしr_F，r_R は夫々第４レンズ群の最も物体側の面および最も像側の面の曲率半径である。

【００１８】

条件（２）の上限の０を超えると、最終面（第４レンズ群の最も像側の面）が深くなり、つまり凹面の曲率が強くなり、最終レンズの縁がフィルム面に近づくためにレンズ系の第１面から最終面までの距離が実質上長くなる。又条件（２）の下限の－１．２０を超えると、最終レンズ群の入射面（第４レンズ群の最も物体側の面）の曲率が強くなり、つまり凹面が深くなりすぎて、この面の物体側にある枠部材と干渉してしまう可能性がありレンズ群間の間隔を広くする必要が生ずる。

【００１９】

前述の第１～第３の構成の光学系において、少なくとも第４レンズ群に非球面を少なくとも１面設けることが望ましい。

【００２０】

正、正、正、負よりなる４群ズーム光学系においては、主として負の第４レンズ群により変倍が行なわれるため、使用時のレンズ全長を短くするためには、第４レンズ群の負の屈折力を強くすることが有効である。そのため、第４レンズ群中のレンズの曲率が強くなり像面湾曲や歪曲収差等の周辺光束の収差が悪化する。この収差の悪化を防ぐためには、第４レンズ群中の少なくとも１面を周辺部で曲率が緩くなるような形状の非球面にすれば、周辺光束の収差を良好に補正できる。

【００２１】

また本発明の各構成のズーム光学系においては、色収差を各レンズ群毎に夫々補正するのではなく、各レンズ群の間で色収差が互いに打ち消し合うようにして光学系全体の色収差が小さくなるようにしている。このようにすれば、各レンズ群で収差（色収差）が残存す

ることが許されるため、各レンズ群の構成レンズ枚数を少なく出来、前述のように光学系全体で７枚以下のレンズにて構成することが可能になる。

【００２２】

特に、屈折力が強くなる第４レンズ群を負レンズ１枚にて構成した場合には、第４レンズ群で発生する色収差が大になり、第４レンズ群よりも前のレンズ群での色収差により打ち消すことが困難になる。そのために、第４レンズ群が下記条件（３）を満足することが望ましい。

（３）　　$\nu_R > 50$

ただしν_Rは第４レンズ群の負レンズのアッベ数である。

【００２３】

条件（３）の下限の５０を超えると、第４レンズ群での色収差の発生が大になりすぎて、第４レンズ群よりも前のレンズ群により十分良好に補正し得なくなる。

【００２４】

また、本発明のズーム光学系において、開口絞りは、第３レンズ群の最終レンズよりも物体側に位置することが望ましい。前述のように沈胴時に、第３レンズ群が第４レンズ群の物体側の凹面内に入り込むようにすることが沈胴時の鏡枠構成を短くする上で望ましい。開口絞りが第３レンズ群の像側に位置すると、開口絞りと第４レンズ群とがレンズ周辺部で干渉し、沈胴長が長くなる。

【００２５】

また、本発明のズーム光学系において、下記条件（４）、（５）を満足することが望ましい。

（４）　　$1.5 < \beta_{4T} / \beta_{4W}$

（５）　　$0.1 < f_{BW} / f_W < 0.5$

ただし、β_{4T}，β_{4W}は夫々テレ端およびワイド端での第４レンズ群の横倍率、f_{BW}はワイド端でのバックフォーカス、f_Wはワイド端での全系の焦点距離である。

【００２６】

条件（４）は、本発明の光学系において、高変倍比を達成するための条件である。条件（４）の下限の１．５を超えると、変倍負担が第４レンズ群から第３レンズ群へ移り、変倍時の各レンズ群の移動量が大になり、スラスト方向の小型化ができなくなる。

【００２７】

条件（５）は、レンズの径を小さくするための条件であって、条件（５）の下限の０．１を超えると第４レンズ群がフィルム面に近くなりすぎてレンズの径が大きくなりすぎる。条件（５）の上限の０．５を超えると、レンズの径は小さくなるが、第４レンズ群の横倍率が大になりすぎて、収差を良好に補正し得なくなる。

【００２８】

また、本発明の光学系において第４レンズ群が下記条件（６）を満足することが望ましい。

（６）　　$0.5 < |f_4 / f_W| < 0.9$

ただし、f_4は第４レンズ群の焦点距離である。

【００２９】

条件（６）の下限の０．５を超えると、第４レンズ群の屈折力が強すぎて収差を良好に補正し得なくなる。又上限の０．９を超えるとレンズ全長が長くなり光学系を小型化できなくなる。

【００３０】

本発明のズーム光学系は、第３レンズ群を移動させてフォーカシングを行なうことがフォーカシング時の収差変動が少ないため好ましい。しかし、第２レンズ群や第４レンズ群を移動させてのフォーカシング、第２レンズ群と第３レンズ群とを一体に移動させてのフォーカシング、全体移動によるフォーカシングも可能である。

【００３１】

本発明の光学系において、第３レンズ群を移動させてフォーカシングを行なう場合は、下

記条件（７）を満足することが望ましい。
（７）　　｜β_{3T}｜＜０．９
ただし、β_{3T}は第３レンズ群のテレ端での倍率である。
【００３２】
上記条件（７）において上限の０．９を超えると第３レンズ群のフォーカシング移動量が大になる。
【００３３】
【発明の実施の態様】
次に、本発明の小型ズーム光学系の実施の態様を各実施例にもとづき説明する。
【００３４】
本発明の光学系の実施例１乃至実施例８は、夫々図１乃至図８に示す通りの構成で、下記の通りのデータを有するものである。

実施例１

ｆ＝30.5～50.0～87.0，Ｆナンバー＝4.26～6.97～12.1

２ω＝57.6°～37.6°～22.2°

r_1 ＝-33.415	d_1 ＝2.000	n_1 ＝1.84666	ν_1 ＝23.78
r_2 ＝147.224	d_2 ＝0.100		
r_3 ＝25.297	d_3 ＝3.469	n_2 ＝1.55963	ν_2 ＝61.17
r_4 ＝-68.702	d_4 ＝D_1 （可変）		
r_5 ＝17.240	d_5 ＝2.693	n_3 ＝1.84666	ν_3 ＝23.78
r_6 ＝35.617	d_6 ＝3.190		
r_7 ＝∞（絞り）	d_7 ＝D_2 （可変）		
r_8 ＝-12.397	d_8 ＝2.166	n_4 ＝1.84666	ν_4 ＝23.78
r_9 ＝-22.647	d_9 ＝0.905		
r_{10}＝44.141	d_{10}＝3.249	n_5 ＝1.52542	ν_5 ＝55.78
r_{11}＝-13.534 （非球面）	d_{11}＝D_3 （可変）		
r_{12}＝-12.025 （非球面）	d_{12}＝1.500	n_6 ＝1.52542	ν_6 ＝55.78
r_{13}＝73.816	d_{13}＝D_4 （可変）		

非球面係数

（第１１面）Ｋ＝0，Ｅ＝1.29274 $\times10^{-4}$，Ｆ＝-1.10773$\times10^{-7}$

Ｇ＝8.78090 $\times10^{-9}$，Ｈ＝1.04715 $\times10^{-10}$

（第１２面）Ｋ＝-0.61890，Ｅ＝7.01015 $\times10^{-5}$，Ｆ＝-2.35355$\times10^{-7}$

Ｇ＝4.25966 $\times10^{-9}$，Ｈ＝-4.07875$\times10^{-11}$

ｆ	30.5	50.0	87.0
D_1	0.255	3.818	5.665
D_2	2.533	5.007	7.971
D_3	11.849	5.812	1.000
D_4	7.003	22.483	49.976

ΣD_4／ｙ＝0.09，（r_F＋r_R）／（r_F－r_R）＝-0.72，ν_R＝55.8

β_{4T}／β_{4W}＝2.57，f_{BW}／f_W＝0.23，f_4／f_W＝0.64，β_{3T}＝0.69

【００３５】

実施例２

f＝30.5～50.0～87.0，Ｆナンバー＝4.50～6.93～11.13

2ω＝57.6°～38.6°～22.8°

r_1 ＝-24.110　　d_1 ＝2.000　　n_1 ＝1.84666　　ν_1 ＝23.78

r_2 ＝-47.573　　d_2 ＝0.100

r_3 ＝24.424　　d_3 ＝2.680　　n_2 ＝1.58913　　ν_2 ＝61.14

r_4 ＝-1958.075　　d_4 ＝D_1 （可変）

r_5 ＝39.944　　d_5 ＝2.298　　n_3 ＝1.84666　　ν_3 ＝23.78

r_6 ＝-46.110　　d_6 ＝0.200

r_7 ＝∞（絞り）　　d_7 ＝D_2 （可変）

r_8 ＝-15.350　　d_8 ＝1.500　　n_4 ＝1.84666　　ν_4 ＝23.78

r_9 ＝663.553　　d_9 ＝2.190

r_{10}＝41.169　　d_{10}＝4.256　　n_5 ＝1.51633　　ν_5 ＝64.14

r_{11}＝-11.673（非球面）　d_{11}＝D_3 （可変）

r_{12}＝-12.077（非球面）　d_{12}＝1.500　　n_6 ＝1.51633　　ν_6 ＝64.14

r_{13}＝55.236　　d_{13}＝D_4 （可変）

非球面係数

（第１１面）K＝0，E＝1.19488 $\times10^{-4}$，F＝2.93708 $\times10^{-7}$

G＝3.56719 $\times10^{-9}$，H＝-2.39160$\times10^{-11}$

（第１２面）K＝-0.56706，E＝9.22160 $\times10^{-5}$，F＝5.89930 $\times10^{-7}$

G＝-1.60795$\times10^{-8}$，H＝6.92449 $\times10^{-11}$

f	30.5	50.0	87.0
D_1	4.567	11.092	18.709
D_2	1.923	2.929	4.238
D_3	12.092	6.087	1.000
D_4	6.998	21.281	45.864

ΣD_4／y＝0.09，（r_F＋r_R）／（r_F－r_R）＝-0.64，ν_R＝64.1

β_{4T}／β_{4W}＝2.45，f_{BW}／f_W＝0.23，f_4／f_W＝0.62，β_{3T}＝1.06

【００３６】

実施例３

$f=30.5\sim50.0\sim87.0$, Fナンバー$=4.69\sim7.06\sim10.36$

$2\omega=59.6^\circ\sim38.2^\circ\sim22.8^\circ$

$r_1=-32.463$		$d_1=2.000$	$n_1=1.76182$	$\nu_1=26.52$
$r_2=-59.590$		$d_2=0.100$		
$r_3=18.025$		$d_3=3.096$	$n_2=1.60311$	$\nu_2=60.64$
$r_4=56.280$		$d_4=D_1$ (可変)		
$r_5=-22.857$	(非球面)	$d_5=4.075$	$n_3=1.52542$	$\nu_3=55.78$
$r_6=-16.117$		$d_6=0.200$		
$r_7=\infty$ (絞り)		$d_7=D_2$ (可変)		
$r_8=60.548$		$d_8=2.803$	$n_4=1.84666$	$\nu_4=23.78$
$r_9=36.519$		$d_9=1.201$		
$r_{10}=-1796.395$		$d_{10}=2.790$	$n_5=1.51633$	$\nu_5=64.14$
$r_{11}=-14.086$	(非球面)	$d_{11}=D_3$ (可変)		
$r_{12}=-12.913$	(非球面)	$d_{12}=1.500$	$n_6=1.48749$	$\nu_6=70.23$
$r_{13}=46.171$		$d_{13}=D_4$ (可変)		

非球面係数

(第５面) $K=0$, $E=-1.18339\times10^{-4}$, $F=-9.04268\times10^{-7}$

$G=3.98631\times10^{-8}$, $H=0$

(第１１面) $K=0$, $E=5.31821\times10^{-5}$, $F=-3.78901\times10^{-7}$

$G=1.47543\times10^{-8}$, $H=0$

(第１２面) $K=-0.54800$, $E=1.11357\times10^{-4}$, $F=5.01932\times10^{-7}$

$G=-1.00759\times10^{-8}$, $H=4.60521\times10^{-11}$

f	30.5	50.0	87.0
D_1	1.779	7.191	16.524
D_2	3.459	1.892	5.052
D_3	11.602	6.098	1.053
D_4	6.999	23.224	44.070

$\Sigma D_4/y=0.09$, $(r_F+r_R)/(r_F-r_R)=-0.56$, $\nu_R=70.2$

$\beta_{4T}/\beta_{4W}=2.30$, $f_{BW}/f_W=0.23$, $f_4/f_W=0.67$, $\beta_{3T}=0.58$

【００３７】

実施例４

$f=30.5\sim60.0\sim117.0$, Fナンバー$=3.90\sim7.04\sim11.71$

$2\omega=59.6^\circ\sim31.6^\circ\sim16.8^\circ$

$r_1=30.833$	$d_1=4.166$	$n_1=1.84666$	$\nu_1=23.78$
$r_2=24.289$	$d_2=0.100$		
$r_3=22.307$	$d_3=3.580$	$n_2=1.48749$	$\nu_2=70.23$
$r_4=56.120$	$d_4=D_1$ (可変)		
$r_5=\infty$ (絞り)	$d_5=1.691$		
$r_6=-10.374$	$d_6=1.500$	$n_3=1.63930$	$\nu_3=44.87$
$r_7=-18.850$	$d_7=0.200$		
$r_8=49.204$	$d_8=3.256$	$n_4=1.56384$	$\nu_4=60.67$
$r_9=-11.983$ (非球面)	$d_9=D_2$ (可変)		
$r_{10}=-165.021$	$d_{10}=1.500$	$n_5=1.78800$	$\nu_5=47.37$
$r_{11}=25.722$	$d_{11}=1.769$		
$r_{12}=-379.466$	$d_{12}=4.269$	$n_6=1.60311$	$\nu_6=60.64$
$r_{13}=-12.261$	$d_{13}=D_3$ (可変)		
$r_{14}=-11.302$ (非球面)	$d_{14}=1.500$	$n_7=1.48749$	$\nu_7=70.23$
$r_{15}=55.984$	$d_{15}=D_4$ (可変)		

非球面係数

(第９面) $K=1.34221$, $E=2.75220\times10^{-4}$, $F=6.11657\times10^{-7}$

$G=6.53307\times10^{-8}$, $H=-6.04534\times10^{-10}$

(第１４面) $K=-0.09533$, $E=1.04960\times10^{-4}$, $F=1.20141\times10^{-7}$

$G=5.65953\times10^{-9}$, $H=0$

f	30.5	60.0	117.0
D_1	1.147	10.942	26.870
D_2	3.321	1.706	0.200
D_3	10.057	4.613	2.047
D_4	6.998	30.414	67.350

$\Sigma D_4/y=0.09$, $(r_F+r_R)/(r_F-r_R)=-0.66$, $\nu_R=70.2$

$\beta_{4T}/\beta_{4W}=3.23$, $f_{BW}/f_W=0.23$, $f_4/f_W=0.63$, $\beta_{3T}=0.82$

【００３８】

実施例５

$f=30.5\sim60.0\sim117.0$ ，Ｆナンバー$=3.27\sim6.43\sim12.52$

$2\omega=61.6^\circ\sim33.2^\circ\sim16.8^\circ$

$r_1=17.684$		$d_1=2.000$	$n_1=1.80518$	$\nu_1=25.42$
$r_2=-48.592$		$d_2=0.100$		
$r_3=115.032$		$d_3=3.313$	$n_2=1.51633$	$\nu_2=64.14$
$r_4=-24.247$		$d_4=D_1$ （可変）		
$r_5=\infty$ （絞り）		$d_5=0.800$		
$r_6=181.092$		$d_6=5.000$	$n_3=1.84666$	$\nu_3=23.78$
$r_7=-50.066$		$d_7=D_2$ （可変）		
$r_8=-17.228$	（非球面）	$d_8=5.000$	$n_4=1.51633$	$\nu_4=64.14$
$r_9=-12.792$		$d_9=0.200$		
$r_{10}=-44.027$		$d_{10}=3.280$	$n_5=1.80518$	$\nu_5=25.42$
$r_{11}=56.132$		$d_{11}=4.782$	$n_6=1.56883$	$\nu_6=56.36$
$r_{12}=-15.554$		$d_{12}=D_3$ （可変）		
$r_{13}=-20.097$	（非球面）	$d_{13}=1.5000$	$n_7=1.72916$	$\nu_7=54.68$
$r_{14}=51.095$		$d_{14}=D_4$ （可変）		

非球面係数

（第８面）$K=0.32946$ ，$E=-1.55754\times10^{-4}$，$F=-1.24055\times10^{-6}$

$G=2.57622\times10^{-8}$，$H=-4.82018\times10^{-10}$

（第１３面）$K=-0.28327$，$E=4.34900\times10^{-5}$，$F=-3.75099\times10^{-8}$

$G=3.31480\times10^{-10}$ ，$H=-3.16708\times10^{-12}$

f	30.5	60.0	117.0
D_1	1.000	10.563	19.517
D_2	5.617	14.145	18.217
D_3	13.984	5.520	0.200
D_4	6.996	25.834	62.591

$\Sigma D_4/y=0.09$，$(r_F+r_R)/(r_F-r_R)=-0.44$ ，$\nu_R=54.7$

$\beta_{4T}/\beta_{4W}=3.04$，$f_{BW}/f_W=0.23$，$f_4/f_W=0.64$，$\beta_{3T}=0.66$

【００３９】

実施例６

$f=30.5\sim50.0\sim87.0$, Fナンバー$=4.48\sim6.43\sim10.06$

$2\omega=57.6^\circ\sim37.0^\circ\sim22.2^\circ$

$r_1=15.733$	$d_1=4.007$	$n_1=1.48960$	$\nu_1=68.53$
$r_2=42.487$	$d_2=1.500$	$n_2=1.84666$	$\nu_2=23.78$
$r_3=32.035$	$d_3=D_1$ (可変)		
$r_4=38.650$	$d_4=2.345$	$n_3=1.84666$	$\nu_3=23.78$
$r_5=97.253$	$d_5=D_2$ (可変)		
$r_6=-16.046$	$d_6=2.729$	$n_4=1.84666$	$\nu_4=23.78$
$r_7=-54.905$	$d_7=0.200$		
$r_8=\infty$ (絞り)	$d_8=3.153$		
$r_9=60.542$	$d_9=3.449$	$n_5=1.75581$	$\nu_5=44.04$
$r_{10}=-17.190$ (非球面)	$d_{10}=D_3$ (可変)		
$r_{11}=-20.641$ (非球面)	$d_{11}=0.300$	$n_6=1.52288$	$\nu_6=52.50$
$r_{12}=-25.593$	$d_{12}=1.500$	$n_7=1.72916$	$\nu_7=54.68$
$r_{13}=70.216$	$d_{13}=D_4$ (可変)		

非球面係数

（第１０面）$K=0$, $E=7.87194\times10^{-5}$, $F=-8.24497\times10^{-7}$

$G=3.55424\times10^{-8}$, $H=-4.63116\times10^{-10}$

（第１１面）$K=0.79521$, $E=8.41455\times10^{-5}$, $F=-1.43845\times10^{-7}$

$G=4.10744\times10^{-9}$, $H=-2.90057\times10^{-11}$

f	30.5	50.0	87.0
D_1	1.132	8.191	14.285
D_2	2.268	1.728	0.610
D_3	12.496	5.976	1.000
D_4	5.997	20.397	47.182

$\Sigma D_4/y=0.10$, $(r_F+r_R)/(r_F-r_R)=-0.47$, $\nu_R=54.7$

$\beta_{4T}/\beta_{4W}=2.40$, $f_{BW}/f_W=0.20$, $f_4/f_W=0.74$, $\beta_{3T}=0.68$

【００４０】

実施例７

f＝30.5～50.0～87.0, Fナンバー＝4.62～ 7.49～11.79

2ω＝58.0° ～38.2° ～22.6°

r_1 ＝14.265（非球面）	d_1 ＝2.877	n_1 ＝1.48749	ν_1 ＝70.23	
r_2 ＝16.408	d_2 ＝D_1(可変)			
r_3 ＝-40.180（非球面）	d_3 ＝5.000	n_2 ＝1.84666	ν_2 ＝23.78	
r_4 ＝-33.347	d_4 ＝D_2（可変）			
r_5 ＝∞（絞り）	d_5 ＝1.363			
r_6 ＝-12.206	d_6 ＝1.500	n_3 ＝1.84666	ν_3 ＝23.78	
r_7 ＝-24.830	d_7 ＝0.200			
r_8 ＝111.808	d_8 ＝4.395	n_4 ＝1.74320	ν_4 ＝49.34	
r_9 ＝-13.524（非球面）	d_9 ＝D_3（可変）			
r_{10}＝-28.673（非球面）	d_{10}＝0.300	n_5 ＝1.52288	ν_5 ＝52.50	
r_{11}＝-28.814	d_{11}＝1.500	n_6 ＝1.48749	ν_6 ＝70.23	
r_{12}＝34.894	d_{12}＝D_4（可変）			

非球面係数

（第１面）K＝-0.04241, $E=-1.95169\times10^{-6}$, $F=-5.29827\times10^{-8}$

$G=1.31657\times10^{-9}$, $H=-1.16614\times10^{-11}$

（第３面）K＝0，$E=-3.73845\times10^{-5}$, $F=4.21185\times10^{-7}$

$G=-9.35462\times10^{-9}$, $H=8.25452\times10^{-11}$

（第９面）K＝0，$E=5.79527\times10^{-5}$, $F=-2.68017\times10^{-7}$

$G=4.14949\times10^{-8}$, $H=-2.00555\times10^{-9}$

（第１０面）K＝2.28144，$E=5.91867\times10^{-5}$, $F=-9.37737\times10^{-7}$

$G=1.10034\times10^{-8}$, $H=-5.17760\times10^{-11}$

f	30.5	50.0	87.0
D_1	2.636	9.810	21.425
D_2	4.290	0.484	0.800
D_3	17.148	7.321	1.000
D_4	6.891	31.533	69.988

$\Sigma D_4/y$＝0.10, $(r_F+r_R)/(r_F-r_R)$＝-0.10，ν_R＝70.2

β_{4T}/β_{4W}＝2.59, f_{BW}/f_W＝0.23, f_4/f_W＝1.05, β_{3T}＝0.29

【００４１】

実施例８

$f=39.1\sim75.0\sim145.5$，Ｆナンバー$=4.36\sim6.70\sim11.0$

$2\omega=46.4^\circ\sim26.0^\circ\sim13.6^\circ$

$r_1=-28.390$　$d_1=2.494$　$n_1=1.84666$　$\nu_1=23.78$

$r_2=-92.579$　$d_2=0.125$

$r_3=85.188$　$d_3=3.571$　$n_2=1.48749$　$\nu_2=70.23$

$r_4=-33.911$　$d_4=D_1$（可変）

$r_5=26.716$　$d_5=2.660$　$n_3=1.84666$　$\nu_3=23.78$

$r_6=52.926$　$d_6=5.303$

$r_7=\infty$（絞り）　$d_7=D_2$（可変）

$r_8=-16.233$　$d_8=1.500$　$n_4=1.84666$　$\nu_4=23.78$

$r_9=-28.266$　$d_9=1.211$

$r_{10}=61.727$　$d_{10}=5.000$　$n_5=1.52542$　$\nu_5=55.78$

$r_{11}=-16.849$（非球面）　$d_{11}=D_3$（可変）

$r_{12}=-14.163$（非球面）　$d_{12}=2.000$　$n_6=1.52542$　$\nu_6=55.78$

$r_{13}=81.186$　$d_{13}=D_4$（可変）

非球面係数

（第１１面）$K=0$，$E=3.49942\times10^{-5}$，$F=4.49980\times10^{-7}$

$G=3.33849\times10^{-10}$，$H=-1.91736\times10^{-10}$

（第１２面）$K=-0.64236$，$E=2.55484\times10^{-5}$，$F=7.33897\times10^{-7}$

$G=-1.36011\times10^{-8}$，$H=5.71927\times10^{-11}$

f	39.1	75.0	145.5
D_1	0.200	9.132	17.978
D_2	3.297	13.431	20.926
D_3	18.629	8.495	1.000
D_4	7.000	27.419	64.287

$\Sigma D_4/y=0.12$，$(r_F+r_R)/(r_F-r_R)=-0.70$，$\nu_R=55.78$　$\beta_{4T}/\beta_{4W}=2.85$，$f_{BW}/f_W=0.18$，$f_4/f_W=0.58$，$\beta_{3T}=0.70$ただし$r_1$，$r_2$，・・・はレンズ各面の曲率半径、$d_1$，$d_2$，・・・は各レンズの肉厚およびレンズ間隔、$n_1$，$n_2$，・・・は各レンズの屈折率、$\nu_1$，$\nu_2$，・・・は各レンズのアッベ数である。尚、焦点距離、曲率半径等の長さの単位はｍｍである。

【００４２】

実施例１は、負レンズＬ１と正レンズＬ２の２枚のレンズからなる第１レンズ群Ｇ１と、正レンズＬ３の１枚のレンズと開口絞りＳとよりなる第２レンズ群Ｇ２と、負レンズＬ４と正レンズＬ５との２枚のレンズからなる第３レンズ群Ｇ３と、負レンズＬ６の１枚のレンズからなる第４レンズ群とよりなり、全体で６枚のレンズにて構成されている。又第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔を広げながらすべてのレンズ群を物体側へ移動させて広角端から望遠端への変倍を行なうものである。又、第１レンズ群Ｇ１と第４レン

ズ群Ｇ４は一体に移動するようにしてあり、これによってズームカムを少なくでき、鏡枠構成を簡単になし得る。又フォーカシングは、第３レンズ群Ｇ３を繰り出すことにより行なう。

【００４３】

この実施例１は、第３レンズ群Ｇ３の像側のレンズである第５レンズＬ５と第４レンズ群Ｇ４である第６レンズＬ６の各面に非球面を用いている。

【００４４】

又第５レンズＬ５と第６レンズＬ６がプラスチックレンズである。このように非球面レンズをプラスチックレンズにすることにより低コストにしている。又プラスチックレンズを正レンズと負レンズに用いることにより、温度や湿度の変化による変化が互いに逆方向に発生し全体としてほとんど影響を受けないようにしている。

【００４５】

実施例２は図２に示す通りレンズ構成と変倍時のレンズ群の移動については実施例１と同じであるが、第５レンズＬ５と第６レンズＬ６をガラス非球面レンズにした。これにより温度や湿度の変化による影響はない。

【００４６】

又この実施例２は、第３レンズ群Ｇ３の横倍率がズーム全域で等倍付近であるので、第３レンズ群Ｇ３のみによりフォーカシングを行なうと繰り出し量が大になる。したがってこの実施例の場合には、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３を一体に移動させるか、第４レンズ群Ｇ４の移動によりフォーカシングを行なうことが好ましい。

【００４７】

実施例３は、図３に示す通りレンズ構成は実施例２と同じであるが、変倍のためのレンズ群の移動が第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔が中間焦点距離において最小になるように移動する。又非球面は、第２、３、４レンズ群Ｇ２、Ｇ３、Ｇ４に各１面設けてある。又フォーカシングは、第３レンズ群Ｇ３を繰り出すことによって行なわれる。

【００４８】

実施例４は、図４に示す構成で、負レンズＬ１と正レンズＬ２の２枚のレンズからなる第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳと負レンズＬ３と正レンズＬ４の２枚のレンズからなる第２レンズ群Ｇ２と、負レンズＬ５と正レンズＬ６の２枚のレンズからなる第３レンズ群Ｇ３と、負レンズＬ７の１枚のレンズからなる第４レンズ群Ｇ４にて構成され、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間隔を狭めながら各レンズ群を物体側へ移動することにより広角端から望遠端への変倍を行なうものである。又非球面は第２レンズ群Ｇ２と第４レンズ群Ｇ４に各々１面設けている。

【００４９】

又、この実施例４は、第４レンズ群Ｇ４を繰り込むことによりフォーカシングを行なっている。

【００５０】

実施例５は、図５に示す通り、負レンズＬ１と正レンズＬ２の２枚のレンズからなる第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳと正レンズＬ３の１枚のレンズとからなる第２レンズ群Ｇ２と、正レンズＬ４、負レンズＬ５、正レンズＬ６の３枚のレンズからなる第３レンズ群Ｇ３と、負レンズＬ７の１枚のレンズからなる第４レンズ群Ｇ４よりなり、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を広くしながら各レンズ群を物体へ移動させることによって変倍を行なう。又非球面は、第３レンズ群、第４レンズ群に各１面用いている。

【００５１】

又、この実施例５は、第３レンズ群Ｇ３を繰り出すことによりフォーカシングを行なう。

【００５２】

実施例６は、図６に示す通りの構成で、正レンズＬ１と負レンズＬ２の２枚のレンズからなる第１レンズ群Ｇ１と、正レンズＬ３の１枚のレンズからなる第２レンズ群Ｇ２と、負レンズＬ４と正レンズＬ５の２枚のレンズからなりそれらレンズの間に開口絞りＳを有する第３レンズ群Ｇ３と、非球面樹脂層（面r_{11}と面r_{12}の間の厚さd_{11}の層で面r_{11}が非

球面）を有する負レンズＬ６の１枚のレンズよりなる第４レンズ群Ｇ４とよりなり、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を狭めながら各レンズ群を物体側へ移動させることにより広角端から望遠端へ変倍を行なう。非球面は第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４に各１面用いている。

【００５３】

又、この実施例６は、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３を一体に移動させるか、又は第４レンズ群Ｇ４を移動させてフォーカシングを行なう。

【００５４】

実施例７は、図７に示す通り、正レンズＬ１の１枚のレンズよりなる第１レンズ群Ｇ１と、正レンズＬ２の１枚のレンズからなる第２レンズ群Ｇ２と、開口絞りＳと、負レンズＬ３と正レンズＬ４とよりなる第３レンズ群Ｇ３と、非球面樹脂層（面r_{10}，r_{11}の間の厚さd_{10}の層でr_{10}が非球面）を有する負レンズＬ５の１枚のレンズよりなる第４レンズ群Ｇ４にて構成され、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔が中間焦点距離において最小になるように各レンズ群を物体側へ移動させて広角端から望遠端へ変倍を行なう光学系である。

【００５５】

又この実施例７は、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３を一体に移動させて又は第４レンズ群Ｇ４を移動させてフォーカシングを行なう。

【００５６】

又、この実施例７は、非球面を各レンズ群に夫々１面設けているが、両面非球面の非球面レンズを用いる等により更に非球面の数を増やせば一層性能を向上させることが出来る。尚、実施例２～実施例５においても、各プラスチック非球面レンズを実施例６，７のような非球面樹脂層を有するハイブリットレンズで構成することも可能である。

【００５７】

実施例８は図８に示す通りの構成で、負レンズＬ１と正レンズＬ２の２枚からなる第１レンズ群Ｇ１と正レンズＬ３の１枚のレンズと開口絞りＳとからなる第２レンズ群Ｇ２と、負レンズＬ４と正レンズＬ５との２枚からなる第３レンズ群Ｇ３と、負レンズＬ６の１枚のレンズからなる第４レンズ群Ｇ４とにて構成され、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を広げながら各レンズ群を物体側に移動させて広角端から望遠端への変倍を行なっている。

【００５８】

この実施例８の光学系は、第３レンズ群Ｇ３を繰り出すことによりフォーカシングを行なう。

【００５９】

実施例８は、非球面を第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４の第５レンズ、第６レンズＬ５，Ｌ６に夫々１面設けている。又、これら第５レンズＬ５と第６レンズＬ６はいずれもプラスチックであり、これにより低コストになるようにしている。又正レンズの第５レンズＬ５と負レンズの第６レンズＬ６をプラスチックレンズにして、両レンズの温度、湿度の変化による変化が逆に発生するようにして、全体では温度、湿度の変化による影響を少なくしている。

【００６０】

上記各実施例の光学系の断面図を示す図１乃至図８において、Ｗ、Ｓ、Ｔは夫々ワイド端、中間焦点距離、テレ端におけるものである。

以上述べた各実施例は、第４レンズ群Ｇ４が物体側の面が深い凹面の１枚の負レンズにて構成され、沈胴時小型化し得る。

【００６１】

前記各実施例にて用いる非球面の形状は、光軸方向をｘ、光軸に直交する方向をｙとした時下記の式にて表わされる。

$$x = (y^2/r) / [1 - \{(1+K)(y/r)^2\}^{1/2}] + Ey^4 + Fy^6 + Gy^8 + Hy^{10}$$

ただし、ｒは基準球面の曲率半径、ｋ，Ｅ，Ｆ，Ｇ，Ｈは非球面係数である。
図１０は実施例１の光学系の無限遠物点に対する収差状況を示し、（Ａ）はワイド端、（Ｂ）は中間焦点距離、（Ｃ）は望遠端におけるものである。この図より明らかなように、本発明の光学系は、収差変動の少ない良好な光学性能を有している。又実施例２～８の光学系も代表例としてあげた実施例１と同様の光学性能を有している。

【００６２】
本発明のズーム光学系は、特許請求の範囲に記載した構成の光学系のほか、次の各項に記載する構成のものも発明の目的を達成し得るものである。

【００６３】
（１）特許請求の範囲の請求項１、２又は３に記載する光学系で、下記条件（２）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。
（２）　$-1.20 < (r_F + r_R)/(r_F - r_R) < 0$

【００６４】
（２）特許請求の範囲の請求項１、２又は３あるいは前記の（１）の項に記載する光学系で、少なくとも第４レンズ群に非球面を有することを特徴とする小型なズーム光学系。

【００６５】
（３）特許請求の範囲の請求項１、２又は３あるいは前記の（１）又は（２）の項に記載する光学系で、開口絞りが第３レンズ群の最終レンズよりも物体側に配置されていることを特徴とする小型なズーム光学系。

【００６６】
（４）特許請求の範囲の請求項１に記載する光学系で、下記条件（３）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。
（３）　$\nu_R > 50$

【００６７】
（５）特許請求の範囲の請求項１、２又は３あるいは前記の（１）、（２）、（３）又は（４）に記載する光学系で、下記条件（４）、（５）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。
（４）　$1.5 < \beta_{4T}/\beta_{4W}$
（５）　$0.1 < f_{BW}/f_W < 0.5$

【００６８】
（６）特許請求の範囲の請求項１、２又は３あるいは前記の（１）、（２）、（３）、（４）又は（５）に記載する光学系で、下記条件（６）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。
（６）　$0.5 < |f_4/f_W| < 0.9$

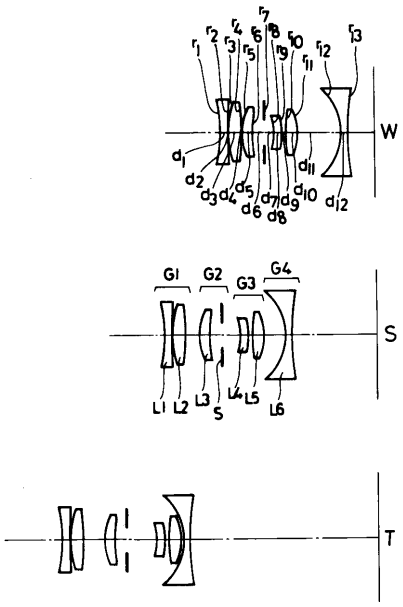
【００６９】
（７）特許請求の範囲の請求項１、２又は３あるいは前記の（１）、（２）、（３）、（４）、（５）又は（６）に記載する光学系で、第３レンズ群の移動によりフォーカシングを行ない又下記条件（７）を満足することを特徴とする小型なズーム光学系。
（７）　$|\beta_{3T}| < 0.9$

【００７０】
【発明の効果】
本発明のズーム光学系は、レンズ枚数が少なくコンパクトで、高性能な小型で高変倍比の光学系である。

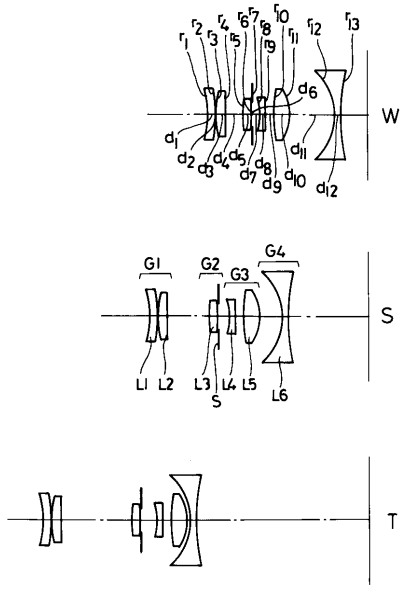
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施例１の断面図
【図２】本発明の実施例２の断面図
【図３】本発明の実施例３の断面図
【図４】本発明の実施例４の断面図
【図５】本発明の実施例５の断面図
【図６】本発明の実施例６の断面図
【図７】本発明の実施例７の断面図
【図８】本発明の実施例８の断面図
【図９】従来例と本発明との概念図を示す
【図１０】本発明の実施例１の収差曲線図

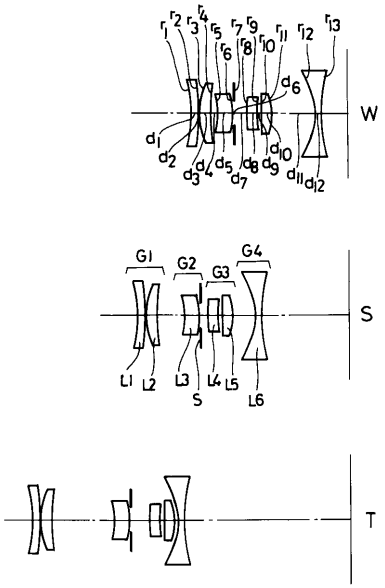
【図１】



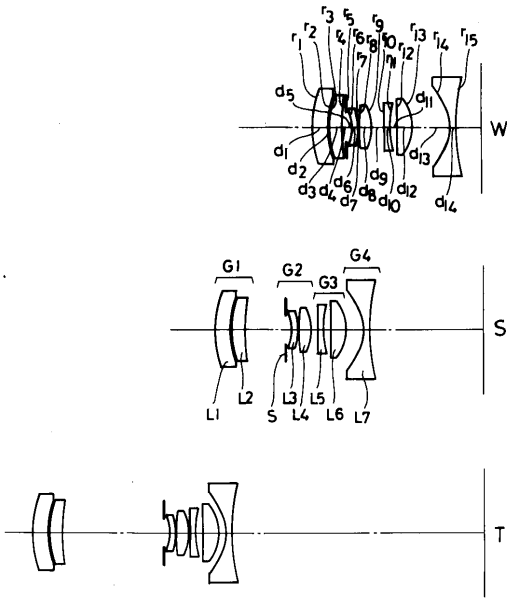
【図２】



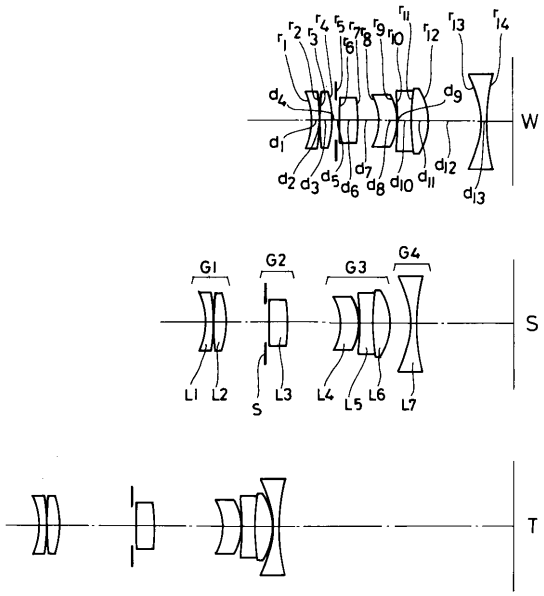
【図３】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
S

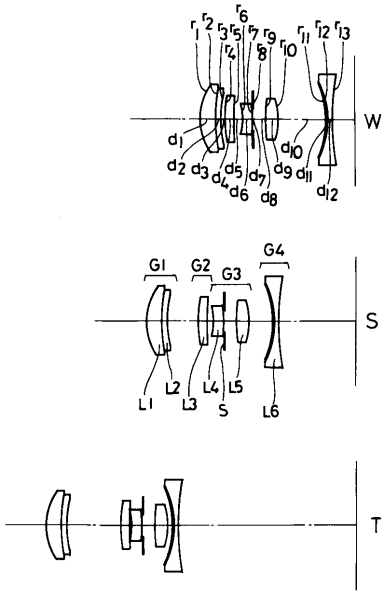
【図４】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
S

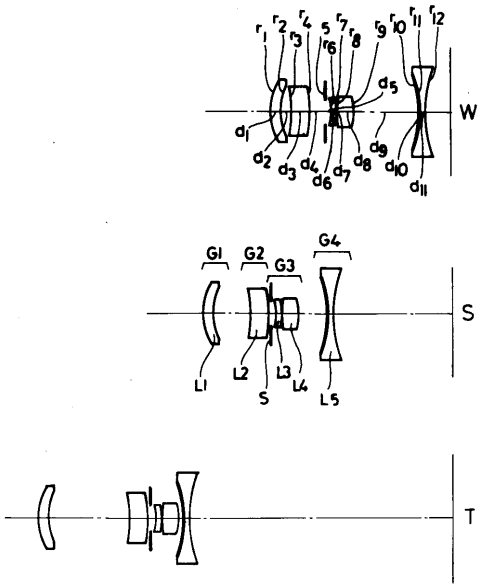
【図５】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
S

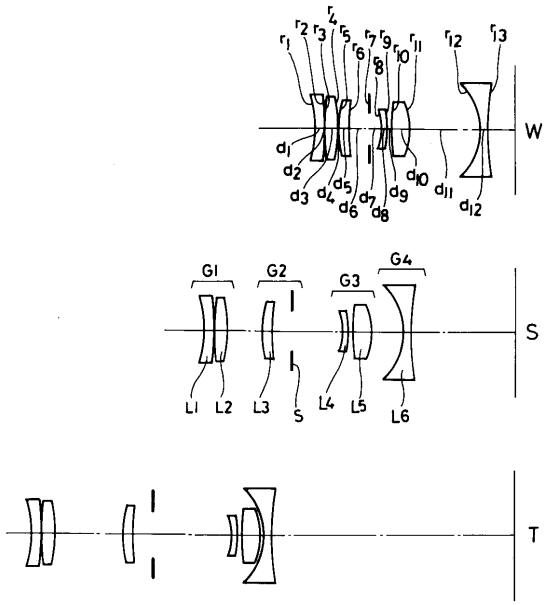
【図６】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
S

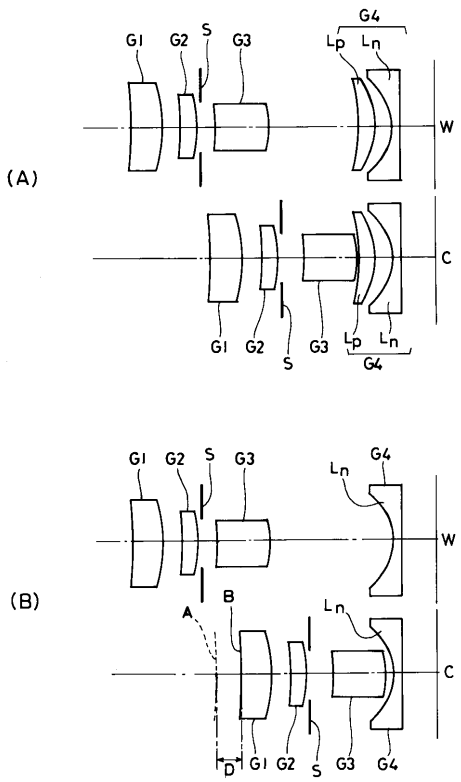
【図７】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5

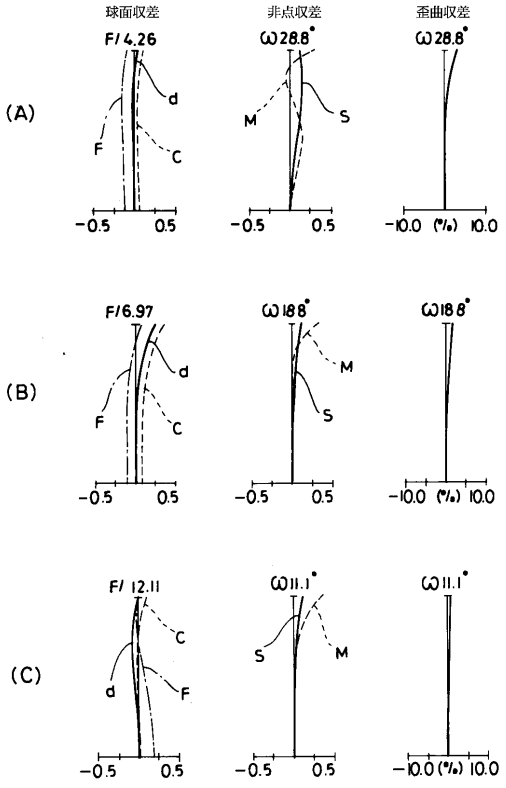
【図８】


W
S
T
G1
G2
G3
G4
L1
L2
L3
L4
L5
L6

【図９】


(A)
(B)
G1
G2
S
G3
G4
Lp
Ln
W
C
A
B
D

【図１０】


(A)
(B)
(C)
球面収差
非点収差
歪曲収差
F/4.26
ω28.8°
F/6.97
ω18.8°
F/12.11
ω11.1°
d
F
C
M
S
-0.5
0.5
-10.0
(%)
10.0

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04