(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3607958号
(P3607958)
(45)発行日　平成17年1月5日(2005.1.5)　(24)登録日　平成16年10月22日(2004.10.22)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 13/04　G02B 13/04　D

請求項の数 12　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願平7-292111
(22)出願日　平成7年10月13日(1995.10.13)
(65)公開番号　特開平9-113798
(43)公開日　平成9年5月2日(1997.5.2)
審査請求日　平成14年10月11日(2002.10.11)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(72)発明者　佐藤　治夫
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

審査官　吉野　公夫

(56)参考文献　特開昭６３－０６１２１３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 13/04

(54)【発明の名称】レトロフォーカス型レンズ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群G_1と、正の屈折力を有する第２レンズ群G_2とからなり、

前記第１レンズ群G_1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ成分L_Aと、該負メニスカスレンズ成分L_Aよりも像側に配置された正レンズ成分L_Bとを有し、第１レンズ群G_1の各レンズ面のうち少なくとも１面は非球面に形成され、

前記第２レンズ群G_2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズ群前群G_{2F}と、正の屈折力を有する第２レンズ群後群G_{2R}とからなり、

無限遠物点から近距離物点への合焦は、前記第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}とを互いに異なる移動量にて物体側に移動することによって行い、

前記第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との無限遠物点合焦時から近距離物点合焦時までの移動量をそれぞれX_FとX_Rとし、レンズ系全系の焦点距離をｆとし、前記第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間の無限遠合焦時の空気間隔をD_{1-2}としたとき、以下の条件を満足するレトロフォーカス型レンズ。

$1 < X_R / X_F \leqq 5$　　‥‥（１）

$0.41 \leqq D_{1-2} / f \leqq 2.5$　‥‥（４）

【請求項２】

前記第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との焦点距離をそれぞれf_{2F}とf_{2R}としたとき、以下の条件を満足する請求項１記載のレトロフォーカス型レンズ。

０．１≦f_{2R}／f_{2F}≦５　‥‥（２）
【請求項３】
前記第１レンズ群G_1の焦点距離をf_1とし、前記第２レンズ群G_2の無限遠合焦時における焦点距離をf_2としたとき、以下の条件を満足する請求項１又は２記載のレトロフォーカス型レンズ。
０．５≦｜f_1｜／f_2≦２．４　‥‥（３）
【請求項４】
レンズ系全系の焦点距離をｆとし、前記第２レンズ群G_2の無限遠合焦時における焦点距離をf_2としたとき、以下の条件を満足する請求項１、２又は３記載のレトロフォーカス型レンズ。
１．６≦f_2／ｆ≦３　‥‥（５）
【請求項５】
第１レンズ群G_1中の前記負メニスカスレンズ成分L_Aは最も物体側に配置され、
前記第１レンズ群G_1の焦点距離をf_1とし、該第１レンズ群G_1の前記負メニスカスレンズ成分L_Aの焦点距離をf_Aとしたとき、以下の条件を満足する請求項１、２、３又は４記載のレトロフォーカス型レンズ。
０．１≦f_A／f_1≦１．０　‥‥（６）
【請求項６】
第１レンズ群G_1中の前記正レンズ成分L_Bは最も像側に配置され、
該正レンズ成分L_Bのｄ線を基準としたアッベ数をν_dとしたとき、以下の条件を満足する請求項１～５のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
ν_d＜４５　‥‥（７）
【請求項７】
第１レンズ群G_1中の前記正レンズ成分L_Bは最も像側に配置され、
前記第１レンズ群G_1の焦点距離をf_1とし、該第１レンズ群G_1の前記正レンズ成分L_Bの焦点距離をf_Bとしたとき、以下の条件を満足する請求項１～６のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
０．３≦f_B／｜f_1｜≦２．０　‥‥（８）
【請求項８】
前記第２レンズ群G_2は、正レンズと負レンズとの接合よりなる接合レンズを少なくとも１組有し、
該接合レンズの前記正レンズと負レンズとのｄ線に対する屈折率をそれぞれn_pとn_nとしたとき、以下の条件を満足する請求項１～７のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
０．１５≦n_n－n_p≦０．５　‥‥（９）
【請求項９】
前記第２レンズ群G_2の中に、又は前記第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間に、開口絞りを配置した請求項１～８のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
【請求項１０】
前記開口絞りは前記第２レンズ群G_2の中に配置され、
該開口絞りを挟んだ前後に、少なくとも各１組の正レンズと負レンズとの接合よりなる接合レンズを配置した請求項９記載のレトロフォーカス型レンズ。
【請求項１１】
第１レンズ群G_1中の前記負メニスカスレンズ成分L_Aと正レンズ成分L_Bとの間に、負レンズ成分を介在させた請求項１～１０のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
【請求項１２】
第１レンズ群G_1中の前記負メニスカスレンズ成分L_Aの像側レンズ面を、前記非球面とした請求項１～１１のいずれか１項記載のレトロフォーカス型レンズ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】

【発明の属する技術分野】
本発明はいわゆるリアフォーカス方式のレトロフォーカス型レンズに関するものである。
【０００２】
【発明が解決しようとする課題】
レトロフォーカス型レンズの合焦方式としては、近距離性能の向上および操作性の向上のために、レンズの後部を移動させて合焦を行うリアフォーカス方式がある。
このうち特開昭５９－２１６１１４号公報に開示されたリアフォーカス方式のレトロフォーカス型広角レンズは、画角が２ω＝６４°と比較的小さく、また負の前群と正の後群との色消しおよび両群の独立した収差補正が不十分であり、この結果合焦による後群の移動に伴い、像面湾曲、非点収差、コマ収差の変動が大きく、倍率色収差の変動も発生する不都合があった。
【０００３】
また特開昭６２－２９１６１３号公報には、合焦時に２つの群を移動させて近距離合焦時の収差変動を減少させた超広角レトロフォーカス型レンズが開示されている。しかしながらこの合焦方式では、下方コマ収差の補正と倍率色収差の変動への対処が必ずしも十分ではなく、各移動群に対し、さらに十分な各群色消しおよび独立した収差補正が望まれていた。
また特開平５－１８８２９４号公報には、第１レンズ群を残して後群が３群に分離し、それぞれ移動する合焦方式を有した比較的画角の小さい大口径広角レトロフォーカス型レンズが開示されている。しかしながらこの合焦方式は３群に分離して行うため、複雑でコストアップにつながるものである。また各群色消しが必ずしも十分にはなされておらず、さらには各群の独立した収差補正も必ずしも十分には行われていないために、倍率色収差の変動を招くおそれがあった。また製造上の問題として、結像性能が非常に良好に達成できたとしても、製造公差がきびしく、かつ偏心に対して必ずしも十分に強いとは言えなかった。
【０００４】
本発明は上記諸点に鑑みてなされたものであり、大画角を有し、比較的大口径を有し、無限遠物点から近距離物点に至る合焦領域全域で安定した高い結像性能を有し、特に像面湾曲、非点収差、倍率色収差の合焦による変動が非常に少なく、小型で前玉径も小さく、構成枚数の少ないリアフォーカス方式のレトロフォーカス型レンズを提供することを課題とする。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
歴史的に見ると、レトロフォーカス型の広角レンズは、テッサータイプのようなマスターレンズに逆ガリレオ式のコンバーターを付けたところから発展している。本質的には負の前群と正の後群とを空気間隔によって十分に分離し、主点を像側に移動させ、一眼レフに使用できるようにバックフォーカスを十分に確保するように設計されている。そのためパワー配置の点から見ると、負の前群と正の後群とが十分に分離され、軸上光線の入射高ｈと軸外光線の入射高ｈ$_e$とが各レンズ面への入射高において明確な差を有していた。したがって、その軸上光線と軸外光線との入射高ｈ，ｈ$_e$の差を十分に利用することで、収差補正の自由度が増すという要素も有していた。しかしながら前後群の明確な分離は、全系の大型化や前玉径の増大を生むことになる。また画角が増加すれば、さらなる大型化や前玉径の増大を招くことになる。したがって近年のレトロフォーカス型広角レンズや超広角レンズでは、前後群の分離を弱め、大きな空気間隔をガラスの厚肉化によって補い、小型化と小径化を進めてきた。しかしながら収差的には、像面湾曲収差と倍率色収差の曲がりや、下方コマ収差の画角による差の増大を招く等の欠点を生じることとなる。
【０００６】
この原因としては、前記した各面での軸上光線と軸外光線との入射高ｈ，ｈ$_e$の分離が不十分であることに起因するものと、前群と後群との間隔を十分に確保していないために各レンズを強いパワーによって構成する必要があり、各入射光線、特に軸外光線の偏角α$_e$

が大きくなり、各面での収差発生量が増大することに起因するものとが考えられる。それらを解決するには、複数枚のレンズで構成し、できるだけ各レンズ面に入射・射出する軸外光線の偏角α_eを小さくすることが必要であり、その結果大型化し、前群と後群とを分離したタイプのレトロフォーカス型広角レンズとの差が微小になってしまう。
また、特に画角2ωが９４°を越えるような超広角レンズにおいては、さらにこの現象が顕著に発生するために、現在の超広角レンズのほとんどは、前玉径が大きすぎて、巨大なフィルターしか取り付かないか、または前玉径が大きすぎてフィルターの取り付かないレンズが一般的である。これらの問題を解決する手段が負の前群に非球面を導入して薄肉化を図ることと、負、正、２群ズームレンズのパワー配置の決定方法を超広角レンズのパワー配置の決定に応用することである。また、負、正の２群に前群と後群とを明確に分離することは、独立して収差補正を行い、当然色消しも十分行うことでもあり、正の後群を合焦のために移動させても、色収差をはじめとする各収差の変動を極力抑えることが可能になるのである。

【０００７】
本発明においては、負の前群と正の後群とを十分に分離し、各群独立に収差補正を行うこととした。このとき、前群と後群とのパワーバランスと、前群と後群との間の空気間隔の大小によって、前玉径、全長、バックフォーカス、構成枚数の多寡、合焦時の移動量や性能劣化などがほぼ決定する。
また、超広角化すればするほど軸外光線の入射高h_eは大きくなり、負の前群も巨大化、厚肉化する。そのため本発明では、負正２群ズームレンズの前群の収差構造より、最適な負の前群の構成を見出した。すなわち本発明の第１レンズ群G_1には、負メニスカスレンズ成分A_1と、それよりも像側の正レンズ成分L_Bとを設け、両レンズ成分L_A，L_Bの間隔を十分に保ち、且つ第１レンズ群G_1に非球面を導入することによって構成枚数を減らし、薄肉化、小型化、小径化を行っている。したがって、第１レンズ群G_1がこの必要条件を満たさなければ、大型化や前玉径の増大は免れず、本発明の目的の１つを達成できなくなる。

【０００８】
また本発明においては、第２レンズ群G_2を合焦群として使用し、近距離撮影時に物体側に移動させる方式を採っている。この方式においては前記したとおり、正の後群である第２レンズ群G_2を正のマスターレンズ群として独立した収差補正を行うことが望ましく、すなわち、合焦のための移動によって発生する軸外光線の偏角α_eや入射高h_eの変化による収差変動が、極力少なくなるようなレンズ構成や特別な手段が望まれる。
そこで本発明においては、第２レンズ群G_2内にさらに可変間隔（フローティング間隔）を設定し、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}とを互いに異なる移動量で移動することによって合焦を行い、主に像面湾曲等の軸外収差を極力小さくするフローティング方式を採用することとした。
また、基本的な第２レンズ群G_2のレンズ構成および形状は、主にテッサータイプ、エルノスタータイプ、ガウスタイプ等の構成をベースにすることが望ましいが、特にガウスタイプをベースにした場合、無限遠物点からの軸上光線の傾角αが比較的小さい空気間隔が存在し、フローティング方式のベースにすることに適している。

【０００９】
本発明は以上のような考察に基づいてなされたものであり、すなわち、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群G_1と、正の屈折力を有する第２レンズ群G_2とを有し、第１レンズ群G_1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ成分L_Aと、該負メニスカスレンズ成分L_Aよりも像側に配置された正レンズ成分L_Bとを有し、第１レンズ群G_1の各レンズ面のうち少なくとも１面は非球面に形成され、第２レンズ群G_2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズ群前群G_{2F}と、正の屈折力を有する第２レンズ群後群G_{2R}とを有し、無限遠物点から近距離物点への合焦は、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}とを互いに異なる移動量にて物体側に移動することによって行い、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との無限遠物点合焦時から近

距離物点合焦時までの移動量をそれぞれX_FとX_Rとしたとき、
$1 < X_R / X_F \leqq 5$ ‥‥（１）
なる条件を満足するレトロフォーカス型レンズである。
【００１０】
上記条件（１）は、合焦時に発生する軸外収差の変動、特に像面湾曲、非点収差の変動を抑えるための条件である。第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との間の空気間隔は、その直後のレンズ面に入射する軸上光線の傾角αが小さいほど球面収差等の変動を伴わずに軸外収差の変動が可能になり、好ましい。したがって、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との間の空気間隔の変化による像面湾曲及び非点収差等の軸外収差の変動について着目した場合に、条件（１）の下限を下回ると、第２レンズ群後群G_{2R}の移動量が第２レンズ群前群G_{2F}よりも少なくなり、無限遠から近距離への合焦時にフローティングのために使用する可変間隔が広がる状態になる。本発明の場合、近距離合焦時に発生する像面湾曲、非点収差の正の方向に大きく変位する現象を補正し、無限遠から近距離物点合焦時に至るまで良好な像面湾曲および非点収差の補正状態を保つことを主な目的としてリアーフォーカスのフローティング方式を採用している。したがって、フローティング間隔が近距離で広がる方向では、像面湾曲および非点収差がより正の方向に変位し悪化してしまい、フローティング方式を採用する意味がなくなるので好ましくない。なお、条件（１）の下限を１．２にすると、さらに像面湾曲、非点収差等の収差の変動が少なくなり、さらに条件（１）の下限を１．３にすれば、本発明の効果をより発揮できる。
【００１１】
また逆に条件（１）の上限を上回ると、第２レンズ群後群G_{2R}の移動量が著しく大きくなり、第２レンズ群前群G_{2F}との間のフローティング間隔を確保するのが困難になる。また、収差的に見てもフローティング効果が過剰に働き、上記とは逆に像面湾曲、非点収差が近距離撮影時に負の方向に変位し、好ましくない。なお、条件（１）の上限を３．０とし、さらには２．５とすると、さらに本発明の効果を発揮することができる。
【００１２】
次に本発明においては、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}との焦点距離をそれぞれf_{2F}とf_{2R}としたとき、
$0.1 \leqq f_{2R} / f_{2F} \leqq 5$ ‥‥（２）
なる条件を満足することが好ましい。
条件（２）の下限を下回る場合、第２レンズ群後群G_{2R}に比べて第２レンズ群前群G_{2F}のパワーが弱くなることを意味している。この場合、第２レンズ群後群G_{2R}の最も物体側のレンズ面に入射する軸上光線の傾角αが発散したままとなり、値も比較的大きな値になる。したがって、合焦時にフローティングを行えば、傾角αが大きい値を取る分だけ球面収差の変動を発生させ好ましくない。また、球面収差の変動がある程度許容できるような暗い光学系においても、第２レンズ群G_2全体のパワーの中で第２レンズ群後群G_{2R}に強いパワーを持たせることになり、上方コマ収差が悪化し、好ましくない。なお、条件（２）の下限を０．２とし、さらには０．３とすると、さらに良好なパワーバランスが得られ、本発明の効果をより発揮できる。
【００１３】
逆に条件（２）の上限を上回る場合、上記とは逆に第２レンズ群後群G_{2R}のパワーが弱まり、第２レンズ群前群G_{2F}のパワーが強まるパワーバランスになる。このため、後群G_{2R}の最も物体側のレンズ面に入射する軸上光線の傾角αは収れんし、比較的に大きい値を取る。したがって、フローティングを行えば傾角αが大きい分球面収差の変動を招き好ましくない。また、第２レンズ群G_2全体のパワーの中で、第２レンズ群前群G_{2F}に強いパワーを持たせることになり、第１レンズ群G_1から入射する大きく発散された軸上光線を強いパワーによって収れんさせなければならず、球面収差の補正が悪化し好ましくない。なお、条件（２）の上限を４とし、さらには３．５とすることによって、さらに良好なパワーバランスになり、本発明の効果を発揮することができる。

【００１４】
次に本発明においては、第１レンズ群G_1の焦点距離をf_1とし、第２レンズ群G_2の無限遠合焦時における焦点距離をf_2としたとき、
$0.5 \leqq |f_1| / f_2 \leqq 2.4$　‥‥（３）
なる条件を満足することが好ましい。
条件（３）の下限を下回ると、第２レンズ群G_2に比べて第１レンズ群G_1のパワーが著しく強くなるために、前玉径は小さくなるが、下方コマ収差、像面湾曲、非点収差が良好に補正できなくなるので好ましくない。なお、条件（３）の下限を０．７とすることにより、より少ないレンズ構成で良好な収差補正が可能になる。
【００１５】
逆に条件（３）の上限を上回ると、第２レンズ群G_2に比べて第１レンズ群G_1のパワーが弱くなるために、前玉径の増大につながる。また、第２レンズ群G_2のパワーが強まりすぎた場合、球面収差の補正が悪化する傾向があるばかりか、バックフォーカスが十分に確保できなくなる可能性があり、好ましくない。なお、条件（３）の上限を２とし、さらには１．９２とすることによって、さらに小型で良好な収差補正が可能になる。
【００１６】
次に本発明においては、レンズ系全系の焦点距離をｆとし、第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間の無限遠合焦時の可変空気間隔をD_{1-2}としたとき、
$0.3 \leqq D_{1-2} / f \leqq 2.5$　‥‥（４）
なる条件を満足することが好ましい。
条件（４）の下限を下回ると、第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2への軸外光線の入射高h_eや傾角α_eと、軸上光線の入射高ｈや傾角αとの分離が不十分になり、像面湾曲、非点収差、下方コマ収差が悪化するばかりか、前玉径が増大し好ましくない。また、合焦時の移動量を十分に確保できなくなり好ましくない。なお条件（４）の下限を０．４１とし、さらには０．４５にすると、さらに軸外光線に対する収差補正が有利になる。更に０．５にすると、より前玉径を小さくし、十分な周辺光量を得ることができる。
【００１７】
逆に条件（４）の上限を上回ると、全長が大きくなりすぎ好ましくない。また、その値が第１レンズ群G_1の薄肉化により達成されたものであれば、当然、前記のとおり軸外収差の悪化と、周辺光量不足を招く結果になり好ましくない。なお、条件（４）の上限を２とし、さらには１．５にすると、全長を十分短く保つことができ、より好ましい。
【００１８】
次に本発明においては、第２レンズ群G_2の無限遠合焦時における焦点距離をf_2としたとき、
$1.6 \leqq f_2 / f \leqq 3$　‥‥（５）
なる条件を満足することが好ましい。
条件（５）の下限を下回ると、第２レンズ群G_2のパワーが著しく強くなるため、バックフォーカスが十分に確保できなくなるばかりか、球面収差や上方コマ収差の補正が困難になる。また、合焦時の収差変動も増し好ましくない。なお、条件（５）の下限を１．７５にすれば、より良好な収差補正が可能となる。
【００１９】
逆に条件（５）の上限を上回る場合、第２レンズ群G_2のパワーが弱くなるため、全長が大きくなり、また、ペッツバール和も負の方向に変位するため、非点収差が悪化し、これを良好に補正するためには構成枚数の増大につながり、好ましくない。また、合焦時に移動量が増大し、その結果さらなる大型化を招き好ましくない。なお、条件（５）の上限を２．６にすることによって、よりコンパクトで、収差補正が良好なレトロフォーカス型レンズが達成できる。
【００２０】
次に本発明においては、第１レンズ群G_1中の負メニスカスレンズ成分L_Aを最も物体側に配置し、該負メニスカスレンズ成分L_Aの焦点距離をf_Aとしたとき、

$0.1 \leqq f_A / f_1 \leqq 1.0$ ‥‥（６）

なる条件を満足することが好ましい。

条件（６）の下限を下回ると、第１レンズ群G_1のパワーに比べて、負メニスカスレンズ成分L_Aが著しく強いパワーを有することになる。したがって、軸外光線の入射高h_eの最も大きい負レンズが著しく強いパワーを有することになり、非球面を導入しても十分な歪曲、像面湾曲等の軸外収差の補正が困難になる。逆に条件（６）の上限を上回ると、軸外光線の入射高h_eの最も大きい負レンズのパワーが弱まることを意味し、前玉径の増大、周辺光量の低下を招き好ましくない。なお、条件（６）の上限を０．８とし、さらには０．６５にすると、さらに本発明の効果を発揮することができる。

【００２１】

次に本発明においては、第１レンズ群G_1中の正レンズ成分L_Bを最も像側に配置し、該正レンズ成分L_Bのｄ線を基準としたアッベ数をν_dとしたとき、

$\nu_d < 45$ ‥‥（７）

なる条件を満足することが好ましい。

本発明の場合、各群とも単独で十分な収差補正および色消しをするところに特徴がある。したがって、第１レンズ群G_1が比較的強いパワーを有する負のレンズ群の場合、十分に色消しするためには、第１レンズ群G_1内の正レンズ成分L_Bに高分散、すなわちアッベ数の小さいガラスを使用する必要がある。したがって条件（７）の上限を上回ると、本発明の場合、第１レンズ群G_1の色消しが十分行えず、結果的に倍率色収差が著しく悪化し好ましくない。なお、条件（７）の上限を３５とし、さらには３０とすることによって、より良好な色消しが可能になり望ましい。

【００２２】

次に本発明においては、第１レンズ群G_1中の正レンズ成分L_Bを最も像側に配置し、該正レンズ成分L_Bの焦点距離をf_Bとしたとき、

$0.3 \leqq f_B / |f_1| \leqq 2.0$ ‥‥（８）

なる条件を満足することが好ましい。

条件（８）の下限を下回ると、正レンズ成分L_Bのパワーが強くなりすぎて厚肉化し、レンズのフチ厚がなくなり加工困難になる。また、収差補正上の問題が解決できたとしても偏心に弱く好ましくない。なお、条件（８）の下限を０．５にすることで、さらに本発明の効果が発揮できる。

逆に条件（８）の上限を上回ると、正レンズ成分L_Bのパワーが弱くなり、下方コマ収差、像面湾曲の補正を十分に行うには、結果的に他に複数の正レンズが必要になり、コストアップと大型化の点で好ましくない。なお、条件（８）の上限を１．７とすることによって、さらに本発明の効果が発揮できる。

【００２３】

次に本発明においては、第２レンズ群G_2が、正レンズと負レンズとの接合よりなる接合レンズを少なくとも１組有し、該接合レンズの正レンズと負レンズとのｄ線に対する屈折率をそれぞれn_pとn_nとしたとき、

$0.15 \leqq n_n - n_p \leqq 0.5$ ‥‥（９）

なる条件を満足することが好ましい。

本発明のように、第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2が共に比較的に強いパワーを有したレトロフォーカス型レンズの場合、ペッツバール和を正の値にするために、接合レンズを有することが望ましい。条件（９）の下限を下回ると、接合レンズ中の負レンズと正レンズとの屈折率の差が著しく小さくなり、ペッツバール和が小さくなりすぎて、結果的に像面湾曲および非点収差が補正困難になり好ましくない。なお、条件（９）の下限を０．２とし、さらには０．２５にすると、より良好な収差補正が可能になる。

逆に条件（９）の上限を上回る場合、現在のガラス材料においては負レンズの分散が大きくなり過ぎて色消し過剰になり好ましくない。

【００２４】

次に本発明においては、第２レンズ群G_2の中に、又は第１レンズ群G_1と第２レンズ群

G_2との間に、開口絞りを配置することが好ましい。また、さらに好ましくは、開口絞りを第２レンズ群G_2の中に配置し、開口絞りを挟んだ前後に、少なくとも各１組の正レンズと負レンズとの接合よりなる接合レンズを配置することが望ましい。この場合、両方の接合レンズが条件（９）を満足することがより望ましい。
また本発明においては、第１レンズ群G_1中の負メニスカスレンズ成分L_Aと正レンズ成分L_Bとの間に、負レンズ成分を介在させることもできる。

【００２５】

また、第１レンズ群中に導入された非球面は、軸外光線の入射高h_eが比較的大きいところが歪曲、像面湾曲等の補正に有利なため、負メニスカスレンズ成分L_Aに設けることが望ましく、像面に向かって凹面を向けた像面側の面に設定することがより望ましい。また、非球面の形状は、負レンズ成分に設けた場合、中心部分の曲率より、周辺部分の曲率が緩くなる形状すなわち中心部分に比べ周辺部分の負の屈折力（度）が弱くなる形状を有し、また、正レンズ成分に設けた場合、中心部分の曲率より周辺部分の曲率が強くなる形状、すなわち中心部分に比べ周辺部分の正の屈折力（度）が強くなる形状を有することが望ましい。

【００２６】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について説明する。図１、図４、図７、図１０及び図１３に、それぞれ本発明によるレトロフォーカス型レンズの第１～第５実施例のレンズ構成図を示す。各実施例は物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群G_1と、正の屈折力を有する第２レンズ群G_2とを有する。第１レンズ群G_1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ成分L_Aと、該負メニスカスレンズ成分L_Aよりも像側に配置された正レンズ成分L_Bとを有し、第１レンズ群G_1の各レンズ面のうち少なくとも１面は非球面に形成されている。第２レンズ群G_2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズ群前群G_{2F}と、正の屈折力を有する第２レンズ群後群G_{2R}とを有する。このレトロフォーカス型レンズでは、無限遠物点から近距離物点への合焦に際して、第２レンズ群前群G_{2F}と第２レンズ群後群G_{2R}とを互いに異なる移動量で物体側に移動することによってフォーカシングを行っている。

【００２７】

以下の表１～表５に、それぞれ第１～第５実施例の全体諸元、レンズ諸元、非球面データ、及びフォーカシングデータを示す。各表の全体諸元において、ｆは全系の焦点距離、F_{NO}はＦナンバー、２ωは画角を表す。また各表のレンズ諸元において、第１カラムは物体側からのレンズ面の番号、第２カラムｒはレンズ面の曲率半径、第３カラムｄはレンズ面の中心間距離、第４カラムν_dはｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）を基準としたアッベ数、第５カラムn_dはｄ線による屈折率を表す。

【００２８】

レンズ面番号に※印を付したレンズ面は非球面を表し、非球面のレンズ面における曲率半径ｒは、非球面の頂点での曲率半径を表す。いずれの非球面も、次式で表される回転対称非球面である。

$$x = \frac{C_0 y^2}{1+\sqrt{1-k C_0^2 y^2}} + \sum_{i=2}^{5} C_{2i} y^{2i}$$

ｘ：非球面の頂点から光軸方向に測った距離
ｙ：非球面の頂点を通る光軸からの高さ
C_0：１／ｒ（ｒ＝非球面の頂点曲率半径）
ｋ：円錐定数
C_4，C_6，C_8，C_{10}：４次～１０次の非球面係数

【００２９】

各表の非球面データにおいて、第１カラムは非球面のレンズ面の番号、第２カラムｋは円錐定数、第３カラムC_4、C_6、C_8及びC_{10}は非球面係数を表す。
各表のフォーカシングデータにおいて、ｆ／βは焦点距離又は横倍率、D_Oは物点距離、D_{1-2}は第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間の可変空気間隔、Ｂｆはバックフォーカスを表す。
【００３０】
また以下の表６に、各実施例について、各条件（１）～（９）におけるパラメータの値を示す。条件（１）のパラメータX_R/X_Fの値は、上段が最適値、中段と下段がそれぞれ実用的に使用可能の範囲の上限と下限を示している。すなわち中段と下段との範囲内にパラメータX_R/X_Fの値を保って合焦を行えば、実用上十分な性能が得られるが、各実施例においては最適な値として表に示した数値により作成されている。また条件（９）のパラメータn_n-n_pの値は、第２レンズ群G_2中の接合レンズのうち、物体側から順に存在する接合レンズの個数分だけ示している。
【００３１】
【表１】

[全体諸元]

f＝1．0，　F_{NO}＝F2．88，　2ω＝105．1°

[レンズ諸元]

No	r	d	ν_d	n_d
1	3.4449	0.1277	45.37	1.796681
※2	0.7977	0.8262		
3	-12.8834	0.1352	45.37	1.796681
4	2.0286	0.1803		
5	8.2106	0.1202	40.90	1.796310
6	1.7841	0.3380	64.10	1.516800
7	14.9093	0.0300		
8	2.9398	0.3755	25.50	1.804581
9	-3.3167	d_9		
10	-8.1707	0.1652	70.41	1.487490
11	-1.7803	0.0075		
12	1.4924	0.3380	70.41	1.487490
13	-1.2891	0.3380	43.35	1.840421
14	5.9201	d_{14}		
15	絞り	0.0751		
16	5.0476	0.3755	45.37	1.796681
17	1.3988	0.3004	58.90	1.518230
18	-1.4377	0.0075		
19	4.5811	0.0976	37.17	1.834000
20	0.9899	0.3004	70.41	1.487490
21	-2.4444	Bf		

[非球面データ]

No	k		
2	0.4926	C_4	-1.78960×10^{-2}
		C_6	-5.57030×10^{-2}
		C_8	6.61130×10^{-2}

C_{10} -5.67510×10^{-2}

［フォーカシングデータ］

	位置１	位置２	位置３	位置４
f／β	1.00000	-0.02500	-0.08900	-0.24080
D_0	∞	39.0239	10.7332	3.2224
d_9 (D_{1-2})	0.77340	0.75700	0.71697	0.61171
d_{14}	0.21478	0.20330	0.17528	0.10160
Bf	2.32808	2.35621	2.42713	2.62943

【００３２】

【表２】

[全体諸元]

f＝1．0，　F_{NO}＝F2．9，　2ω＝105．2°

[レンズ諸元]

No	r	d	ν_d	n_d
1	2.9737	0.1269	43.35	1.840421
※2	0.8305	0.8209		
3	-13.6526	0.1343	49.45	1.772789
4	3.0658	0.2090		
5	30.6872	0.1194	45.37	1.796681
6	1.4953	0.3358	64.10	1.516800
7	5.2720	0.0075		
8	2.4823	0.3731	28.56	1.795040
9	-3.3030	d_9		
10	-5.3075	0.1642	70.41	1.487490
11	-1.7553	0.0075		
12	1.4454	0.3731	70.41	1.487490
13	-1.1881	0.1493	45.37	1.796681
14	5.9495	d_{14}		
15	絞り	0.0746		
16	4.4468	0.4478	43.35	1.840421
17	2.2993	0.0597		
18	6.8178	0.2090	58.90	1.518230
19	-1.4444	0.0075		
20	4.4145	0.0746	33.89	1.803840
21	1.1016	0.4030	70.41	1.487490
22	-2.4640	Bf		

[非球面データ]

No	k		
2	0.4451	C_4	4.31320×10^{-3}
		C_6	3.25420×10^{-2}

C_8 -3.95210×10^{-2}

C_{10} 3.54450×10^{-2}

[フォーカシングデータ]

	位置１	位置２	位置３	位置４
f／β	1.00000	-0.02500	-0.0890	-0.24295
D_0	∞	38.9426	10.5640	3.1013
d_9 (D_{1-2})	1.01422	1.00049	0.96666	0.87825
d_{14}	0.24836	0.23462	0.20080	0.11239
Bf	2.31267	2.34040	2.41084	2.61036

【００３３】

【表３】

[全体諸元]

f＝1．0，　F_{NO}＝F3．50，　2ω＝105．8°

[レンズ諸元]

No	r	d	ν_d	n_d
1	3.2706	0.1269	43.35	1.840421
※2	0.7073	0.7463		
3	-4.9654	0.1194	46.54	1.804109
4	1.0339	0.4478	64.10	1.516800
5	-9.0659	0.0384		
6	178.7856	0.1343	49.45	1.772789
7	4.0967	0.2228		
8	2.4144	0.3358	28.56	1.795040
9	-4.1672	d_9		
10	3.7092	0.1642	65.77	1.464500
11	-2.1747	0.0075		
12	1.6014	0.3731	65.77	1.464500
13	-1.2749	0.1493	43.35	1.840421
14	37.3311	d_{14}		
15	絞り	0.1119		
16	7.1753	0.3731	43.35	1.840421
17	1.0679	0.2985	58.90	1.518230
18	-1.5358	0.0075		
19	-25.2282	0.0746	33.89	1.803840
20	0.9805	0.4030	70.41	1.487490
21	-1.5409	Bf		

[非球面データ]

No	k		
2	0.4763	C_4	-8.93630×10^{-2}
		C_6	4.70920×10^{-2}
		C_8	-6.22020×10^{-2}

C_{10} -9.45760×10^{-2}

[フォーカシングデータ]

	位置１	位置２	位置３
f／β	1.00000	-0.02500	-0.10000
D_0	∞	39.5977	9.6147
d_9 (D_{1-2})	0.74209	0.71751	0.64273
d_{14}	0.14925	0.13696	0.09957
B f	2.30931	2.34617	2.45835

【００３４】

【表４】

[全体諸元]

f＝１．０，　F_{NO}＝Ｆ２．８７，　２ω＝１０５．５°

[レンズ諸元]

No	r	d	ν_d	n_d
1	10.1795	0.1269	45.37	1.796681
※2	0.7688	0.7463		
3	5.5736	0.1343	49.45	1.772789
4	2.0069	0.2353		
5	2.1049	0.4104	28.56	1.795040
6	-6.5537	d_6		
7	1.3145	0.3511	65.77	1.464500
8	-1.0293	0.1088	45.37	1.796681
9	-9.8784	d_9		
10	絞り	0.1000		
11	7.4363	0.3723	45.37	1.796681
12	1.2189	0.2985	58.90	1.518230
13	-1.4851	0.0075		
14	3.0371	0.0746	33.89	1.803840
15	1.1072	0.3298	70.41	1.487490
16	-2.4042	Ｂｆ		

[非球面データ]

No	k		
2	0.3347	C_4	-8.18250×10^{-2}
		C_6	-1.98560×10^{-2}
		C_8	-6.12160×10^{-3}
		C_{10}	-1.14270×10^{-2}

[フォーカシングデータ]

	位置１	位置２	位置３
f/β	1.00000	-0.02500	-0.10000
D_0	∞	39.4722	9.4891
d_6 (D_{1-2})	1.13372	1.12045	1.08026
d_9	0.16119	0.14792	0.10773
Ｂｆ	2.31330	2.33984	2.42021

【００３５】

【表５】

[全体諸元]

f＝1．0，　F_{NO}＝F2．89，　2ω＝94．9°

[レンズ諸元]

No	r	d	ν_d	n_d
1	27.6121	0.1062	43.35	1.840421
※2	0.7047	0.9374		
3	3.0865	0.2188	23.01	1.860741
4	-12.0267	d_4		
5	2.7473	0.2188	65.77	1.464500
6	-1.9382	0.0063		
7	1.1586	0.3438	65.77	1.464500
8	-0.9912	0.1250	45.37	1.796681
9	2.5041	d_9		
10	絞り	0.0938		
11	-3.9371	0.3125	45.37	1.796681
12	1.3819	0.2500	64.10	1.516800
13	-0.9759	0.0063		
14	3.0386	0.0625	33.89	1.803840
15	0.9629	0.3375	70.41	1.487490
16	-1.5346	Bf		

[非球面データ]

No	k		
2	0.1612	C_4	-9.64400×10^{-2}
		C_6	4.59470×10^{-2}
		C_8	-8.17730×10^{-2}
		C_{10}	6.66720×10^{-2}

[フォーカシングデータ]

	位置1	位置2	位置3
f／β	1.00000	-0.02500	-0.10000
D_0	∞	39.3527	9.3881
d_4 (D_{1-2})	0.56265	0.54335	0.48458
d_9	0.12500	0.11535	0.08597
Bf	1.93777	1.96694	2.05842

【００３６】

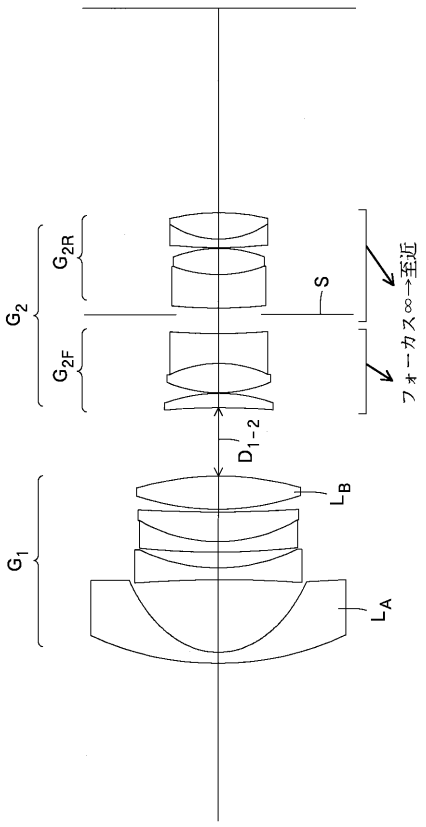
【表６】

実施例番号	1	2	3	4	5
(1) X_R/X_F	1.6	1.84	1.5	2.0	1.5
使用可能範囲下限	1.3	1.5	1.3	1.6	1.2
同　上限	2.0	2.3	2.1	2.5	2.0
(2) f_{2R}/f_{2F}	0.540	0.540	2.538	0.324	0.654
(3) $\lvert f_1\rvert/f_2$	1.048	1.048	0.873	1.374	1.198
(4) D_{1-2}/f	0.773	1.014	0.742	1.134	0.563
(5) f_2/f	2.365	2.350	2.477	2.173	1.968
(6) f_A/f_1	0.537	0.572	0.508	0.352	0.366
(7) ν_d	25.50	28.56	28.56	28.56	23.01
(8) $f_B/\lvert f_1\rvert$	0.803	0.745	0.909	0.686	1.219
(9) n_n-n_p	0.353	0.309	0.376	0.332	0.332
	0.278	0.316	0.322	0.279	0.280
	0.347		0.316	0.316	0.316

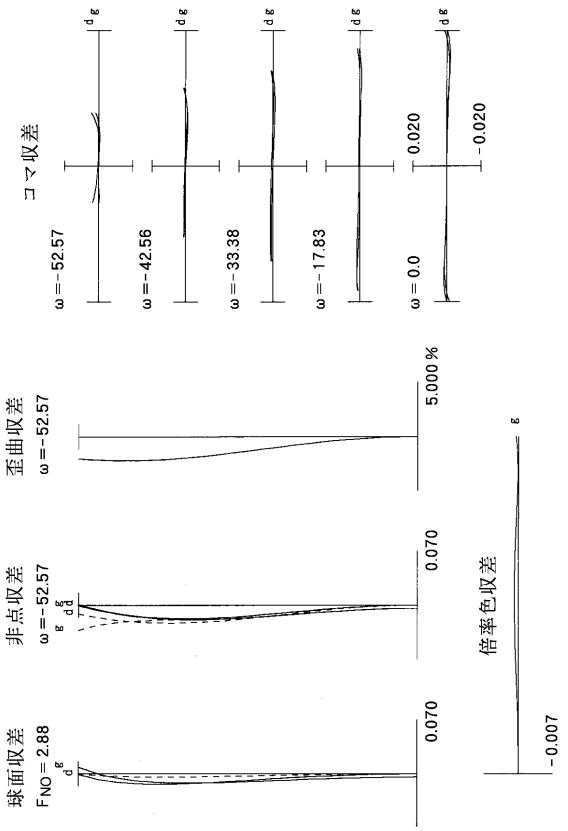
【００３７】
図２（$D_O=\infty$）と図３（β＝－０．０８９）に第１実施例の、図５（$D_O=\infty$）と図６（β＝－０．０８９）に第２実施例の、図８（$D_O=\infty$）と図９（β＝－０．１）に第３実施例の、図１１（$D_O=\infty$）と図１２（β＝－０．１）に第４実施例の、及び図１４（$D_O=\infty$）と図１５（β＝－０．１）に第５実施例の諸収差を示す。球面収差図中、点線は正弦条件を示し、非点収差図中、破線はメリジオナル像面を表し、実線はサジタル像面を示す。各図中F_{NO}はＦナンバー、ＮＡは開口数、ωは半画角、H_Oは近距離物点に対する入射高を表す。
表６及び各収差図より明らかなように、各実施例とも所要のレンズ構成と条件（１）とを満たすことにより、更には条件（２）～（９）を満たすことにより、諸収差が良好に補正されたレトロフォーカス型レンズが得られたことが分かる。
【００３８】
【発明の効果】
以上のように本発明によれば、ＦナンバーがＦ３．５～Ｆ２．８と明るく、画角２ωが２ω＝９５°～１０６°に及ぶ超広角レトロフォーカス型レンズにおいて、小型で前玉径が小さく、かつ合焦時の収差変動が小さく、特に像面湾曲や非点収差、倍率色収差の変動がほとんどなく、近距離合焦時の周辺光量低下もほとんどない、リアフォーカス方式のレトロフォーカス型レンズを実現することができる。
【００３９】
なお本発明では、第１レンズ群G_1に非球面を導入したが、第２レンズ群G_2にさらに非球面を設けて大口径化することも可能である。また各実施例の第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間の空気間隔より明らかなように、最短撮影距離をさらに短縮することもできる。
また本発明では、第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2とで独立した収差補正および色消しを実現しているため、第２レンズ群G_2を第１レンズ群G_1の光軸に対してシフトさせたり、フィルム面に対しティルトさせることによって、シフト、ティルトレンズとして発展させることも可能であり、本発明のどの実施例を用いても良好な収差補正を実現することができる。また同様の機構により、いわゆる防振レンズとしても使用可能であり、このような機構を付加した場合も本発明の範囲内である。

【図面の簡単な説明】
【図１】第１実施例の構成図
【図２】第１実施例の収差図（D_O ＝∞）
【図３】第１実施例の収差図（β＝－０．０８９）
【図４】第２実施例の構成図
【図５】第２実施例の収差図（D_O ＝∞）
【図６】第２実施例の収差図（β＝－０．０８９）
【図７】第３実施例の構成図
【図８】第３実施例の収差図（D_O ＝∞）
【図９】第３実施例の収差図（β＝－０．１）
【図１０】第４実施例の構成図
【図１１】第４実施例の収差図（D_O ＝∞）
【図１２】第４実施例の収差図（β＝－０．１）
【図１３】第５実施例の構成図
【図１４】第５実施例の収差図（D_O ＝∞）
【図１５】第５実施例の収差図（β＝－０．１）
【符号の説明】
G_1 …第１レンズ群　　G_2 …第２レンズ群
G_{2F} …第２レンズ群前群　　G_{2R} …第２レンズ群後群
L_A …負メニスカスレンズ成分　　L_B …正レンズ成分
D_{1-2} …第１レンズ群G_1と第２レンズ群G_2との間の可変空気間隔
※…非球面　　S…開口絞り

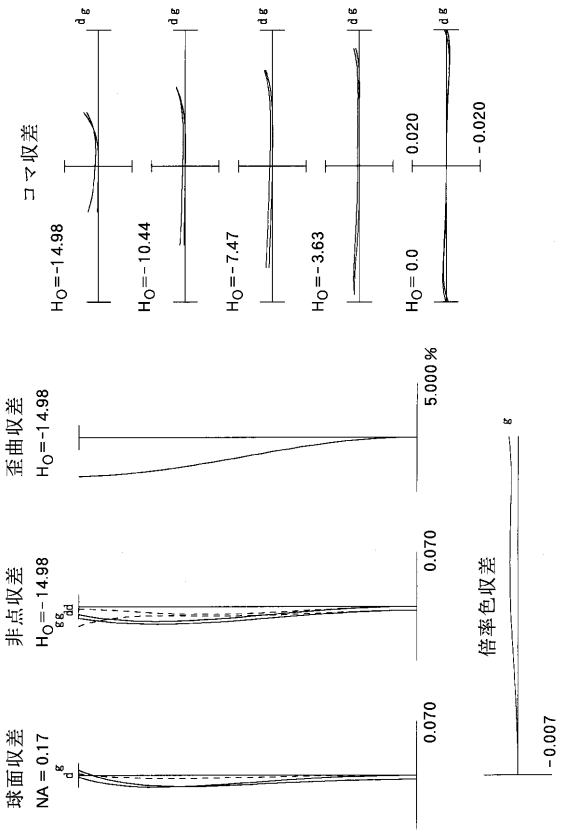
【図１】



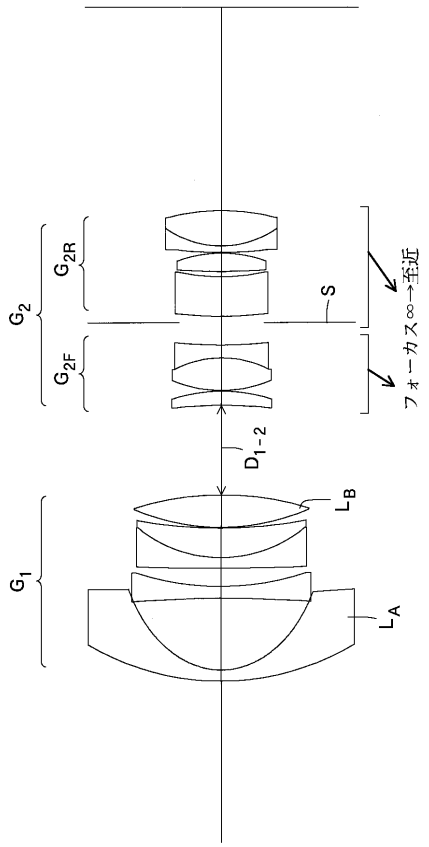
【図２】



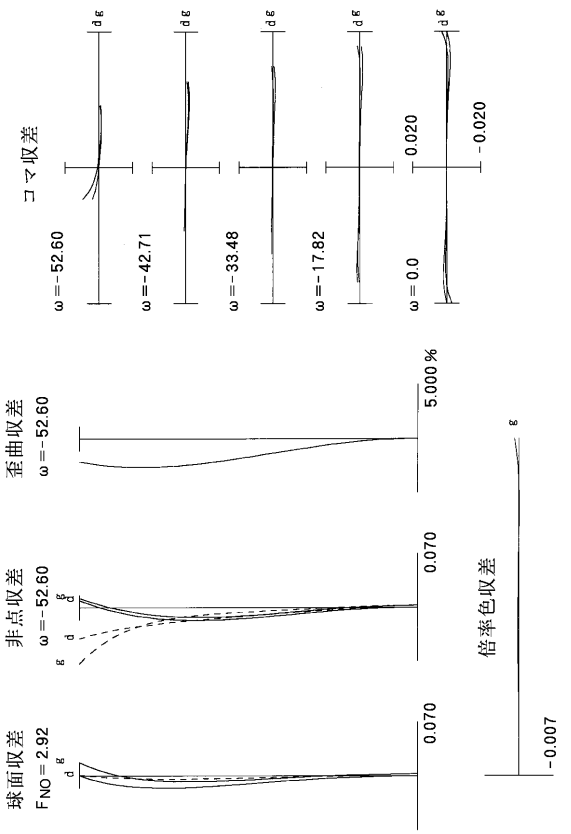
【図３】


コマ収差
H0=-14.98
H0=-10.44
H0=-7.47
H0=-3.63
H0=0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
H0=-14.98
5.000 %
非点収差
H0=-14.98
0.070
倍率色収差
-0.007
球面収差
NA = 0.17
0.070

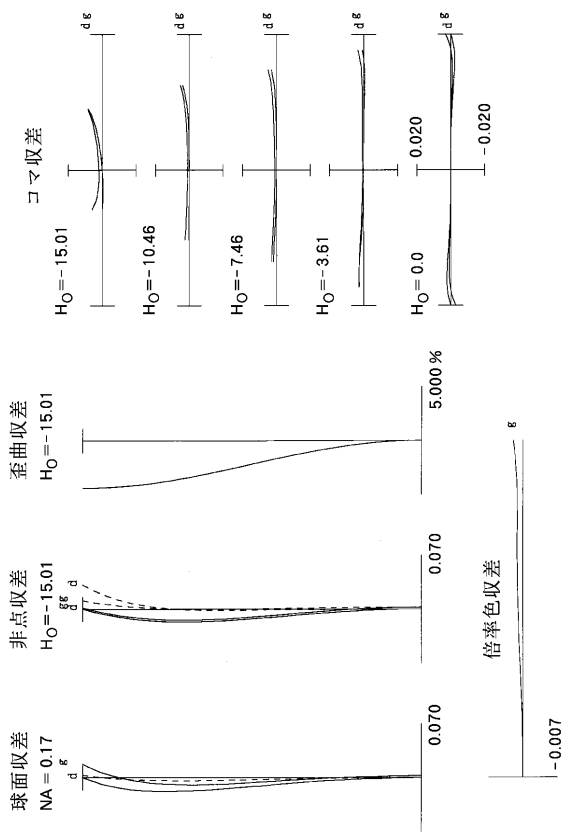
【図４】


G1
G2
G2F
G2R
LA
LB
D1-2
S
フォーカス∞→至近

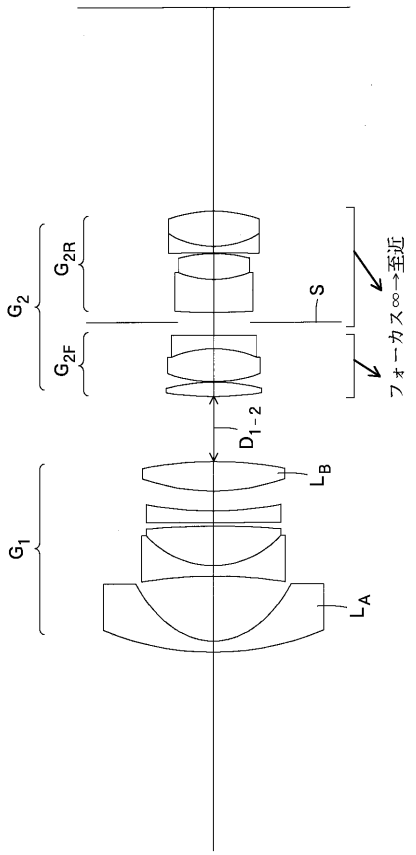
【図５】


コマ収差
ω=-52.60
ω=-42.71
ω=-33.48
ω=-17.82
ω=0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
ω=-52.60
5.000 %
非点収差
ω=-52.60
0.070
倍率色収差
-0.007
球面収差
FNO = 2.92
0.070

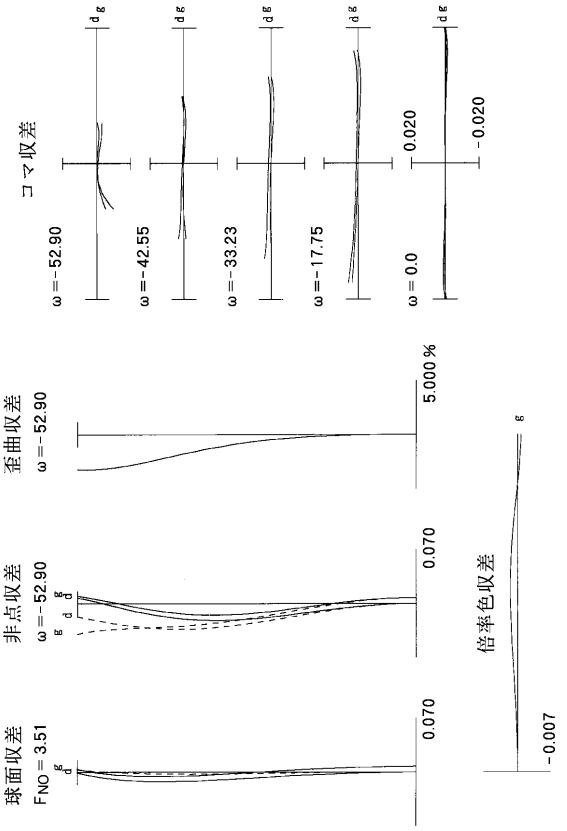
【図６】


コマ収差
H0=-15.01
H0=-10.46
H0=-7.46
H0=-3.61
H0=0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
H0=-15.01
5.000 %
非点収差
H0=-15.01
0.070
倍率色収差
-0.007
球面収差
NA = 0.17
0.070

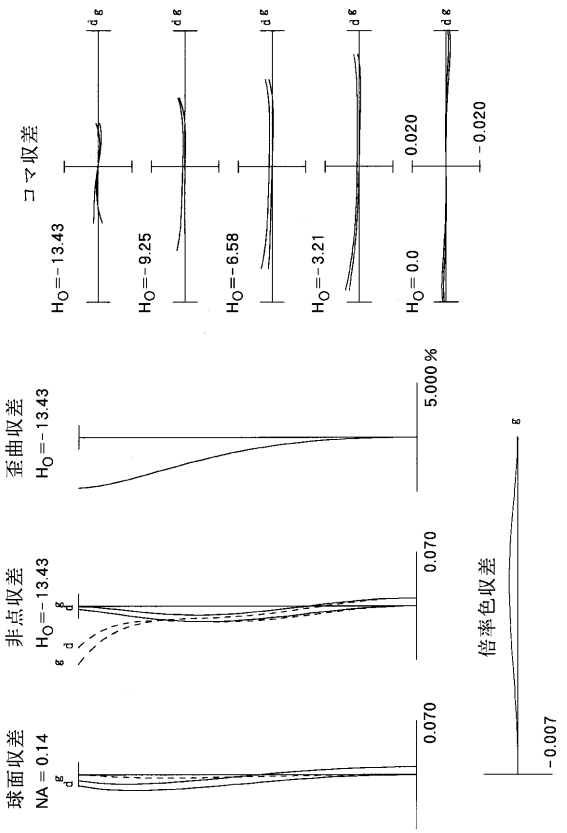
【図７】


G1
G2
G2F
G2R
LA
LB
D1-2
S
フォーカス∞→至近

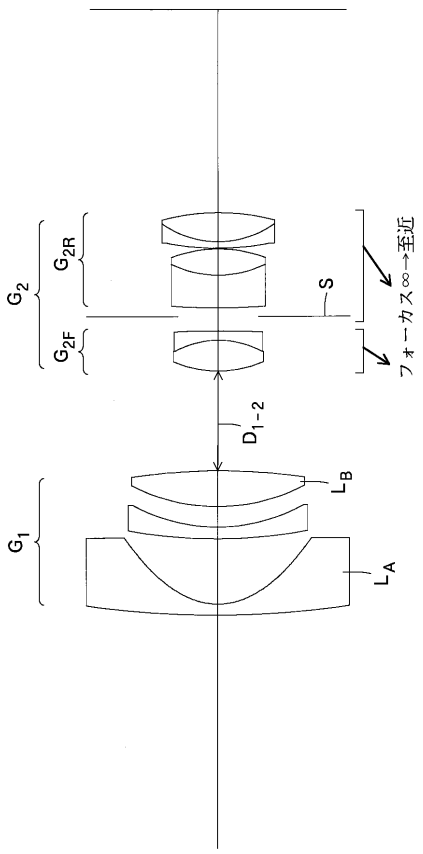
【図８】


コマ収差
ω=-52.90
ω=-42.55
ω=-33.23
ω=-17.75
ω=0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
ω=-52.90
5.000 %
非点収差
ω=-52.90
0.070
球面収差
FNO=3.51
0.070
倍率色収差
-0.007

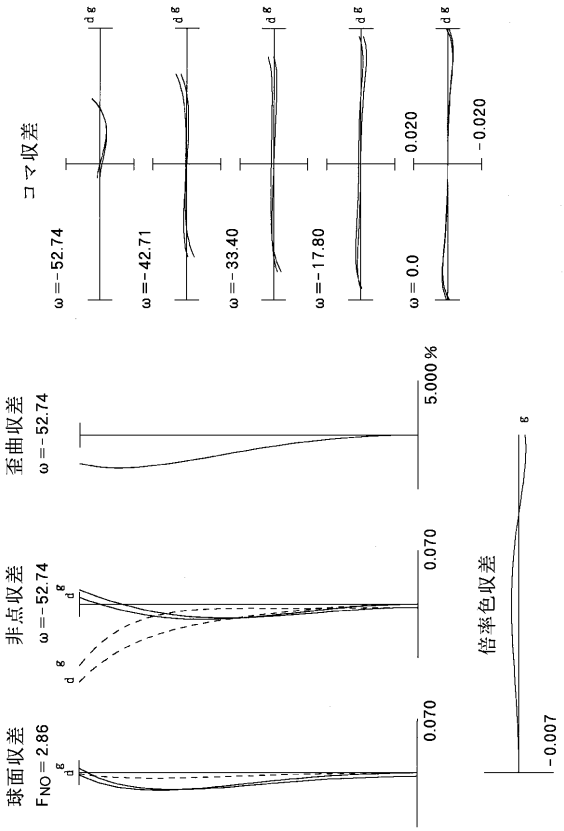
【図９】


コマ収差
H0=-13.43
H0=-9.25
H0=-6.58
H0=-3.21
H0=0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
H0=-13.43
5.000 %
非点収差
H0=-13.43
0.070
球面収差
NA=0.14
0.070
倍率色収差
-0.007

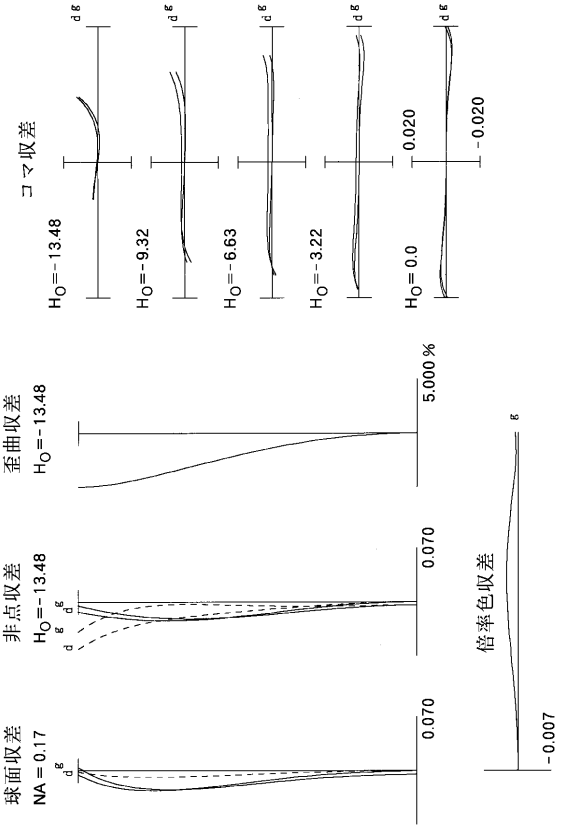
【図１０】


G1
G2
G2F
G2R
LA
LB
D1-2
S
フォーカス∞→至近

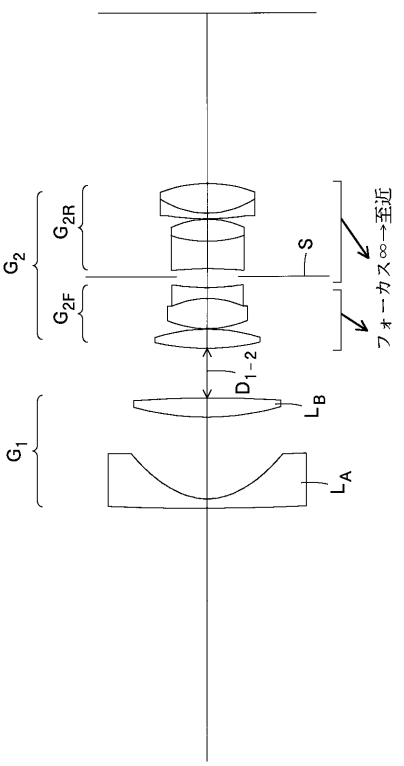
【図１１】



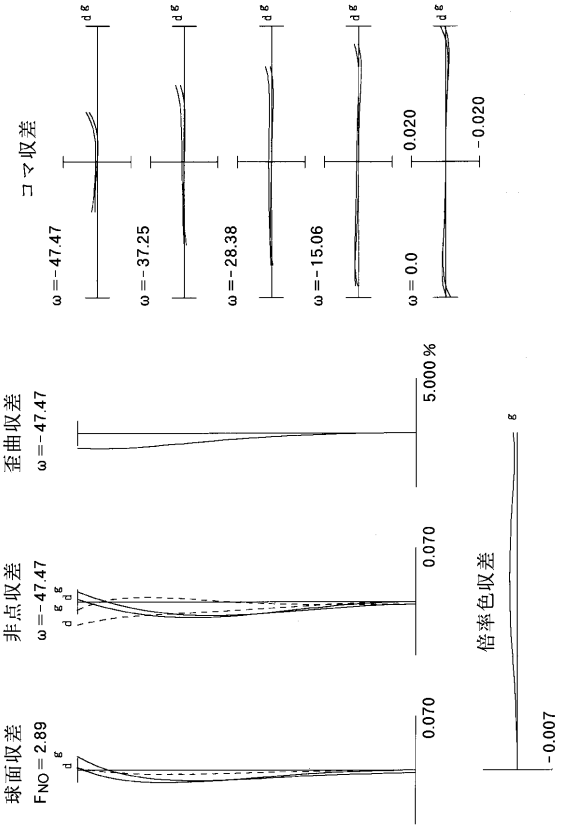
【図１２】



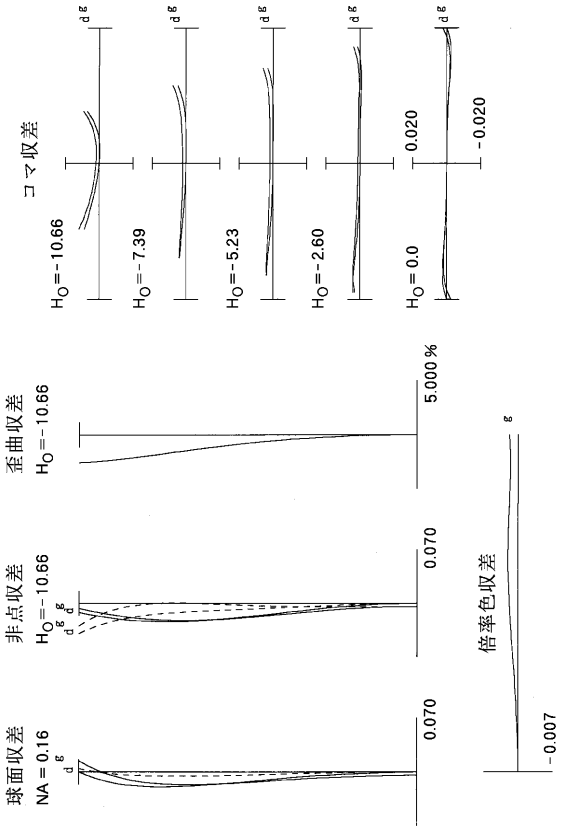
【図１３】



【図１４】



【図１５】


コマ収差
H0 = -10.66
H0 = -7.39
H0 = -5.23
H0 = -2.60
H0 = 0.0
0.020
-0.020
歪曲収差
H0 = -10.66
5.000 %
非点収差
H0 = -10.66
0.070
倍率色収差
-0.007
球面収差
NA = 0.16
0.070