(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年2月27日(27.02.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/039912 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/030872

(22) 国際出願日： 2019年8月6日(06.08.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-157379 2018年8月24日(24.08.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社ニコン (**NIKON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目１５番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 原田 壮基 (**HARADA, Hiroki**); 〒1086290 東京都港区港南二丁目１５番３号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

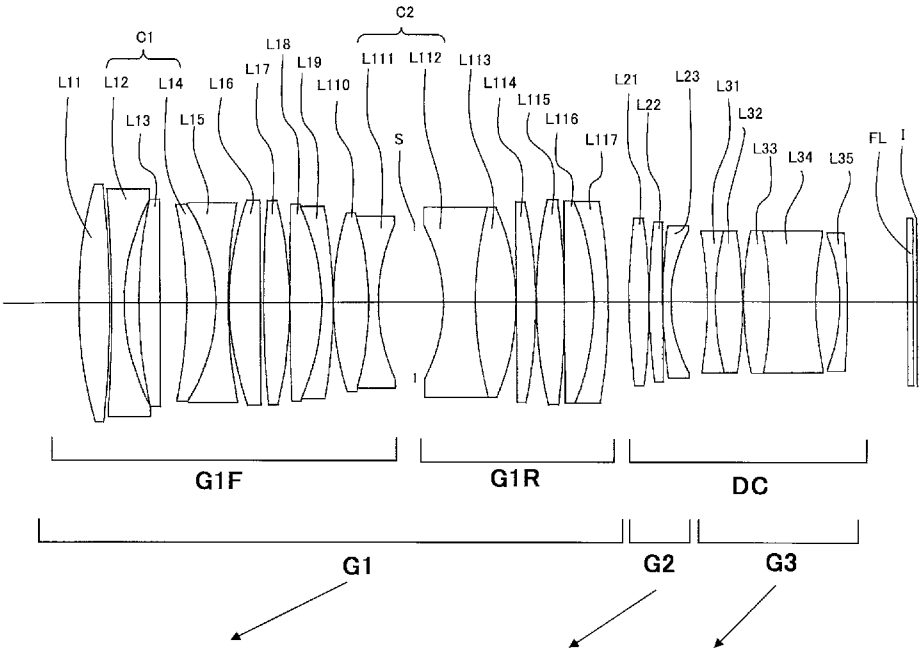
(74) 代理人: 特許業務法人井上国際特許商標事務所, 外 (**INOUE & CO.** et al.); 〒1100016 東京都台東区台東４丁目７番６号新星ビル２階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** OPTICAL SYSTEM, OPTICAL DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称： 光学系、光学機器、および光学系の製造方法

[図1]



(57) **Abstract:** It is possible to provided a large-aperture microlens capable of excellently correcting various aberrations and controlling blurring of a defocused image, since the microlens comprises a first lens group having a positive refractive power and a plurality of subsequent lens groups sequentially from the object side, wherein the interval between the adjacent lens groups changes during focusing, the first lens group comprises a front lens group having a positive refractive power and disposed on the object side and comprises, across an aperture diaphragm, a rear lens group having a positive

WO 2020/039912 A1

[続葉有]

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

refractive power and disposed on the image side, the front lens group moves to the object side during focusing from an infinite-distance object to a close-distance object, and the rear lens group satisfies a prescribed conditional expression.

(57) 要約:物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、第1レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、後側レンズ群は所定の条件式を満足することにより、諸収差を良好に補正することができる大口径かつデフォーカス像のボケ味をコントロールできるマクロレンズを提供することができる。

明　細　書

発明の名称 ： 光学系、光学機器、および光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器、および光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、近距離物体の撮影を主たる目的とした撮影レンズにおいて、オートフォーカスに適したものが知られている。例えば、特許文献１を参照。近年、このような撮影レンズにおいて、諸収差を良好に補正することができると共に、マニュアルフォーカスにも適した大口径の撮影レンズが望まれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭６３－１４７１２４号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第１の態様は、

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、

前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、

前記後側レンズ群は、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光

線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式を満足する光学系である。

０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[0005] また、本発明の第２の態様は、

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、

前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、

前記前側レンズ群はさらに、前記前側レンズ群の最も物体側のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをｈ（１）とし、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす２以上の整数とし、前記最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における前記マージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（１）＞ｈ（ｍ）かつｈ（ｍ）＜ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も低いｈ（ｍ）をｈ（ｍｉｎ）とし、最も高いｈ（ｎ）をｈ（ｍａｘ）としたとき、以下の条件式を満足する、光学系である。

０．１０＜｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ（１）－ｈ（ｍｉｎ）｝

[0006] また、本発明の第３の態様は、

物体側から順に、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第１の組と、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第２の組とを有し、

前記第１の組と前記第２の組との間に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第１の組の物体側に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第２の組の像側に少なくとも４つの正レンズを有し、

３種類以上の硝材を用いている光学系である。

[0007] また、本発明の第４の態様は、

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなる光学系の製造方法であって、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化するように構成し、

前記第１レンズ群を、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなるように構成し、

前記前側レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動するように構成し、

前記後側レンズ群が、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式を満足するように構成する光学系の製造方法である。

０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図１は、第１実施例に係る光学系の断面図である。

[図2]図２Ａおよび図２Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図3]図３Ａおよび図３Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図4]図４Ａおよび図４Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図5]図５は、第２実施例に係る光学系の断面図である。

[図6]図６Ａおよび図６Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図7]図７Ａおよび図７Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図8]図８Ａおよび図８Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図9]図９は、第３実施例に係る光学系の断面図である。

[図10]図１０Ａおよび図１０Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図11]図１１Ａおよび図１１Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図12]図１２Ａおよび図１２Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図13]図１３は、第４実施例に係る光学系の断面図である。

[図14]図１４Ａおよび図１４Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図15]図１５Ａおよび図１５Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図16]図１６Ａおよび図１６Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図17]図１７は、第５実施例に係る光学系の断面図である。

[図18]図１８Ａおよび図１８Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の無限

遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図19]図１９Ａおよび図１９Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図20]図２０Ａおよび図２０Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図21]図２１は、第６実施例に係る光学系の断面図である。

[図22]図２２Ａおよび図２２Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

[図23]図２３Ａおよび図２３Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図24]図２４Ａおよび図２４Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の近距離物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[図25]図２５は、光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図26]図２６は、光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態に係る光学系、光学機器および光学系の製造方法について説明する。まず、本実施形態に係る光学系について説明する。

本実施形態に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動する。

[0010] このような構成により、本実施形態の光学系は、無限遠物体合焦状態から

近距離物体合焦状態に亘って諸収差、特に球面収差とコマ収差を良好に補正することができる。

[0011] このような構成のもと、本実施形態の光学系は、前記後側レンズ群が、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式（１）を満足する。

（１）０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[0012] ここで、「マージナル光線」とは、光軸に平行な入射光束のうち、最も入射光が高い光線のことをいう。また、「マージナル光線高さ」とは、光軸からマージナル光線までの距離（光軸と垂直な方向の距離）のことである。

[0013] 条件式（１）は、前記後側レンズ群における最も低いマージナル光線高さと最も高いマージナル光線高さとの比を規定する条件式である。条件式（１）を満足することにより、マージナル光線が所定以上の高さで後側レンズ群を通過し、後側レンズ群において球面収差、コマ収差、および像面湾曲を良好に補正することができる。

[0014] 本実施形態の条件式（１）の対応値が下限値を下回ると、後側レンズ群の物体側のレンズ面におけるマージナル光線高さが低くなり、後側レンズ群において球面収差、コマ収差を良好に補正することが困難になってしまう。なお、条件式（１）の下限値を０．６０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１）の下限値を０．７０、更に０．８０にすることが好ましい。

[0015] 以上の構成により、本実施形態の光学系は、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を実現することが

できる。

[0016] 本実施形態に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際物体側へ移動する。

[0017] このような構成により、本実施形態に係る光学系は、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差、特に球面収差とコマ収差を良好に補正することができる。

[0018] このような構成のもと、本実施形態の光学系は、前記前側レンズ群が、前記前側レンズ群の最も物体側のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをｈ（１）とし、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす２以上の整数とし、前記最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における前記マージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（１）＞ｈ（ｍ）かつｈ（ｍ）＜ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も低いｈ（ｍ）をｈ（ｍｉｎ）とし、最も高いｈ（ｎ）をｈ（ｍａｘ）としたとき、以下の条件式（２）を満足する。

（２）０．１０＜｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ（１）－ｈ（ｍｉｎ）｝

[0019] 条件式（２）は、前記前側レンズ群における最も高いマージナル光線高さと最も低いマージナル光線高さとの差と、前側レンズ群の最も物体側のレンズ面のマージナル光線高さと最も低いマージナル光線高さとの差との比を規定する条件式である。条件式（２）を満足することにより、開口絞りよりも前側において、マージナル光線は、前記前側レンズ群の最も物体側のレンズ面を通過した後に光軸との距離が短くなり、その後光軸との距離が長くなる光路をとる。本実施形態の光学系は、このように開口絞りよりも前側に、マージナル光線高さが低くなる領域を設けることによりペッツバール和を減少

し、像面湾曲を良好に補正することができる。

[0020] 本実施形態の条件式（２）の対応値が下限値を下回ると、マージナル光線高さが低くなる領域が充分に形成されないためペッツバール和を充分に減少させることができず、像面湾曲を良好に補正することが困難になってしまう。なお、条件式（２）の下限値を０．１２に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （２）の下限値を０．１５、更に０．１８にすることが好ましい。

[0021] 以上の構成により、本実施形態の光学系は、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を実現することができる。

[0022] また、本実施形態に係る光学系は、前記後側レンズ群は、合焦の際移動する少なくとも１つ以上のレンズ群を有している。また、本実施形態に係る光学系は、前記後側レンズ群は、少なくとも２つの負レンズと少なくとも２つの正レンズとを有している。

このように、本実施形態に係る光学系は、開口絞りの後ろ側に隣接する後側レンズ群中に、少なくとも２つの負レンズと少なくとも２つの正レンズとを有する構成により、球面収差、コマ収差、および像面湾曲をさらに良好に補正することができる。なお、「レンズ成分」とは、２枚以上のレンズを接合してなる接合レンズ、或いは単レンズをいう。

[0023] また、本実施形態の光学系は、前記前側レンズ群が、少なくとも４つのレンズ成分を有することが望ましい。これより、合焦距離によらず、球面収差とコマ収差を効果的に低減できる。

[0024] また、本実施形態の光学系は、前記第１レンズ群が、以下の条件式（３）を満足する負レンズを少なくとも１つ有することが望ましい。

（３）０．６００＜θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＜０．６５８

ただし、

νｄＬｎ：前記負レンズのｄ線に対するアッベ数

θｇＦＬｎ：前記負レンズのｇ線とＦ線とによる部分分散比

[0025] ここで、アッベ数νｄＬｎおよび部分分散比θｇＦＬｎは、Ｃ線（波長６５６．３ｎｍ）に対する屈折率をｎＣ、ｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対する屈折率をｎｄ、Ｆ線（波長４８６．１ｎｍ）に対する屈折率をｎＦ、ｇ線（波長４３５．８ｎｍ）に対する屈折率をｎｇとしたとき、それぞれ次の式で表される。

νｄＬｎ＝（ｎｄ－１）／（ｎＦ－ｎＣ）

θｇＦＬｎ＝（ｎｇ－ｎＦ）／（ｎＦ－ｎＣ）

[0026] 上記条件式（３）は、前記第１レンズ群が有する負レンズに用いる硝材を規定する条件式である。条件式（３）を満足する負レンズを有することにより、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0027] 本実施形態の光学系の条件式（３）の対応値が上限値を上回ると、前記負レンズの異常分散性が大きくなり、軸上色収差の補正が困難となってしまう。なお、条件式（３）の上限値を０．６５７に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （３）の上限値を０．６５６、更に０．６５５にすることが好ましい。

[0028] 一方、本実施形態の光学系の条件式（３）の対応値が下限値を下回ると、前記負レンズの異常分散性が小さくなり、軸上色収差の補正が困難となってしまう。なお、条件式（３）の下限値を０．６１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （３）の下限値を０．６２０、更に０．６３０にすることが好ましい。

[0029] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

（４）０．７９０＜ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＜１．４００

ただし、

ｆ（１Ｆ～１Ｒ）：無限遠物体合焦時の前記前側レンズ群と前記後側レンズ群との合成焦点距離

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

[0030] 条件式（４）は、無限遠物体合焦時の前記前側レンズ群と前記後側レンズ群との合成焦点距離、すなわち無限遠物体合焦時の第１レンズ群の焦点距離と、無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離との比を規定する条件式である。条件式（４）を満足することにより、第１レンズ群の屈折力が光学系全系の焦点距離に近くなり、マスターレンズの収差を拡大させず、至近距離撮影性能を向上させることができる。特に、至近距離撮影時の球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。

[0031] 本実施形態の光学系の条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第１レンズ群の屈折力が弱くなり、球面収差およびコマ収差を良好に補正することが困難になってしまう。なお、条件式（４）の上限値を１．３５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （４）の上限値を１．３００、１．２５０、１．２００、更に１．１５０にすることが好ましい。

[0032] 一方、本実施形態の光学系の条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、第１レンズ群のパワーが強くなり、コマ収差を良好に補正することが困難になってしまう。なお、条件式（４）の下限値を０．８２０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （４）の下限値を０．８５０、更に０．８８０、０．９００更に０．９２０にすることが好ましい。

[0033] 本実施形態に係る光学系は、物体側から順に、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第１の組と、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第２の組とを有し、前記第１の組と前記第２の組との間に少なくとも１つの正レンズを有し、前記第１の組の物体側に少なくとも１つの正レンズを有し、前記第２の組の像側に少なくとも４つの正レンズを有し、３種類以上の硝材を用いている。

[0034] 本実施形態の光学系は、物体側から順に、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第１の組と、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第２の組とを有し、この２組のレンズの組の間に少なくとも１つの正レンズを配置することにより、前記第１の組および第２の組を、ペッツバール和を小さくすることに寄与させて像面湾曲を良好に補正すると共に、コマ収差、球面収差の悪化を抑制している。

[0035] また、本実施形態の光学系は、前記第１の組の物体側に少なくとも１つの正レンズを配置することにより、前記第１の組に入射する軸外光線の光線高を低くし、前記第１の組および第２の組の屈折力を適切な値にすると共に、コマ収差の発生量を、他のレンズ群で補正可能な量に抑制している。

さらに、本実施形態の光学系は、前記第２の組の像側に少なくとも４つの正レンズを有することより、球面収差を良好に補正することができる。

[0036] また、本実施形態の光学系は、３種類以上の硝材を用いることにより、色収差等の諸収差を良好に補正することができる。

[0037] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（５）乃至（８）を満足することにより、ペッツバール和を更に効果的に小さくし、像面湾曲を更に良好に補正することができる。

（５）０．３０＜Ｒ１／ｆ＜０．８０

（６）０．３０＜Ｒ３／ｆ＜０．８０

（７）－０．８０＜（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＜０．８０

（８）－０．８０＜（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＜０．８０

ただし、

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

Ｒ１：前記第１の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹面の曲率半径

Ｒ２：前記第１の組の向かい合う前記凹面のうち、像側の凹面の曲率半径

Ｒ３：前記第２の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹面の曲率半径

Ｒ４：前記第２の組の向かい合う前記凹面のうち、像側の凹面の曲率半径

[0038] 条件式（５）は、前記第１の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹

面の曲率半径と前記光学系全系の焦点距離との比を規定する条件式である。

条件式（６）は、前記第２の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹面の曲率半径と前記光学系全系の焦点距離との比を規定する条件式である。

条件式（７）は、前記第１の組の向かい合う前記凹面の形状因子を規定するための条件式である。

条件式（８）は、前記第２の組の向かい合う前記凹面の形状因子を規定するための条件式である。

[0039] 条件式 （５）の上限値を０．７５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （５）の上限値を０．７００、更に０．６５０にすることが好ましい。

また、条件式 （５）の下限値を０．３５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （５）の下限値を０．４００、更に０．４５０にすることが好ましい。

[0040] 条件式 （６）の上限値を０．７５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （６）の上限値を０．７００、更に０．６５０にすることが好ましい。

また、条件式 （６）の下限値を０．３５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （６）の下限値を０．４００、更に０．４５０にすることが好ましい。

[0041] 条件式 （７）の上限値を０．６００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （７）の上限値を０．４００、０．２００、更に－０．１００にすることが好ましい。

また、条件式 （７）の下限値を－０．７５０に設定することで、本実施形

態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （７）の下限値を－０．７００、－０．６５０、更に－０．６００にすることが好ましい。

[0042] 条件式 （８）の上限値を０．７００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （８）の上限値を０．５００、更に０．３００にすることが好ましい。

また、条件式 （８）の下限値を－０．７００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （８）の下限値を－０．５００、－０．３００、更に－０．１００にすることが好ましい。

[0043] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（９）を満足することが望ましい。

（９）０．１００＜ｆ／（－ｆ１）＜ １．０００

ただし、

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

ｆ１：前記光学系全系のうち、最も物体側のレンズ成分から、物体側から２つ目の負レンズ成分までの全てのレンズ成分の合成焦点距離

[0044] 条件式（９）は、光学系全系のうち、最も物体側のレンズ成分から、物体側から２つ目の負レンズ成分までの全てのレンズ成分の合成焦点距離と、光学系全系の焦点距離との比を規定するための条件式である。条件式（９）を満足することにより、ペッツバール和を効果的に小さくしつつコマ収差および球面収差の悪化を抑制することができ、その結果、像面湾曲を良好に補正することができる。

[0045] 本実施形態の光学系の条件式（９）の対応値が上限値を上回ると、ペッツバール和を効果的に小さくすることができず、像面湾曲を良好に補正することが困難となってしまう。なお、条件式（９）の上限値を０．９５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また

、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の上限値を０．９００、更に０．８５０に設定することが好ましい。

[0046] 一方、本実施形態の光学系の条件式（９）の対応値が下限値を下回ると、球面収差、コマ収差が悪化してしまう。なお、条件式（９）の下限値を０．１５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の下限値を０．２００、更に０．２５０に設定することが好ましい。

[0047] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（１０）を満足することが望ましい。

（１０）１２．０°＜２ω＜４０．０°

ただし、

２ω：無限遠物体合焦時の前記光学系の画角

[0048] 条件式（１０）は、画角の最適な値を規定する条件である。本実施形態の光学系は、この条件式（１０）を満足することにより、光学系全体の小型化と良好な光学性能を満足することができる。

[0049] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（１０）の上限値を３５．０°にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１０）の上限値を３０．０°、２８．０°、更に２５．０°にすることが好ましい。

本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（１０）の下限値を１３．０°にすることが好ましい。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１０）の下限値を１５．０°、１８．０°、更に２１．０°にすることが好ましい。

[0050] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（１１）を満足することが望ましい。

（１１）０．１００＜ｂｆａ／ｆ＜０．２５０

ただし、

ｂｆａ：最も像側に配置されるレンズの像側レンズ面から像面までの光軸上

の空気換算距離

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

[0051] 上記条件式（１１）は、最も像側に配置されるレンズの像側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離と、光学系全系の焦点距離との比を規定する条件式である。条件式（１１）を満足することにより、光学系全体の小型化と良好な光学性能を満足することができる。

[0052] 本実施形態の光学系の条件式（１１）の対応値が上限値を上回ると、大きな開口数によって光学系全体が径方向に大きくなり、像面湾曲の補正が困難となる。なお、条件式（１１）の上限値を０．２２０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１１）の上限値を０．１９５、０．１８５、更に０．１８２に設定することが好ましい。

[0053] 一方、本実施形態の光学系の条件式（１１）の対応値が下限値を下回ると、周辺光束によって最終レンズ群の径が大きくなり、小型化するために強い負のパワーが光学系全系の後側に必要となり、特に球面収差の補正が困難となる。なお、条件式（１１）の下限値を０．１１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１１）の下限値を０．１２０、０．１３０、更に０．１４０に設定することが好ましい。

[0054] また、本実施形態に係る光学系は、前記後続レンズ群が、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、無限遠物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量に対する像面の移動量の比である像面移動係数をγＤＣとしたとき、以下の条件式（１２）を満足することが望ましい。

（１２）－０．５００＜γＤＣ＜０．５００

ただし、

$\gamma DC = (1-\beta DC^2) \times \beta R^2$

ただし、

βＤＣ：前記ＤＣ群の横倍率

βＲ：前記ＤＣ群よりも像側のレンズ群の横倍率

[0055] 球面収差をはじめ、諸収差を良好に補正することにより無収差に近い光学系を達成すると、ピントの合った前後のデフォーカス領域のボケ方が均質ではあるが用途によっては急にボケてしまい、使いにくいと評価されることもある。そのため、デフォーカス領域のボケ味に影響を与える収差のうち、主に球面収差のみを使用者の意図に合わせて変化させることが出来る光学系が望ましい。

[0056] 通常、レンズ間或いはレンズ群間の間隔変化で収差を変化させると、球面収差だけではなくて他の収差も変化してしまう。本実施形態に係る光学系は、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、条件式（１２）を満足することにより、ボケ味において好ましくないコマ収差、非点収差、色収差などの変化は極力抑えて、球面収差のみが変化するようにしている。また、本実施形態に係る光学系は、ＤＣ群を光軸方向に移動させ、ＤＣ群と、ＤＣ群の前後のレンズ群との間隔を変化させることで球面収差を正負両方に変化させることが出来、被写体の前側、後側それぞれについてボケ味を変化させることが出来る。これにより、ピントが合っている被写体のシャープな描写を維持しつつ、被写界深度外の背景または被写界深度外の前景のボケ味を変化させることができる。なお、本実施形態においてＤＣ群の光軸に沿った移動方向は、像側に向かう方向を正の方向とし、物体側に向かう方向を負の方向とする。

[0057] 条件式（１２）は、ＤＣ群の光軸方向への移動量に対する像面の移動量の比を規定する条件式であり、ＤＣ群を光軸方向に移動させた際、できるだけバックフォーカスを変動させないための条件式である。条件式（１２）を満足することにより、ＤＣ群を光軸方向に移動させて主に球面収差を変化させた際、再度ピント合わせを行う量を低減することができる。その結果、再度のピント合わせ時の収差変動を抑制することができる。

[0058] ここで、無限遠物体合焦時のＤＣ群の光軸方向への移動量に対する像面の

移動量の比である像面移動係数γＤＣは、次の式で定義される。

$\gamma DC=(1-\beta DC^2)\times\beta R^2$

ただし、

βＤＣ：前記ＤＣ群の横倍率

βＲ：前記ＤＣ群よりも像側のレンズ群の横倍率

[0059] 本実施形態の光学系の条件式（１２）の対応値が条件式（１２）の範囲を外れてしまうと、ＤＣ群を光軸方向に移動させた際にバックフォーカスが大きく変動してしまい、再度フォーカス群を大きく移動させる必要が生じてしまう。その結果、フォーカシングに伴う収差変動で主にコマ収差、像面湾曲が変動してしまい、望ましくない。

[0060] なお、条件式（１２）の上限値を０．４５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１２）の上限値を０．４００、０．３５０、更に０．３００にすることが好ましい。

また、条件式（１２）の下限値を－０．４５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１２）の下限値を－０．４００、－０．３５０、更に－０．３００にすることが好ましい。

[0061] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（１３）を満足することが望ましい。

（１３）０．７００＜βＤＣ＜１．３００

ただし、

βＤＣ：前記ＤＣ群の横倍率

[0062] 条件式（１３）は、ＤＣ群の横倍率を規定する条件式である。条件式（１３）を満足することにより、ＤＣ群よりも物体側のレンズ群の収差の過剰な拡大或いは過剰な縮小を抑制することができる。

[0063] 本実施形態の光学系の条件式（１３）の対応値が上限値を上回ると、ＤＣ群より物体側のレンズ群の収差を拡大し過ぎるため、球面収差以外のコマ収

差、像面湾曲、軸上色収差、倍率色収差等も大きく発生してしまう。なお、条件式（１３）の上限値を１．２５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１３）の上限値を１．２００、更に１．１５０に設定することが好ましい。

[0064] 一方、本実施形態の光学系の条件式（１３）の対応値が下限値を下回ると、ＤＣ群を光軸方向に移動させても所定の球面収差を発生させづらくなる。その結果、ＤＣ群を光軸方向に大きく移動させることが必要となり、球面収差以外のコマ収差、像面湾曲、軸上色収差、倍率色収差等が大きく発生してしまう。なお、条件式（１３）の下限値を０．７５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１３）の下限値を０．８００、更に０．８５０に設定することが好ましい。

[0065] また、本実施形態に係る光学系は、前記後続レンズ群が、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、無限遠物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量をΔＤＣとし、前記ΔＤＣに対応する縦収差表示での球面収差変化量をΔＳＡとし、無限遠物体合焦時に前記ＤＣ群が光軸方向へ移動しない時の最大口径のＦ値をＦｉｎｆとしたとき、以下の条件式（１４）を満足することが望ましい。

（１４）０．３００＜｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＜２．５００

[0066] 条件式（１４）は、無限遠物体合焦時にＤＣ群を光軸方向に移動させた際のＤＣ群の移動量と、ＤＣ群のこの移動によって変化する球面収差の変化量との比率を規定する条件式である。条件式（１４）を満足することにより、ＤＣ群の比較的微小な光軸方向への移動によっても、大きな球面収差の変化を実現することができる。その結果、各レンズ群における光線の通り方がＤＣ群を移動させていないときと比較して大きく変化しないため、ＤＣ群を移動させた際の球面収差以外の収差変動を抑制することが可能となる。

[0067] 本実施形態の光学系の条件式（１４）の対応値が上限値を上回ると、ＤＣ

群を移動させた際、球面収差以外のコマ収差、像面湾曲、軸上色収差も大きく発生してしまう。なお、条件式（１４）の上限値を２．２００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１４）の上限値を２．０００、１．８００、更に１．５００に設定することが好ましい。

[0068] 一方、本実施形態の光学系の条件式（１４）の対応値が下限値を下回ると、所定の球面収差の変化を実現するためにＤＣ群を光軸方向に大きく移動させることが必要となる。その結果、各レンズ群における光線の通り方がＤＣ群を移動させていないときと比較して大きく異なるものとなるため、特にコマ収差、像面湾曲が大きく変動してしまう。なお、条件式（１４）の下限値を０．３５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１４）の下限値を０．４００、０．４５０、更に０．５００に設定することが好ましい。

[0069] また、本実施形態に係る光学系は、前記後続レンズ群が、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、近距離物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量をΔＤＣとし、前記ΔＤＣに対応する縦収差表示での球面収差変化量をΔＳＡとし、近距離物体合焦時に前記ＤＣ群が光軸方向へ移動しない時の最大口径のＦ値をＦｍｏｄとしたとき、以下の条件式（１５）を満足することが望ましい。

（１５）２．０００＜｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＜１５．０００

[0070] 条件式（１５）は、近距離物体合焦時にＤＣ群を光軸方向に移動させた際のＤＣ群の移動量と、ＤＣ群のこの移動によって変化する球面収差の変化量との比率を規定する条件式である。条件式（１５）を満足することにより、ＤＣ群の比較的微小な光軸方向への移動によっても、大きな球面収差の変化を実現することができる。その結果、各レンズ群における光線の通り方がＤＣ群を移動させていないときと比較して大きく変化しないため、ＤＣ群を移動させた際の球面収差以外の収差変動を抑制することが可能となる。

[0071] 本実施形態の光学系の条件式（１５）の対応値が上限値を上回ると、ＤＣ群を移動させた際、球面収差以外のコマ収差、像面湾曲、軸上色収差も大きく発生してしまう。なお、条件式（１５）の上限値を１２．０００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１５）の上限値を１０．０００、更に９．０００に設定することが好ましい。

[0072] 一方、本実施形態の光学系の条件式（１５）の対応値が下限値を下回ると、所定の球面収差の変化を実現するためにＤＣ群を光軸方向に大きく移動させることが必要となる。その結果、各レンズ群における光線の通り方がＤＣ群を移動させていないときと比較して大きく異なるものとなるため、特にコマ収差、像面湾曲が大きく変動してしまう。なお、条件式（１５）の下限値を２．４００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 （１５）の下限値を２．７００、更に３．０００に設定することが好ましい。

[0073] また、本実施形態に係る光学系は、最も像側のレンズ群が前記ＤＣ群であることが望ましい。この構成により、球面収差以外の収差の変動を抑制するとともに、光学系を小型化することができる。

[0074] 本実施形態の光学機器は、上述した構成の光学系を有する。これにより、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を備えた光学機器を実現することができる。

[0075] 本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなる光学系の製造方法であって、合焦の際、隣り合う前記レンズ群の間隔が変化するように構成し、前記第１レンズ群を、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなるように構成し、前記前側レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動するように構成し、前記後側レンズ群が、ｍおよびｎ

をｍ＜ｎ満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式（１）を満足するように構成する光学系の製造方法である。

（１）０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[0076] これにより、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を製造することができる。

[0077] 以下、本実施形態の数値実施例に係る光学系を添付図面に基づいて説明する。

（第１実施例）

図１は第１実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。なお、図１および後述する図５、図９、図１３、図１７、図２１中の矢印は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0078] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0079] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、両凹形状の負レンズＬ１２と、物体側に凸面を向けた平凸レンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５とを接合した接合負レンズと、物体側に凸面を向けた平凸レンズＬ１６と、両凸形状の正レンズＬ１７と、両凸形状の正レンズＬ１８と物体側に凹面

を向けた負メニスカスレンズＬ１９との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ１１０と両凹形状の負レンズＬ１１１との接合負レンズとからなる。

[0080] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１１２と両凸形状の正レンズＬ１１３との接合負レンズと、像側に凸面を向けた平凸レンズＬ１１４と、両凸形状の正レンズＬ１１５と、像側に凸面を向けた平凸レンズＬ１１６と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１１７との接合正レンズとからなる。

[0081] 両凹形状の負レンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１１１と両凹形状の負レンズＬ１１２とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負レンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には平凸レンズＬ１３が含まれているが、本実施形態における「互いに凹面を向かい合わせたレンズの組」は、間に簡単な構成のレンズ成分を含むこともある。

[0082] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、物体側に凸面を向けた平凸レンズＬ２２と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３とからなる。

[0083] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0084] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0085] 本実施例に係る光学系は、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群Ｇ３を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。このとき

、第１レンズ群Ｇ１の前側レンズ群Ｇ１Ｆと後側レンズ群Ｇ１Ｒとは、一体に物体側へ移動する。

[0086] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動することにより主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0087] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させることにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0088] 以下の表１に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

表１において、ｆは焦点距離、ＢＦはバックフォーカスすなわち最も像側のレンズ面から像面Ｉまでの光軸上の距離を示す。

［面データ］において、ｍは物体側から数えた光学面の順番、ｒは曲率半径、ｄは面間隔（第ｎ面（ｎは整数）と第ｎ＋１面との間隔）、ｎｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対する屈折率、νｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に対するアッベ数をそれぞれ示している。また、ＯＰは物体面、Ｄｎ（ｎは整数）は可変の面間隔、ＳＴは開口絞り、Ｉは像面をそれぞれ示している。ＣＥ（１）は、条件式（１）に関してマージナル光線高さがｈ（ｍａｘ）およびｈ（ｍｉｎ）となるレンズ面における当該ｈ（ｍａｘ）およびｈ（ｍｉｎ）の値を示し、ＣＥ（２）は、条件式（２）に関してマージナル光線高さがｈ（１）、ｈ（ｍａｘ）およびｈ（ｍｉｎ）となるレンズ面における当該ｈ（１）、ｈ（ｍａｘ）ｈおよび（ｍｉｎ）の値を示し、ＣＥ（３）は、条件式（３）を満たす負レンズにおける条件式（３）の対応値を示している

。なお、曲率半径ｒ＝∞は平面を示している。空気の屈折率ｎｄ＝1.00000の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に「*」を付して曲率半径ｒの欄には近軸曲率半径を示している。

[0089] ［非球面データ］には、［面データ］に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

$$x=(h^2/r)/[1+\{1-\kappa(h/r)^2\}^{1/2}]+A4h^4+A6h^6+A8h^8+A10h^{10}+A12h^{12}+A14h^{14}$$

ここで、ｈを光軸に垂直な方向の高さ、ｘを高さｈにおける非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離であるサグ量、κを円錐定数、A4、A6、A8、A10、A12、A14を非球面係数、ｒを基準球面の曲率半径である近軸曲率半径とする。なお、「e－n」（n：整数）は「$\times10^{-n}$」を示し、例えば「1.234e-05」は「1.234×10^{-5}」を示す。２次の非球面係数A2は０であり、記載を省略している。

[0090] ［各種データ］において、ｆは光学系全系の焦点距離、ＦＮｏはＦナンバー、ωは半画角（単位は「°」）、Ｙは最大像高、ＴＬは本実施例に係る光学系の全長すなわち第１面から像面Ｉまでの光軸上の距離、ＢＦ（空気換算長）はフィルタ群ＦＬの厚みを空気換算したＢＦをそれぞれ示す。また、ＦｉｎｆはＦｍｏｄは、無限遠物体合焦時にＤＣ群が光軸方向へ移動しない時、すなわちＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態での最大口径のＦ値を示し、ＦｍｏｄはＦｍｏｄは、近距離物体合焦時に前記ＤＣ群が光軸方向へ移動しない時、すなわちＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態での最大口径のＦ値を示す。

[0091] ［可変間隔データ］において、ＤＯは物体から最も物体側のレンズ面までの距離、βは至近撮影倍率、ｆは光学系全系の焦点距離、Ｄｎ（ｎは整数）は第ｎ面と第ｎ＋１面との可変の間隔をそれぞれ示す。なお、ＩＮＦは無限遠物体への合焦時、ＣＬＯは近距離物体への合焦時をそれぞれ示す。また、ＩＮＦDC(-)は無限遠物体への合焦時且つＤＣ群が物体側へ移動した時、ＩＮＦDC(+)は無限遠物体への合焦時且つＤＣ群が像面Ｉ側へ移動した時、ＣＬＯ

DC(-)は近距離物体への合焦時且つＤＣ群が物体側へ移動した時、ＣＬＯDC(+)は近距離物体への合焦時且つＤＣ群が像面Ｉ側へ移動した時をそれぞれ示す。

［レンズ群データ］には、各レンズ群の始面番号ＳＴと焦点距離ｆを示す。

［条件式対応値］には、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

[0092] ここで、表１に掲載されている焦点距離ｆ、曲率半径ｒ及びその他の長さの単位は一般に「ｍｍ」が使われる。しかしながら光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表１の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

[0093] （表１）第１実施例

［面データ］

ｍ	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	118.32411	8.500	1.77250	49.6		h(1)=27.500	
2	-292.61047	0.600					
3	-386.00590	3.350	1.59349	67.0			
4	58.84212	3.860					
5	125.77544	5.730	1.77250	49.6			
6	∞	7.200					
7	-118.99709	7.770	1.59319	67.9		h(min)=24.921	
8	-48.97300	3.200	1.73400	51.5			0.656
9	151.85769	0.300					
10	79.50410	8.200	1.75500	52.3		h(max)=26.479	
11	∞	0.980					
12	345.01701	6.900	1.65160	58.6			

13	-116.11262	0.100				
14	920.16592	8.590	1.49782	82.6		
15	-62.19000	3.050	1.80400	46.6		0.655
16	-139.96552	0.100				
17	82.51931	9.500	1.49782	82.6		
18	-82.50800	2.500	1.64000	60.1		
19	51.17934	9.800				
20(ST)	∞	7.680				
21	-43.07701	8.610	1.69680	55.5		
22	97.43100	10.950	1.59319	67.9		
23	-64.35612	0.100				
24	∞	5.200	1.59319	67.9		
25	-124.99358	0.100			h(max)=22.456	
26	129.31006	7.400	1.59319	67.9		
27	-219.57514	0.100				
28	∞	7.800	1.49782	82.6		
29	-73.47100	3.850	1.78800	47.4		0.655
30	-150.94368	D30			h(min)=20.474	
31	176.22469	5.350	1.49782	82.6		
32	-176.22469	0.100				
33	163.48731	3.620	1.49782	82.6		
34	∞	0.100				
35	147.51071	2.200	1.48749	70.3		
36	41.66333	D36				
*37	-109.61587	2.100	1.84666	23.8		
38	79.18000	7.230	1.83481	42.7		

39	-121.86282	0.360		
40	97.94703	7.000	2.00069	25.5
41	-97.92100	12.000	1.73400	51.5
*42	76.42448	6.500		
43	-51.29543	2.000	1.75500	52.3
44	-213.31929	D44		
45	∞	1.600	1.51680	64.1
46	∞	D46		
I	∞			

［非球面データ］

m：37

κ ＝ 2.74700e+00

A4 ＝ -4.29947e-07、A6 ＝ 2.27092e-09、A8 ＝ -1.46465e-11、

A10＝ 5.87168e-14、A12＝ -1.20550e-16、A14＝ 9.94040e-20

m：42

κ ＝ 1.00000e+00

A4 ＝ -1.77286e-06、A6 ＝ 3.42452e-09、A8 ＝ -2.59406e-11、

A10＝ 1.02831e-13、A12＝ -2.17180e-16、A14＝ 1.88280e-19

［各種データ］

f	102.01
ＦＮｏ	1.85
ω	11.9
Y	21.60
ＴＬ	224.130

ＢＦ	18.300
ＢＦ(空気換算長)	17.755
Ｆｉｎｆ	1.85
Ｆｍｏｄ	3.92

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	126.79	∞	∞	126.79	126.79
β	-	-0.9996	-	-	-1.0206	-0.9794
f	102.01	-	103.89	100.19	-	-
D30	5.580	30.312	1.580	9.580	26.312	34.312
D36	9.670	40.808	9.670	9.670	40.808	40.808
D44	15.700	53.600	19.700	11.700	57.600	49.600
D46	1.000	0.995	0.475	1.649	1.775	0.409

［レンズ群データ］

	ＳＴ	ｆ
G1	1	110.44
G2	31	1399.36
G3	37	-162.39

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.912

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.604

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.656

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝1.083

（５）Ｒ１／ｆ＝0.577

（６）Ｒ３／ｆ＝0.502

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.338

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.086

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.789

（１０）２ω＝23.8

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.174

（１２）γＤＣ＝0.147

βＤＣ＝0.924

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝0.924

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.625

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.551

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.688

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝3.838

[0094] 図２Ａ及び図２Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時においてＤＣ郡を移動させない状態での諸収差図である。

図３Ａ及び図３Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図４Ａ及び図４Ｂはそれぞれ、第１実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0095] 各収差図において、ＦＮＯはＦナンバー、Ｙは像高、ＮＡは開口数をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するＦナンバーＦＮＯまたは開口数ＮＡの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高Ｙの最大値をそれぞれ示し、横収差図では各像高の値を示す。また、各収差図において、ｄはｄ線（波長５８７．６ｎｍ）、ｇはｇ線（波長４３５．８ｎｍ）におけ

る収差曲線をそれぞれ示し、記載のないものはｄ線での収差曲線を示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。横収差図は、各像高Ｙにおける横収差（コマ収差）を示す。なお、後述する各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

[0096] 図２Ａ及び図２Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図３Ａ及び図３Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

図４Ａ及び図４Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0097]（第２実施例）

図５は第２実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0098] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0099] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、両凹形状の負レンズＬ１２と、両凸形状の正レンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１６と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１７と、像側に凸面を向けた平凸レンズＬ１８と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１９との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１１０と両凹形状の負レンズＬ１１１との接合負レンズとからなる。

[0100] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１１２と両凸形状の正レンズＬ１１３との接合負レンズと、像側に凸面を向けた平凸レンズＬ１１４と、両凸形状の正レンズＬ１１５と、像側に凸面を向けた平凸レンズＬ１１６と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１１７との接合正レンズとからなる。

[0101] 両凹形状の負レンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１１１と両凹形状の負レンズＬ１１２とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負レンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には両凸形状の正レンズＬ１３が含まれている。

[0102] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、物体側に凸面を向けた平凸レンズＬ２２と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３とからなる。

[0103] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0104] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0105] 本実施例に係る光学系は、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。このとき、第１レンズ群Ｇ１の前側レンズ群Ｇ１Ｆと後側レンズ群Ｇ１Ｒとは、一体に物体側へ移動する。

[0106] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動すること

により主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0107] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させることにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0108] 以下の表２に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0109] （表２）第２実施例

［面データ］

m	r	d	ｎｄ	νｄ	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	114.97670	10.300	1.77250	49.6		h(1)=27.567	
2	-287.35805	0.500					
3	-417.21557	3.400	1.60300	65.4			
4	58.74891	3.932					
5	129.87994	5.900	1.77250	49.6			
6	-1700.00000	6.537					
7	-121.22183	9.725	1.59319	67.9		h(min)=24.719	
8	-46.17455	5.952	1.73400	51.5			0.656
9	138.16095	0.300					
10	79.66161	9.928	1.75500	52.3		h(max)=26.326	
11	-228.74419	2.097					

12	-509.14081	6.475	1.60300	65.4		
13	-95.56490	0.100				
14	∞	8.554	1.49782	82.6		
15	-55.63252	4.131	1.77250	49.6		0.656
16	-160.00736	0.100				
17	80.72800	9.338	1.49782	82.6		
18	-80.72800	2.500	1.64000	60.1		
19	53.48277	6.979				
20(ST)	∞	7.605				
21	-42.89184	9.400	1.69680	55.5		
22	94.58827	11.270	1.59319	67.9		
23	-64.56310	0.100				
24	∞	5.559	1.59319	67.9		
25	-111.11111	0.100			h(max)=22.786	
26	111.52567	8.769	1.59319	67.9		
27	-149.37413	0.100				
28	∞	7.450	1.59319	67.9		
29	-77.58863	2.900	1.81600	46.6		0.655
30	-613.60499	D30			h(min)=20.010	
31	423.57902	4.287	1.59319	67.9		
32	-176.89865	0.100				
33	149.36320	3.793	1.59319	67.9		
34	∞	0.100				
35	113.25945	2.200	1.48749	70.3		
36	40.88782	D36				
*37	-162.74998	2.100	1.84666	23.8		
38	86.88439	6.025	1.83481	42.7		

39	-182.10979	0.100		
40	108.48466	10.000	2.00069	25.5
41	-108.48466	8.876	1.77250	49.6
*42	83.77445	6.313		
43	-48.03467	2.000	1.72916	54.6
44	-166.42259	D44		
45	∞	1.600	1.51680	63.9
46	∞	D46		
I	∞			

［非球面データ］

m：37

κ ＝ 4.81540e+00

A4 ＝ -4.04528e-07、A6 ＝ 4.61920e-10、A8 ＝ -1.66157e-13、

A10＝ 0.00000e+00、A12＝ 0.00000e+00、A14＝ 0.00000e+00

m：42

κ ＝ 1.17990e+00

A4 ＝ -1.79983e-06、A6 ＝ -4.69736e-10、A8 ＝ 3.28084e-12、

A10＝ -1.20925e-14、A12＝ 1.44250e-17、A14＝ -1.56060e-21

［各種データ］

f	102.00
ＦＮｏ	1.85
ω	11.9
Y	21.60
ＴＬ	230.250

ＢＦ	17.792
ＢＦ(空気換算長)	17.247
Ｆｉｎｆ	1.85
Ｆｍｏｄ	3.90

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	121.97	∞	∞	121.97	121.97
β	-	-1.0001	-	-	-1.0206	-0.9804
f	102.00	-	103.95	100.12	-	-
D30	5.500	30.000	1.500	9.500	26.000	34.000
D36	11.063	40.486	11.063	11.063	40.486	40.486
D44	15.200	52.300	19.200	11.200	56.300	48.300
D46	0.992	0.982	0.458	1.654	1.505	0.637

［レンズ群データ］

	ＳＴ	ｆ
G1	1	110.62
G2	31	666.15
G3	37	-134.19

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.878

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.564

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.656

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝1.085

（５）Ｒ１／ｆ＝0.576

（６）Ｒ３／ｆ＝0.524

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.347

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.110

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.788

（１０）２ω＝23.8

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.169

（１２）γＤＣ＝0.150

βＤＣ＝0.922

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝0.922

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.671

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.590

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.414

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.184

[0110] 図６Ａ及び図６Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時においてＤＣ郡を移動させない状態での諸収差図である。

図７Ａ及び図７Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図８Ａ及び図８Ｂはそれぞれ、第２実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0111] 図６Ａ及び図６Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図７Ａ及び図７Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を

良好に抑制していることがわかる。

図８Ａ及び図８Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0112] （第３実施例）

図９は第３実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0113] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0114] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、両凹形状の負レンズＬ１２と、両凸形状の正レンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１６と、両凸形状の正レンズＬ１７と、両凸形状の正レンズＬ１８と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１９との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ１１０と両凹形状の負レンズＬ１１１との接合負レンズとからなる。

[0115] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１部分群Ｇ１Ｒ１と、正の屈折力を有する第２部分群Ｇ１Ｒ２とから構成されている。

第１部分群Ｇ１Ｒ１は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１１２と両凸形状の正レンズＬ１１３との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１１４とからなる。

第２部分群Ｇ１Ｒ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１５と、両凸形状の正レンズＬ１１６と両凹形状の負レンズＬ１１７との接合負レンズとからなる。

[0116] 両凹形状の負レンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１１１と両凹形状の負レンズＬ１１２とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負レンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には両凸形状の正レンズＬ１３が含まれている。

[0117] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、両凸形状の正レンズＬ２２と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３とからなる。

[0118] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0119] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0120] 本実施例に係る光学系は、前側レンズ群Ｇ１Ｆ、後側レンズ群Ｇ１Ｒの第１部分群Ｇ１Ｒ１、後側レンズ群Ｇ１Ｒの第２部分群Ｇ１Ｒ２、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。

[0121] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動することにより主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0122] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させることにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0123] 以下の表３に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0124] （表３）第３実施例

［面データ］

m	r	d	ｎｄ	νｄ	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	135.03333	9.349	1.77250	49.6		h(1)=27.941	
2	-353.68745	0.200					
3	-1326.79710	3.300	1.60300	65.4			
4	59.85064	3.805					
5	122.94569	6.348	1.77250	49.6			
6	-3523.67770	5.236					
7	-147.75434	10.312	1.59319	67.9		h(min)=25.521	
8	-50.30242	3.200	1.74100	52.8			0.658
9	173.92371	0.400					
10	74.56833	8.543	1.72916	54.6		h(max)=26.916	
11	-1246.93110	2.859					
12	1465.83490	7.778	1.59319	67.9			
13	-116.40558	0.100					
14	396.13803	8.688	1.49782	82.6			
15	-62.13892	8.000	1.69680	55.5			
16	-278.68492	0.100					
17	100.33769	8.323	1.49782	82.6			

18	-78.51954	2.300	1.65160	58.6		
19	55.58802	9.159				
20(ST)	∞	D20				
21	-41.67735	6.145	1.69680	55.5		
22	99.47632	10.502	1.59319	67.9		
23	-63.25972	0.200				
24	-415.95457	5.329	1.59319	67.9		
25	-87.68769	D25			h(max)=22.653	
26	110.13940	8.879	1.59319	67.9		
27	-147.30298	0.200				
28	198.55135	8.727	1.59319	67.9		
29	-83.42574	2.600	1.81600	46.6		0.655
30	1283.39870	D30			h(min)=19.372	
31	343.17085	3.717	1.59319	67.9		
32	-276.16215	0.200				
33	190.10017	3.941	1.59319	67.9		
34	-437.21483	0.200				
35	114.88308	2.000	1.48749	70.3		
36	40.91738	D36				
*37	-125.28102	2.000	1.78472	25.6		
38	70.04588	7.076	1.81600	46.6		
39	-139.74444	0.200				
40	104.33844	8.000	2.00069	25.5		
41	-100.49252	8.000	1.77250	49.6		

*42	75.04102	6.715		
43	-46.23974	2.000	1.72916	54.6
44	-144.32299	D44		
45	∞	1.600	1.51680	63.9
46	∞	D46		
I	∞			

［非球面データ］

m：37

κ ＝ -6.98400e-01

A4 ＝ -5.80236e-07、A6 ＝ 4.54093e-10、A8 ＝ -1.77180e-14、

A10＝ 0.00000e+00、A12＝ 0.00000e+00、A14＝ 0.00000e+00

m：42

κ ＝ -9.30000e-03

A4 ＝ -1.25277e-06、A6 ＝ -2.23480e-10、A8 ＝ 5.87714e-13、

A10＝ -1.65910e-15、A12＝ 0.00000e+00、A14＝ 0.00000e+00

［各種データ］

f	103.37
ＦＮｏ	1.85
ω	11.8
Y	21.60
ＴＬ	227.000
ＢＦ	17.610
ＢＦ(空気換算長)	17.064
Ｆｉｎｆ	1.85

Ｆｍｏｄ　　3.91

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	120.00	∞	∞	120.000	120.000
β	-	-1.0238	-	-	-1.0475	-1.0013
f	103.37	-	105.45	101.27	-	-
D20	8.163	6.000	8.163	8.163	6.000	6.000
D25	0.200	1.600	0.200	0.200	1.600	1.600
D30	6.000	30.500	2.000	10.000	26.500	34.500
D36	10.395	45.000	10.395	10.395	45.000	45.000
D44	15.000	48.500	19.000	11.000	52.500	44.500
D46	1.010	0.970	0.717	1.453	1.826	0.328

［レンズ群データ］

	ＳＴ	ｆ
G1	1	108.50
G2	31	989.41
G3	37	-142.13

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.855

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.576

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.658

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝1.050

（５）Ｒ１／ｆ＝0.579

（６）Ｒ３／ｆ＝0.538

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.423

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.143

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.656

（１０）２ω＝23.6

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.165

（１２）γＤＣ＝0.092

βＤＣ＝0.953

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝0.953

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.632

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.549

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.111

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.015

[0125] 図１０Ａ及び図１０Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

図１１Ａ及び図１１Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図１２Ａ及び図１２Ｂはそれぞれ、第３実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0126] 図１０Ａ及び図１０Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図１１Ａ及び図１１Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

図１２Ａ及び図１２Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近

距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0127] （第４実施例）

図１３は第４実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0128] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0129] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１６と、両凸形状の正レンズＬ１７と、両凸形状の正レンズＬ１８と両凹形状の負レンズＬ１９との接合負レンズとからなる。

[0130] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１１０と両凸形状の正レンズＬＬ１１１との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１１２と、両凸形状の正レンズＬＬ１１３と、両凸形状の正レンズＬＬ１１４と両凹形状の負レンズＬ１１５との接合正レンズとからなる。

[0131] 物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１９と両凹形状の負レンズＬ１１０とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負メニスカスレンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には正メニスカスレンズＬ１３が含まれている。

[0132] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、物

体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２３と両凸形状の正レンズＬ２４との接合正レンズとからなる。

[0133] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0134] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0135] 本実施例に係る光学系は、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。

[0136] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動することにより主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0137] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させることにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0138] 以下の表４に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0139] （表４）第４実施例

［面データ］

m	r	d	n d	ν d	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	288.49072	5.443	1.61800	63.3		h(1)=28.624	
2	-491.71848	0.200					
3	156.54138	3.000	1.69680	55.5			
4	62.45887	2.466					
5	81.38191	7.723	1.77250	49.6			
6	822.35328	5.520					
7	-162.73014	12.533	1.59319	67.9			
8	-52.05158	3.002	1.69680	55.5		h(min)=26.457	
9	187.45283	0.870					
10	84.12143	8.577	1.72916	54.6		h(max)=27.043	
11	-459.32870	2.912					
12	461.54273	5.280	1.72916	54.6			
13	-171.42798	6.932					
14	227.84173	7.354	1.49782	82.6			
15	-72.97216	2.500	1.74100	52.8			0.658
16	59.34422	6.444					
17(ST)	∞	9.023					
18	-44.77396	4.280	1.74100	52.8			0.658
19	112.52559	10.187	1.59319	67.9			
20	-64.58965	0.200					
21	-530.23883	5.083	1.59319	67.9			
22	-91.86159	0.200					
23	121.09791	11.022	1.59319	67.9	h(max)=23.238		
24	-98.74231	0.200					
25	90.23193	10.882	1.49782	82.6			

26	-89.35428	2.500	1.81600	46.6		0.655
27	511.96883	D27			h(min)=18.896	
28	210.59892	4.683	1.61800	63.3		
29	-192.16242	0.200				
30	115.14902	2.000	1.74100	52.8		
31	49.76472	4.840				
32	440.05352	2.000	1.74397	44.9		
33	68.87069	6.055	1.62591	35.8		
34	-384.12562	D34				
35	-98.33394	2.000	1.73485	28.4		
36	43.39099	9.580	1.81600	46.6		
37	-180.42370	0.200				
38	87.58783	8.551	2.00100	29.1		
39	-67.62732	4.716	1.72916	54.6		
40	66.60569	7.105				
41	-51.12138	2.000	1.77250	49.6		
42	-254.33453	D42				
43	∞	1.600	1.51680	64.1		
44	∞	D44				
I	∞					

[各種データ]

f	105.85
ＦＮｏ	1.85
ω	11.5
Y	21.60

ＴＬ	215.000
ＢＦ	16.100
ＢＦ(空気換算長)	15.555
Ｆｉｎｆ	1.85
Ｆｍｏｄ	3.71

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	131.04	∞	∞	131.04	131.04
β	-	-1.0000	-	-	-1.0365	-0.9660
f	105.85	-	109.05	102.84	-	-
D27	5.000	25.498	1.000	9.000	21.498	29.498
D34	5.640	51.888	5.640	5.640	51.888	51.888
D42	13.500	36.700	17.500	9.500	40.700	32.700
D44	1.000	1.054	1.490	0.765	3.338	-0.803

［レンズ群データ］

	ＳＴ	ｆ
G1	1	101.40
G2	28	-2271.16
G3	35	-153.80

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.813

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.270

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.658

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝0.958

（５）Ｒ１／ｆ＝0.590

（６）Ｒ３／ｆ＝0.561

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.445

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.140

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.344

（１０）２ω＝23.0

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.147

（１２）γＤＣ＝-0.090

βＤＣ＝1.044

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝1.044

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.707

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.594

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.380

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.155

[0140] 図１４Ａ及び図１４Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

図１５Ａ及び図１５Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図１６Ａ及び図１６Ｂはそれぞれ、第４実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0141] 図１４Ａ及び図１４Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図１５Ａ及び図１５Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変

動を良好に抑制していることがわかる。

図１６Ａ及び図１６Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0142] （第５実施例）

図１７は第５実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0143] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0144] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１６と、両凸形状の正レンズＬ１７と両凹形状の負レンズＬ１８との接合負レンズとからなる。

[0145] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１９と両凸形状の正レンズＬＬ１１０との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１１１と、両凸形状の正レンズＬＬ１１２と、両凸形状の正レンズＬＬ１１３と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１１４とからなる。

[0146] 物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１８と両凹形状の負レンズＬ１９とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負メニスカスレンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には正

メニスカスレンズＬ１３が含まれている。

[0147] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２３とからなる。

[0148] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0149] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0150] 本実施例に係る光学系は、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。

[0151] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動することにより主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0152] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させることにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0153] 以下の表５に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0154] （表５）第５実施例

［面データ］

m	r	d	n d	ν d	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	761.50735	4.738	1.65160	58.6		h(1)=27.694	
2	-237.89913	0.200					
3	110.20243	3.000	1.64000	60.2			
4	55.10184	3.155					
5	85.29685	5.347	1.80400	46.6			
6	317.45339	4.998					
7	-201.99324	8.293	1.59319	67.9			
8	-52.48046	2.500	1.77250	49.6		h(min)=25.613	0.656
9	415.19106	0.200					
10	64.47366	13.760	1.80400	46.6		h(max)=26.523	
11	-194.89845	0.200					
12	118.06307	9.563	1.59319	67.9			
13	-67.29261	2.500	1.74100	52.8			0.658
14	48.41302	8.879					
15(ST)	∞	8.209					
16	-46.81371	2.500	1.74100	52.8			0.658
17	54.09936	12.010	1.59319	67.9			
18	-60.23032	0.200					
19	-2046.46440	4.658	1.49782	82.6			
20	-106.89392	0.200			h(max)=22.064		
21	225.90980	4.944	1.49782	82.6			
22	-225.74391	0.200					
23	89.46360	12.199	1.49782	82.6			

24	-69.48538	0.200				
25	-84.73437	2.500	1.80440	39.6		0.655
26	-214.80685	D26			h(min)=19.556	
27	213.27742	4.845	1.72916	54.6		
28	-216.44047	0.400				
29	108.81540	2.000	1.74100	52.8		
30	45.39782	6.421				
31	-35237.46400	8.000	1.75520	27.6		
32	-188.95862	D32				
33	-111.91871	4.168	1.75520	27.6		
34	42.70344	8.255	1.88300	40.7		
35	-4657.66950	0.200				
36	76.04959	8.139	2.00100	29.1		
37	-82.35219	2.000	1.75500	52.3		
38	62.35462	7.450				
39	-52.35364	2.000	1.75500	52.3		
40	-244.87415	D40				
41	∞	1.500	1.51680	64.1		
42	∞	D42				
I	∞					

[各種データ]

f	103.03
ＦＮｏ	1.86
ω	11.8

Ｙ	21.60
ＴＬ	195.449
ＢＦ	16.000
ＢＦ(空気換算長)	15.489
Ｆｉｎｆ	1.86
Ｆｍｏｄ	3.73

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	140.00	∞	∞	140.00	140.00
β	-	-1.0000	-	-	-1.0381	-0.9643
f	103.03	-	106.50	99.78	-	-
D26	5.000	28.871	1.000	9.000	24.871	32.871
D32	5.417	29.229	5.417	5.417	29.229	29.229
D40	13.500	45.800	17.500	9.500	49.800	41.800
D42	1.000	1.017	1.639	0.654	3.536	-1.041

［レンズ群データ］

	ＳＴ	f
G1	1	97.27
G2	27	632.10
G3	33	-102.96

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.886

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.437

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.656

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.658

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝0.944

（５）Ｒ１／ｆ＝0.535

（６）Ｒ３／ｆ＝0.470

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.571

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.017

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.290

（１０）２ω＝23.6

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.150

（１２）γＤＣ＝-0.122

βＤＣ＝1.059

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝1.059

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.797

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.667

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝4.271

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝3.939

[0155] 図１８Ａ及び図１８Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

図１９Ａ及び図１９Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図２０Ａ及び図２０Ｂはそれぞれ、第５実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0156] 図１８Ａ及び図１８Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図１９Ａ及び図１９Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

図２０Ａ及び図２０Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0157]（第６実施例）

図２１は第６実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成されている。

[0158] 第１レンズ群Ｇ１は、開口絞りＳを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群Ｇ１Ｆと、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群Ｇ１Ｒとから構成されている。

[0159] 前側レンズ群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１３と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４と両凹形状の負レンズＬ１５との接合負レンズと、両凸形状の正レンズＬ１６と、両凸形状の正レンズＬ１７と、両凸形状の正レンズＬ１８と両凹形状の負レンズＬ１９との接合負レンズとからなる。

[0160] 後側レンズ群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ１１０と両凸形状の正レンズＬＬ１１１との接合負レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１１２と、両凸形状の正レンズＬＬ１１３と、両凸形状の正レンズＬＬ１１４と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１１５との接合負レンズとからなる。

[0161] 物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１２と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ１４とは、互いに凹面を向かい合わせた第１のレンズの組Ｃ１を構成している。両凹形状の負レンズＬ１９と両凹形状の負レンズ

Ｌ１１０とは、互いに凹面を向かい合わせた第２のレンズの組Ｃ２を構成している。負メニスカスレンズＬ１２と正メニスカスレンズＬ１４との間には正メニスカスレンズＬ１３が含まれている。

[0162] 第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ２１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２２と、両凹形状の負レンズＬ２３と両凸形状の正レンズＬ２４との接合正レンズとからなる。

[0163] 第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３１と両凸形状の正レンズＬ３２との接合正レンズと、両凸形状の正レンズＬ３３と両凹形状の負レンズＬ３４との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３５とからなる。

[0164] 第３レンズ群Ｇ３と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタ等からなるフィルタ群ＦＬが配置されている。

像面Ｉ上には、ＣＣＤやＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。

[0165] 本実施例に係る光学系は、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２、および第３レンズ群を、それぞれ異なる軌跡で光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行っている。

[0166] また、本実施例に係る光学系は、最も像側に、光軸に沿って移動することにより主に球面収差を変化させ、デフォーカス領域のボケ味を変化させるためのＤＣ群を有している。本実施例においては、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３がＤＣ群として光軸に沿って移動する。第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群は、ＤＣ群として光軸沿って移動する際、１つのレンズ群として一体に移動する。

[0167] 本実施例に係る光学系は、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態、すなわち球面収差が良好に補正されている状態から、ＤＣ群を物体に向かう方向すなわち負の方向に移動させることにより、球面収差を補正不足の方向に変化させることができる。一方、ＤＣ群の光軸方向への移動量が０（零）の状態から、ＤＣ群を像面Ｉに向かう方向すなわち正の方向に移動させる

ことにより、球面収差を補正過剰の方向に変化させることができる。

[0168] 以下の表６に、本実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0169] （表６）第６実施例

［面データ］

m	r	d	n d	ν d	CE(1)	CE(2)	CE(3)
ＯＰ	∞						
1	99.46909	7.495	1.72916	54.6		h(1)=22.732	
2	-471.73008	0.200					
3	346.75105	3.300	1.74100	52.8			0.658
4	50.06131	2.003					
5	66.26767	6.510	1.80400	46.6			
6	736.40569	4.503					
7	-141.36292	6.363	1.59319	67.9			
8	-53.55769	4.000	1.72916	54.6			
9	83.60783	2.359				h(min)=19.938	
10	60.88997	8.272	1.75500	52.3		h(max)=20.521	
11	-301.20099	2.264					
12	439.52964	4.624	1.59319	67.9			
13	-174.67735	0.875					
14	120.42146	6.859	1.59319	67.9			
15	-69.51126	2.500	1.75500	52.3			0.657
16	51.56376	8.722					
17(ST)	∞	6.969					
18	-38.28970	4.341	1.74100	52.8			0.658
19	105.68496	8.786	1.59319	67.9			
20	-53.12708	0.200					
21	-13481.47900	4.527	1.59319	67.9			
22	-110.20285	0.200			h(max)=18.644		

23	111.06583	11.561	1.59319	67.9		
24	-83.79197	0.200				
25	270.47689	7.791	1.49782	82.6		
26	-56.94695	2.500	1.81600	46.6		0.655
27	-307.78343	D27			h(min)=16.021	
28	136.15847	4.588	1.61800	63.3		
29	-188.06171	0.200				
30	90.24706	2.000	1.83481	42.7		
31	45.72289	5.063				
32	-518.05521	2.000	1.69680	55.5		
33	98.48679	4.192	1.70244	30.1		
34	-462.90084	D34				
35	-64.66052	2.000	1.75520	27.6		
36	55.65422	8.968	1.81600	46.6		
37	-77.40083	0.200				
38	73.42391	9.065	2.00100	29.1		
39	-56.43143	3.455	1.76684	46.8		
40	64.37441	6.732				
41	-48.15448	2.000	1.81600	46.6		
42	-456.63754	D42				
43	∞	1.600	1.51680	64.1		
44	∞	D44				
I	∞					

[各種データ]

f	102.09

ＦＮｏ	2.25
ω	11.9
Ｙ	21.60
ＴＬ	199.306
ＢＦ	18.797
ＢＦ(空気換算長)	18.252
Ｆｉｎｆ	2.25
Ｆｍｏｄ	4.73

［可変間隔データ］

	ＩＮＦ	ＣＬＯ	ＩＮＦＤＣ(-)	ＩＮＦＤＣ(+)	ＣＬＯＤＣ(-)	ＣＬＯＤＣ(+)
D0	∞	143.37	∞	∞	143.37	143.37
β	-	-0.9993	-	-	-1.0332	-0.9676
f	102.09	-	104.81	99.51	-	-
D27	6.000	24.786	2.000	10.000	20.786	28.786
D34	6.125	39.584	6.125	6.125	39.584	39.584
D42	16.200	51.900	20.200	12.200	55.900	47.900
D44	0.997	0.996	1.295	0.917	3.678	-1.261

［レンズ群データ］

	ＳＴ	ｆ
G1	1	99.79
G2	28	-1907.08
G3	35	-171.99

［条件式対応値］

（１）ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）＝0.859

（２）｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ(１)－ｈ（ｍｉｎ）｝＝0.209

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.658

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.657

（３）θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＝0.655

（４）ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＝0.977

（５）Ｒ１／ｆ＝0.490

（６）Ｒ３／ｆ＝0.505

（７）（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＝-0.477

（８）（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＝0.148

（９）ｆ／（－ｆ１）＝0.622

（１０）２ω＝23.8

（１１）ｂｆａ／ｆ＝0.179

（１２）γＤＣ＝-0.047

βＤＣ＝1.023

βＲ＝1.000

（１３）βＤＣ＝1.023

（１４）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.768

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＝0.650

（１５）ＤＣ群物体側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝6.701

ＤＣ群像面側移動時：｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＝5.708

[0170] 図２２Ａ及び図２２Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時および近距離物体合焦時の諸収差図である。

図２３Ａ及び図２３Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時においてＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

図２４Ａ及び図２４Ｂはそれぞれ、第６実施例に係る光学系の近距離物体合焦時において、ＤＣ群が物体側に移動した状態およびＤＣ群が像側に移動した状態での諸収差図である。

[0171] 図２２Ａ及び図２２Ｂに示す各諸収差図より、本実施例に係る光学系は、

無限遠物体合焦時から近距離物体合焦時にわたって諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

図２３Ａ及び図２３Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、無限遠物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

図２４Ａ及び図２４Ｂに示す諸収差図より、本実施例に係る光学系は、近距離物体合焦時において、主に球面収差のみを変化させつつ、他の収差の変動を良好に抑制していることがわかる。

[0172] 上記各実施例によれば、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を実現することができる。

また、デフォーカス領域のボケ味に影響を与える収差のうち、主に球面収差のみを使用者の意図に合わせて変化させて、ピントが合っている被写体のシャープな描写を維持しつつ、被写界深度外の背景または被写界深度外の前景のボケ味を変化させることができる。

[0173] なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。以下の内容は、本実施形態の光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

[0174] 本実施形態の光学系の数値実施例として３群構成のものを示したが、本実施形態はこれに限られず、その他の群構成（例えば、４群等）の光学系を構成することもできる。具体的には、上記各実施例の光学系の最も物体側や最も像側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。或いは、隣り合うレンズ群とレンズ群との間にレンズ又はレンズ群を追加しても良い。なお、レンズ群は、少なくとも１枚以上のレンズで構成されてもよい。

[0175] また、上記各実施例では、各レンズ群を合焦レンズ群としている。斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ、ステッピングモータ、ＶＣＭモータ等による駆動にも適している。

[0176] また、上記各実施例の光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振群として光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動（揺動）させることにより、防振を行う構成とすることもできる。

[0177] また、上記各実施例の光学系の開口絞りは、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。

[0178] また、上記各実施例の光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（ＧＲＩＮレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0179] また、上記各実施例の光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

[0180] 次に、本実施形態の光学系を備えたカメラを図２５に基づいて説明する。

図２５は本実施形態の光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

図２５に示すようにカメラ１は、撮影レンズ２として上記第１実施例に係る光学系を備えたレンズ交換式のミラーレスカメラである。

[0181] 本カメラ１において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ２で集光されて、不図示のＯＬＰＦ（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部３の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部３に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ１に設けられたＥＶＦ（Electroni

c view finder：電子ビューファインダ）４に表示される。これにより撮影者は、ＥＶＦ４を介して被写体を観察することができる。

また、撮影者によって不図示のレリーズボタンが押されると、撮像部３で生成された被写体の画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ１による被写体の撮影を行うことができる。

[0182] ここで、本カメラ１に撮影レンズ２として搭載した上記第１実施例に係る光学系は、上述のように無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系である。すなわち本カメラ１は、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した性能を実現することができる。なお、上記第２～第６実施例に係る光学系を撮影レンズ２として搭載したカメラを構成しても、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。また、クイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに上記各実施例に係る光学系を搭載した場合でも、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。

[0183] 次に、本実施形態の光学系の製造方法の概略を図２６に基づいて説明する。

図２６は、本実施形態の光学系の製造方法の概略を示すフロー図である。

図２６に示す本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなる光学系の製造方法であって、以下のステップＳ１～Ｓ４を含むものである。

[0184] ステップＳ１：合焦の際、隣り合う前記レンズ群の間隔が変化するように構成する。

ステップＳ２：前記第１レンズ群を、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなるように構成する。

ステップＳ３：前記前側レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦

の際、物体側へ移動するように構成する。

[0185] ステップＳ４：前記後側レンズ群が、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式（１）を満足するように構成する。

（１）０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[0186] 斯かる本実施形態の光学系の製造方法によれば、無限遠物体合焦状態から近距離物体合焦状態に亘って諸収差を良好に補正することができ、オートフォーカスにもマニュアルフォーカスにも適した大口径の光学系を製造することができる。

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、複数の後続レンズ群とからなり、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、

前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、

前記後側レンズ群は、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式を満足する光学系。

０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[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、複数の後続レンズ群とからなり、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、

前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、

前記前側レンズ群はさらに、前記前側レンズ群の最も物体側のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをｈ（１）とし、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす２以上の整数とし、前記最も物体側の

レンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における前記マージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（１）＞ｈ（ｍ）かつｈ（ｍ）＜ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も低いｈ（ｍ）をｈ（ｍｉｎ）とし、最も高いｈ（ｎ）をｈ（ｍａｘ）としたとき、以下の条件式を満足する、光学系。

０．１０＜｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ（１）－ｈ（ｍｉｎ）｝

[請求項3] 前記後側レンズ群は、合焦の際移動する少なくとも１つ以上のレンズ群を有する請求項１または２に記載の光学系。

[請求項4] 前記後側レンズ群は、少なくとも２つの負レンズと少なくとも２つの正レンズとを有する請求項１から３の何れか一項に記載の光学系。

[請求項5] 前記前側レンズ群は、少なくとも４つのレンズ成分を有する請求項１から４の何れか一項に記載の光学系。

[請求項6] 前記第１レンズ群は、以下の条件式を満足する負レンズを少なくとも１つ有する請求項１から５の何れか一項に記載の光学系。

０．６００＜θｇＦＬｎ＋０．００２１×νｄＬｎ＜０．６５８

ただし、

νｄＬｎ：前記負レンズのｄ線に対するアッベ数

θｇＦＬｎ：前記負レンズのｇ線とＦ線とによる部分分散比

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項１から６の何れか一項に記載の光学系。

０．７９０＜ｆ（１Ｆ～１Ｒ）／ｆ＜１．４００

ただし、

ｆ（１Ｆ～１Ｒ）：無限遠物体合焦時の前記前側レンズ群と前記後側レンズ群との合成焦点距離

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

[請求項8] 物体側から順に、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第１の組と、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第２の組とを有し、

前記第１の組と前記第２の組との間に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第１の組の物体側に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第２の組の像側に少なくとも４つの正レンズを有し、

３種類以上の硝材を用いている光学系。

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項８に記載の光学系。

０．３０＜Ｒ１／ｆ＜０．８０

０．３０＜Ｒ３／ｆ＜０．８０

－０．８０＜（Ｒ１＋Ｒ２）／（Ｒ１－Ｒ２）＜０．８０

－０．８０＜（Ｒ３＋Ｒ４）／（Ｒ３－Ｒ４）＜０．８０

ただし、

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

Ｒ１：前記第１の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹面の曲率半径

Ｒ２：前記第１の組の向かい合う前記凹面のうち、像側の凹面の曲率半径

Ｒ３：前記第２の組の向かい合う前記凹面のうち、物体側の凹面の曲率半径

Ｒ４：前記第２の組の向かい合う前記凹面のうち、像側の凹面の曲率半径

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項１から９の何れか一項に記載の光学系。

０．１００＜ｆ／（－ｆ１）＜ １．０００

ただし、

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

ｆ１：前記光学系全系のうち、最も物体側のレンズ成分から、物体側から２つ目の負レンズ成分までの全てのレンズ成分の合成焦点距離

[請求項11] 以下の条件式を満足する請求項１から１０の何れか一項に記載の光学系。

１２．０°＜２ω＜４０．０°

ただし、

２ω：無限遠物体合焦時の前記光学系の画角

[請求項12] 以下の条件式を満足する請求項１から１１の何れか一項に記載の光学系。

０．１００＜ｂｆａ／ｆ＜０．２５０

ただし、

ｂｆａ：最も像側に配置されるレンズの像側レンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離

ｆ：無限遠物体合焦時の前記光学系全系の焦点距離

[請求項13] 前記後続レンズ群は、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、

無限遠物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量に対する像面の移動量の比である像面移動係数をγＤＣとしたとき、以下の条件式（１２）を満足する請求項１または２に記載の光学系。

－０．５００＜γＤＣ＜０．５００

ただし、

$\gamma DC=(1-\beta DC^{2})\times\beta R^{2}$

ただし、

βＤＣ：前記ＤＣ群の横倍率

βＲ：前記ＤＣ群よりも像側のレンズ群の横倍率

[請求項14] 以下の条件式（１３）を満足する請求項１３に記載の光学系。

０．７００＜βＤＣ＜１．３００

ただし、

βＤＣ：前記ＤＣ群の横倍率

[請求項15] 前記後続レンズ群は、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、

無限遠物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量をΔＤＣとし、前記ΔＤＣに対応する縦収差表示での球面収差変化量をΔＳＡとし、無限遠物体合焦時に前記ＤＣ群が光軸方向へ移動しない時の最大口径のＦ値をＦｉｎｆとしたとき、以下の条件式（１４）を満足する請求項１または２に記載の光学系。

０．３００＜｜ΔＳＡ×（Ｆｉｎｆ）^{2}／ΔＤＣ｜＜２．５００

[請求項16] 前記後続レンズ群は、光軸に沿って移動することによりデフォーカス領域のボケ味を変化させるＤＣ群を含み、

近距離物体合焦時の前記ＤＣ群の光軸方向への移動量をΔＤＣとし、前記ΔＤＣに対応する縦収差表示での球面収差変化量をΔＳＡとし、近距離物体合焦時に前記ＤＣ群が光軸方向へ移動しない時の最大口径のＦ値をＦｍｏｄとしたとき、以下の条件式（１５）を満足する請求項１または２に記載の光学系。

２．０００＜｜ΔＳＡ×（Ｆｍｏｄ）^{2}／ΔＤＣ｜＜１５．０００

[請求項17] 最も像側のレンズ群が前記ＤＣ群である請求項１３から１６の何れか一項に記載の光学系。

[請求項18] 請求項１から１７の何れか一項に記載の光学系を備えた光学機器

[請求項19] 物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなる光学系の製造方法であって、

合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化するように構成し、

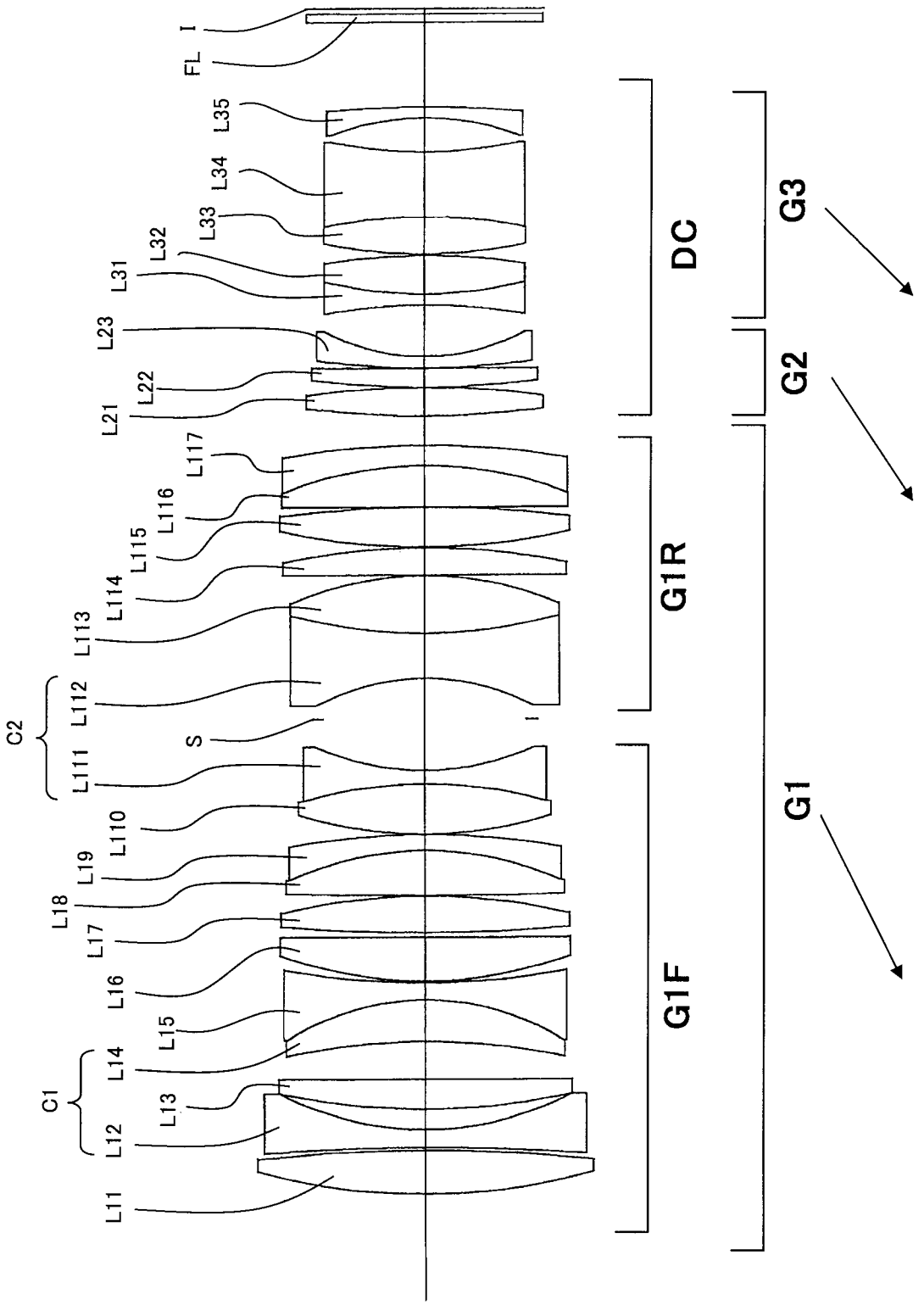
前記第１レンズ群を、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなるように構成し、

前記前側レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動するように構成し、

前記後側レンズ群が、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす正の整数とし、前記後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（ｍ）＞ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も高いｈ（ｍ）をｈ（ｍａｘ）とし、最も低いｈ（ｎ）をｈ（ｍｉｎ）としたとき、以下の条件式を満足するように構成する光学系の製造方法。

０．５０＜ｈ（ｍｉｎ）／ｈ（ｍａｘ）

[図1]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L23
L22
L21
L117
L116
L115
L114
L113
L112
S
L111
L110
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
C2
C1
DC
G1R
G1F
G3
G2
G1

[図2]

図２Ａ

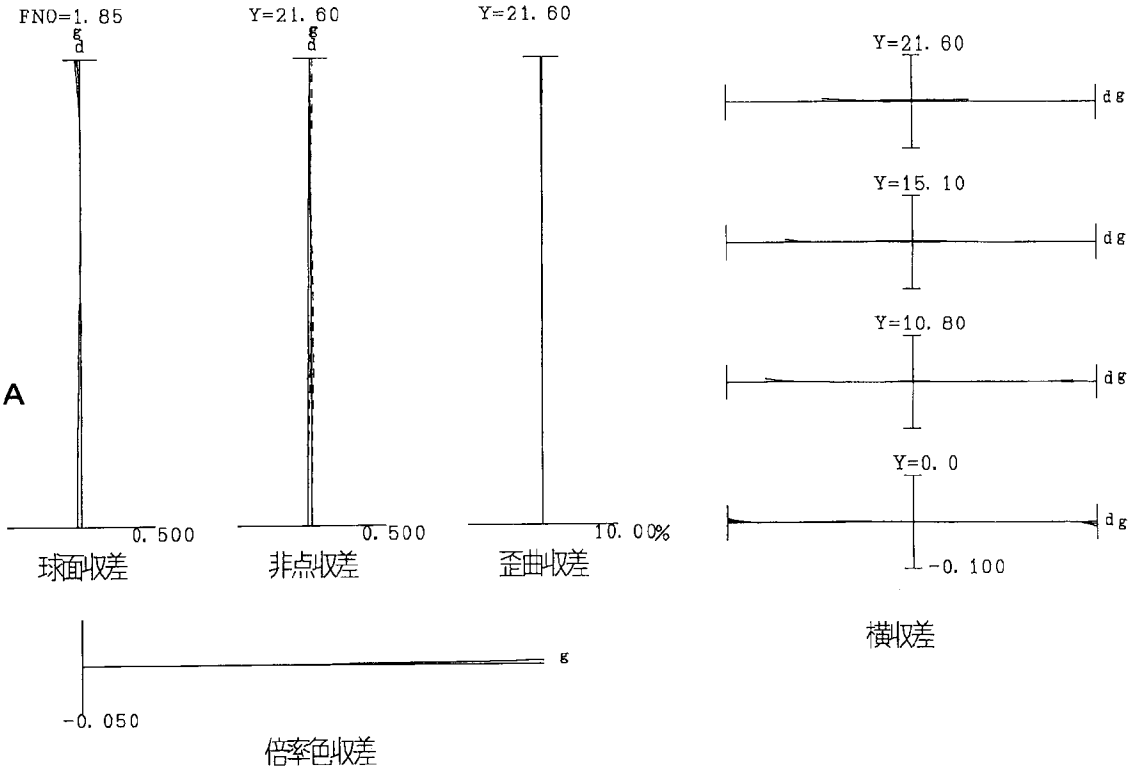
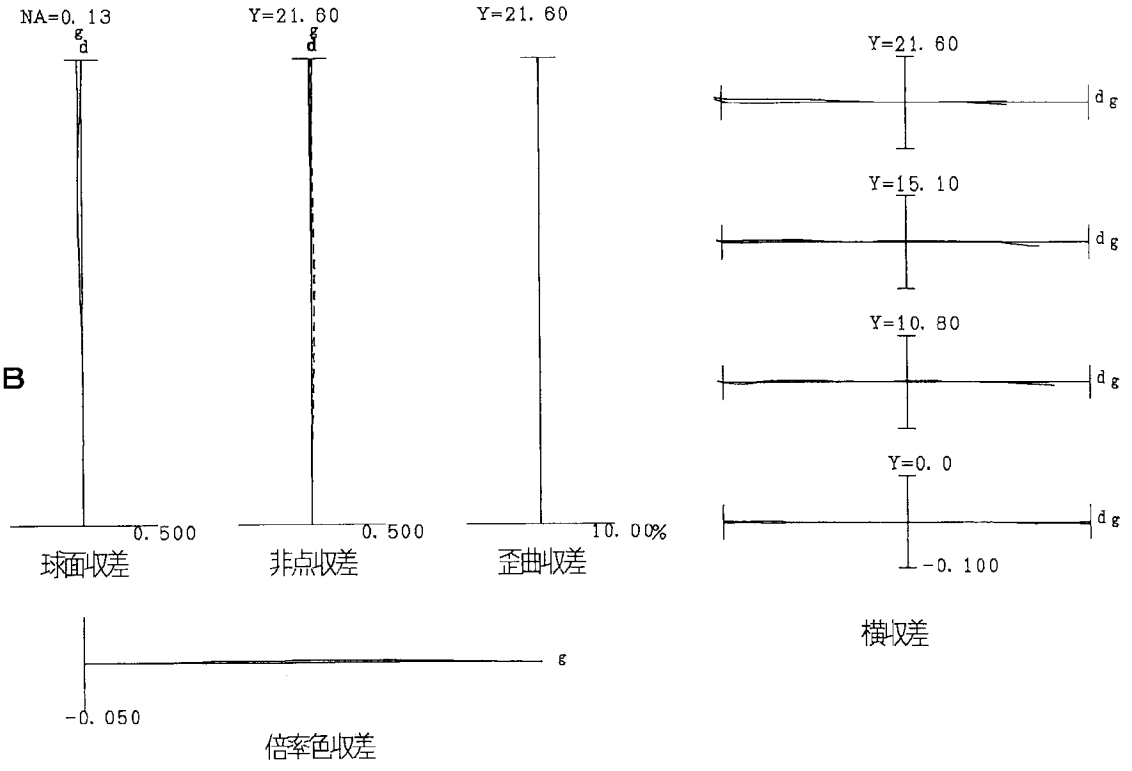

FNO=1.85
Y=21.60
Y=21.60
0.500
0.500
10.00%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.100
横収差

図２Ｂ


NA=0.13
Y=21.60
Y=21.60
0.500
0.500
10.00%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.100
横収差

[図3]

図３Ａ

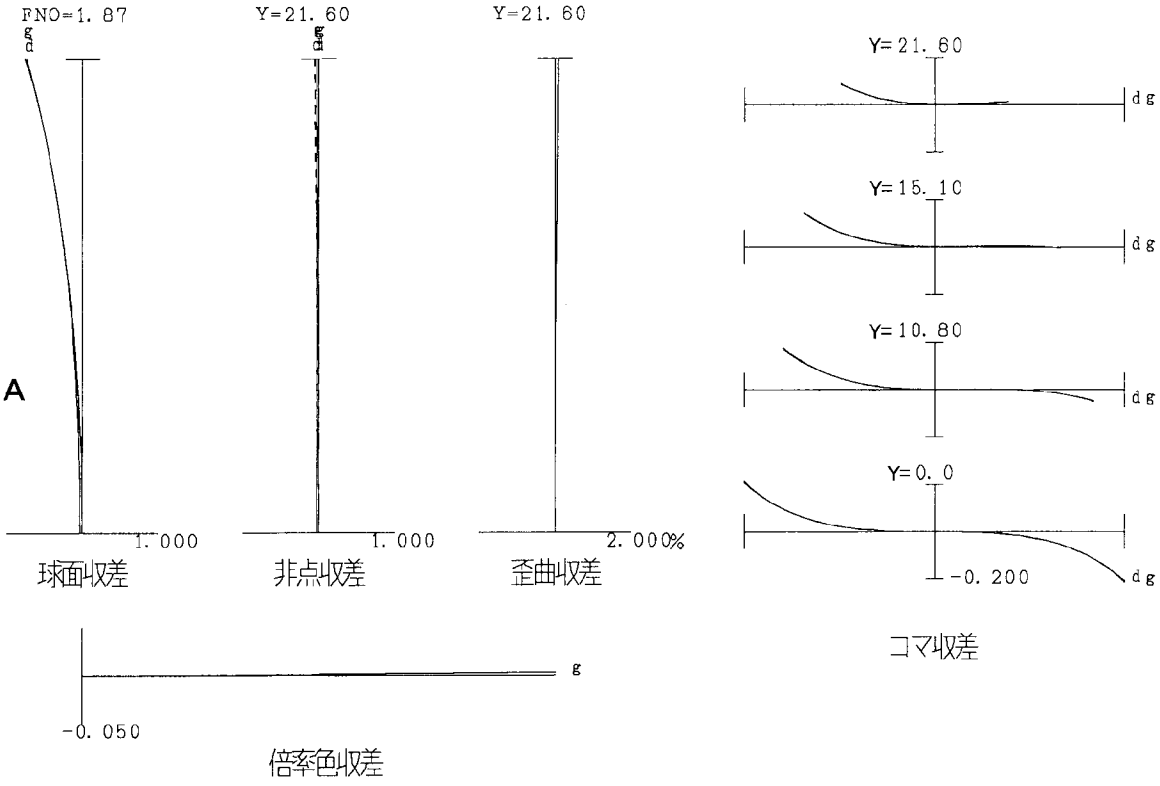
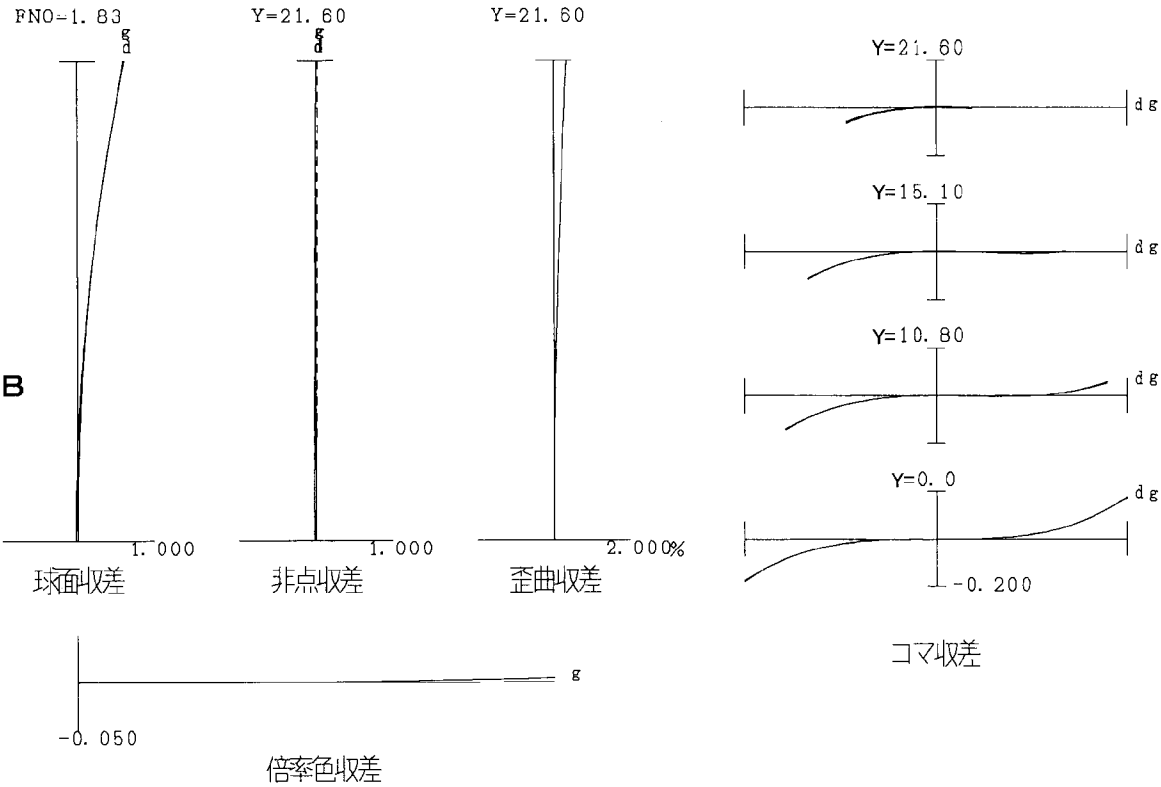

FNO=1.87
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
dg
-0.200
コマ収差
g
-0.050
倍率色収差

図３Ｂ


FNO=1.83
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
dg
-0.200
コマ収差
g
-0.050
倍率色収差

[図4]

図４Ａ

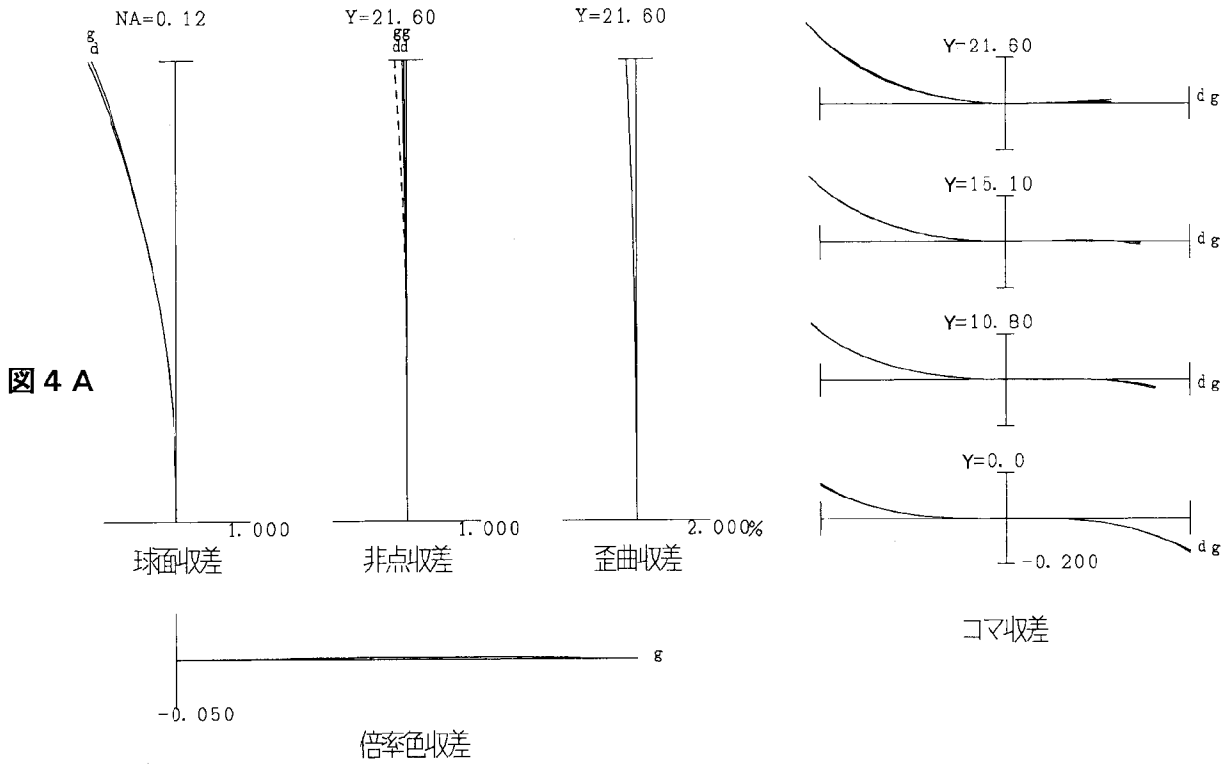
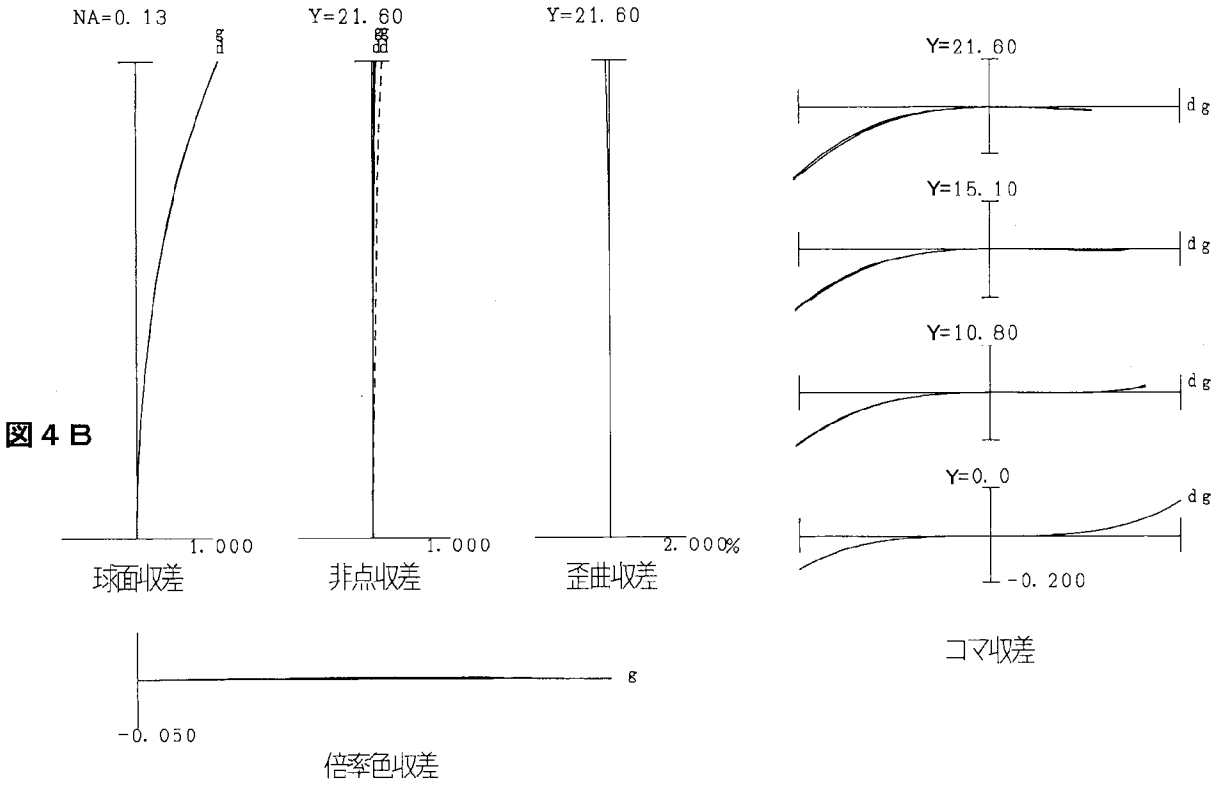
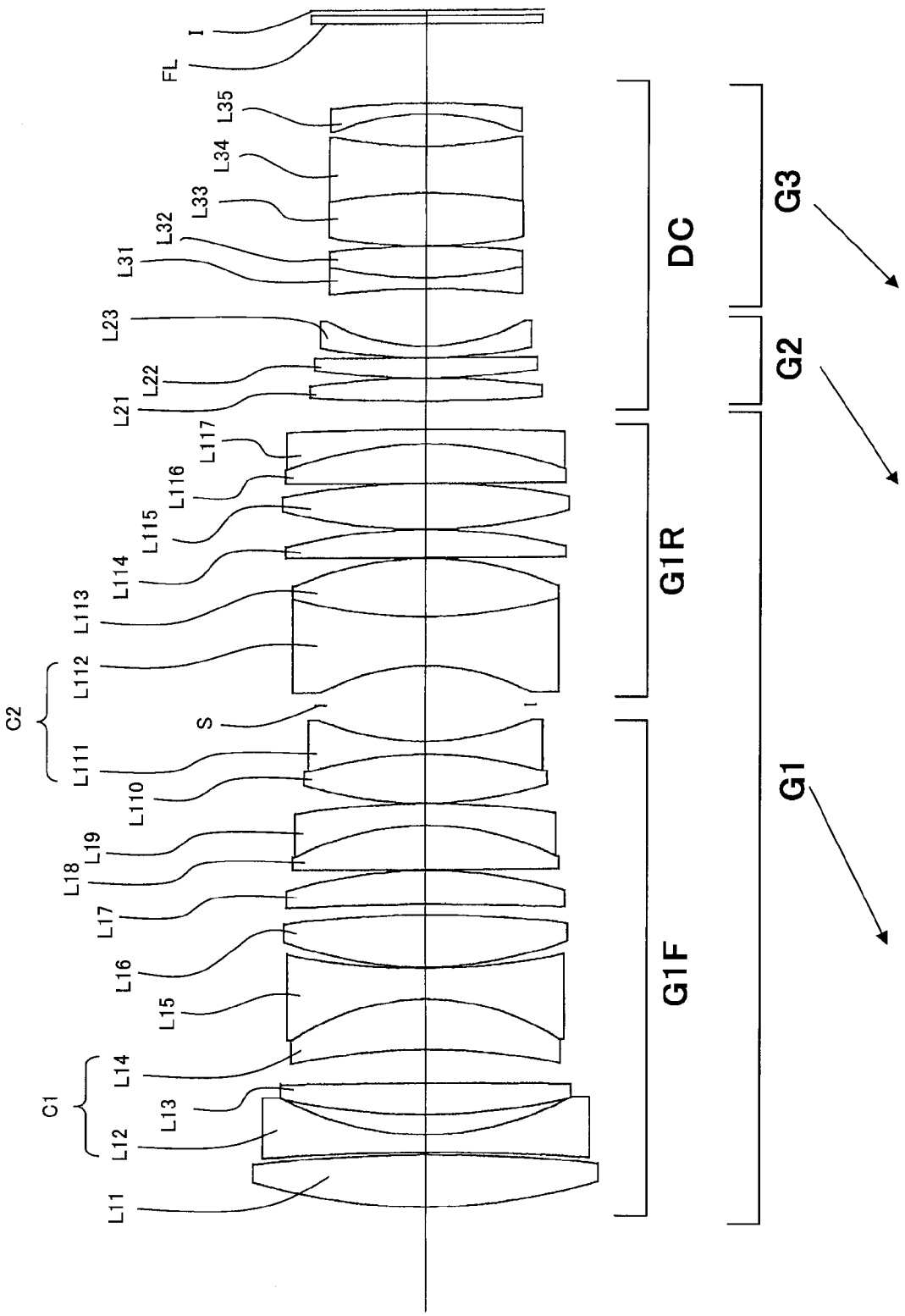

NA=0.12
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差

図４Ｂ


NA=0.13
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差

[図5]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L23
L22
L21
L117
L116
L115
L114
L113
L112
C2
L111
L110
S
L19
L18
L17
L16
L15
L14
C1
L13
L12
L11
DC
G1R
G1F
G3
G2
G1

[図6]

図６Ａ

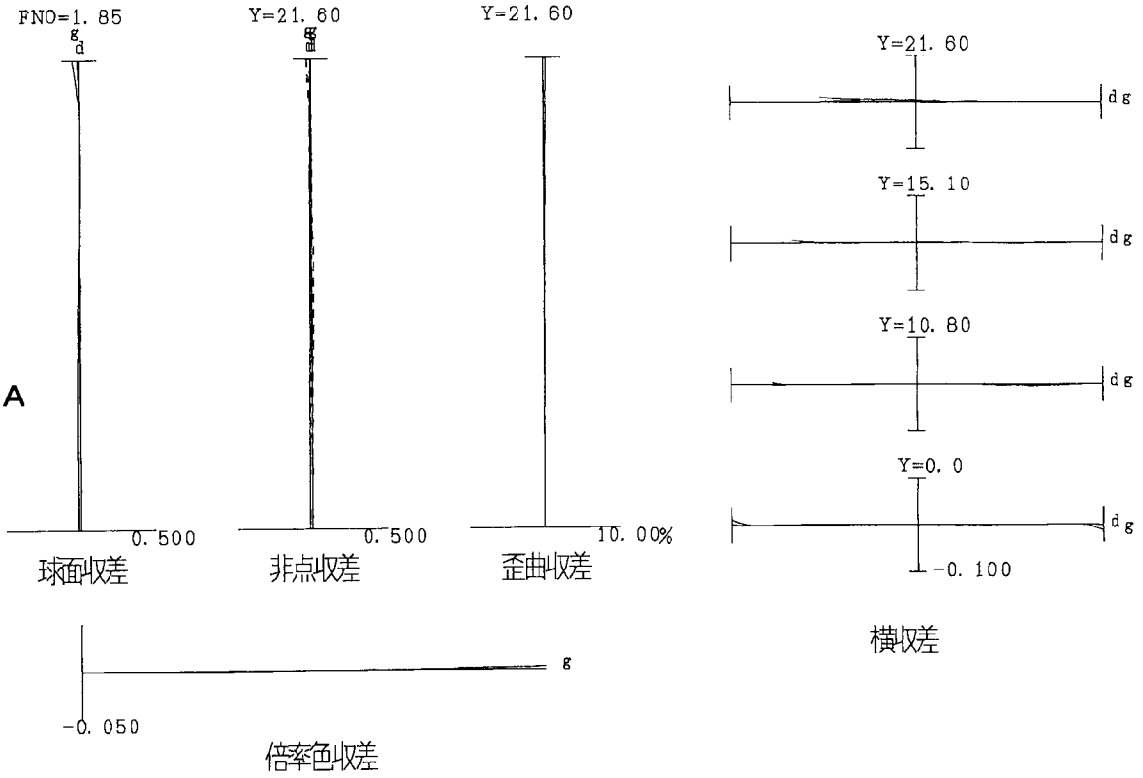
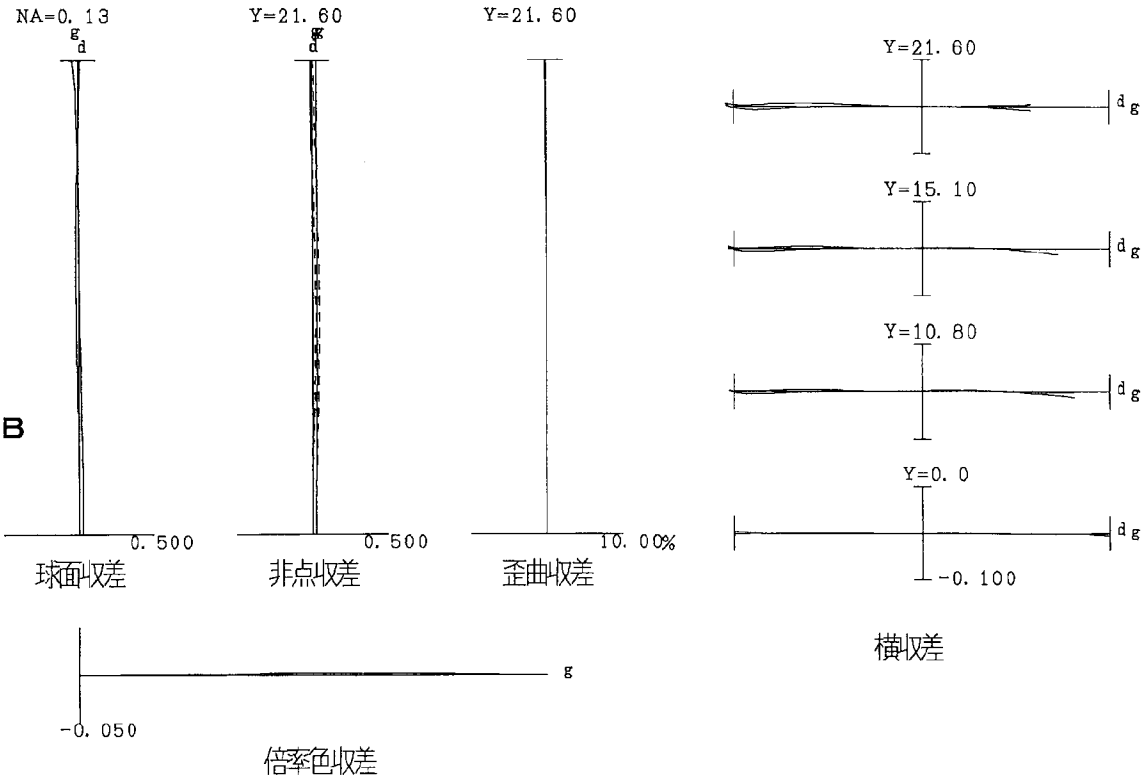

FNO=1.85
Y=21.60
Y=21.60
0.500
0.500
10.00%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
g
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
dg
-0.100
横収差

図６Ｂ


NA=0.13
Y=21.60
Y=21.60
0.500
0.500
10.00%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
g
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
dg
-0.100
横収差

[図7]

図７Ａ

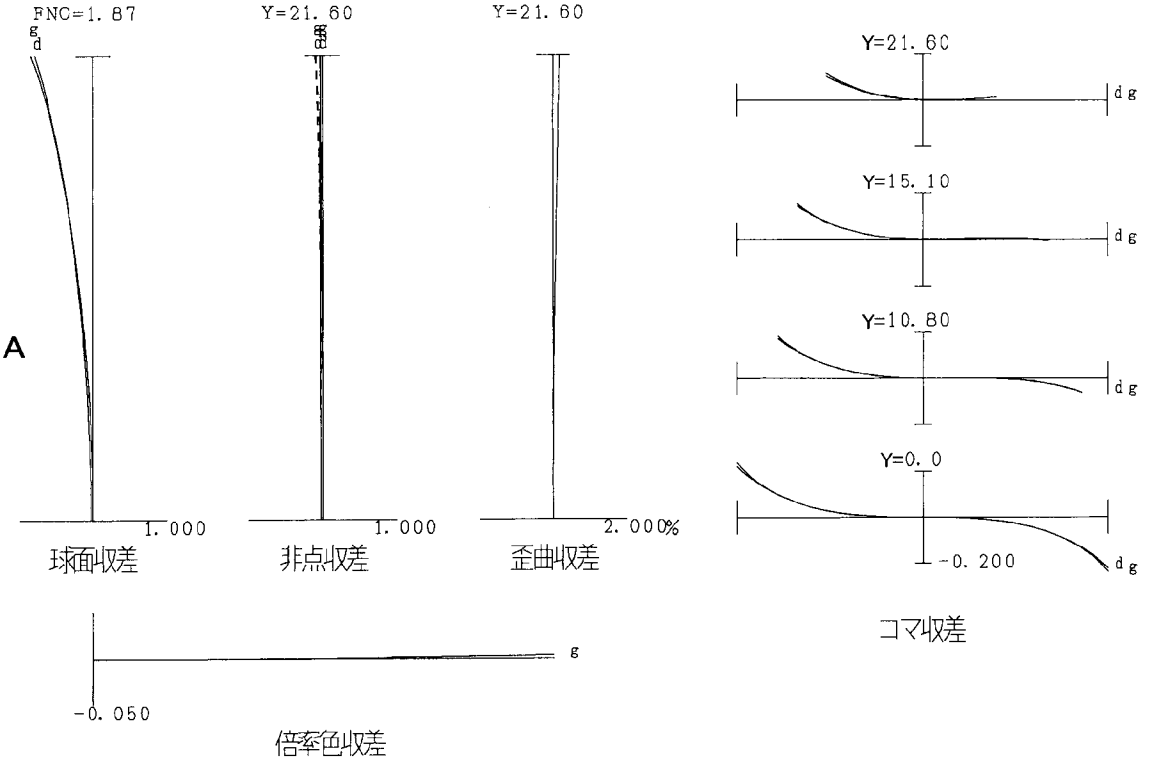
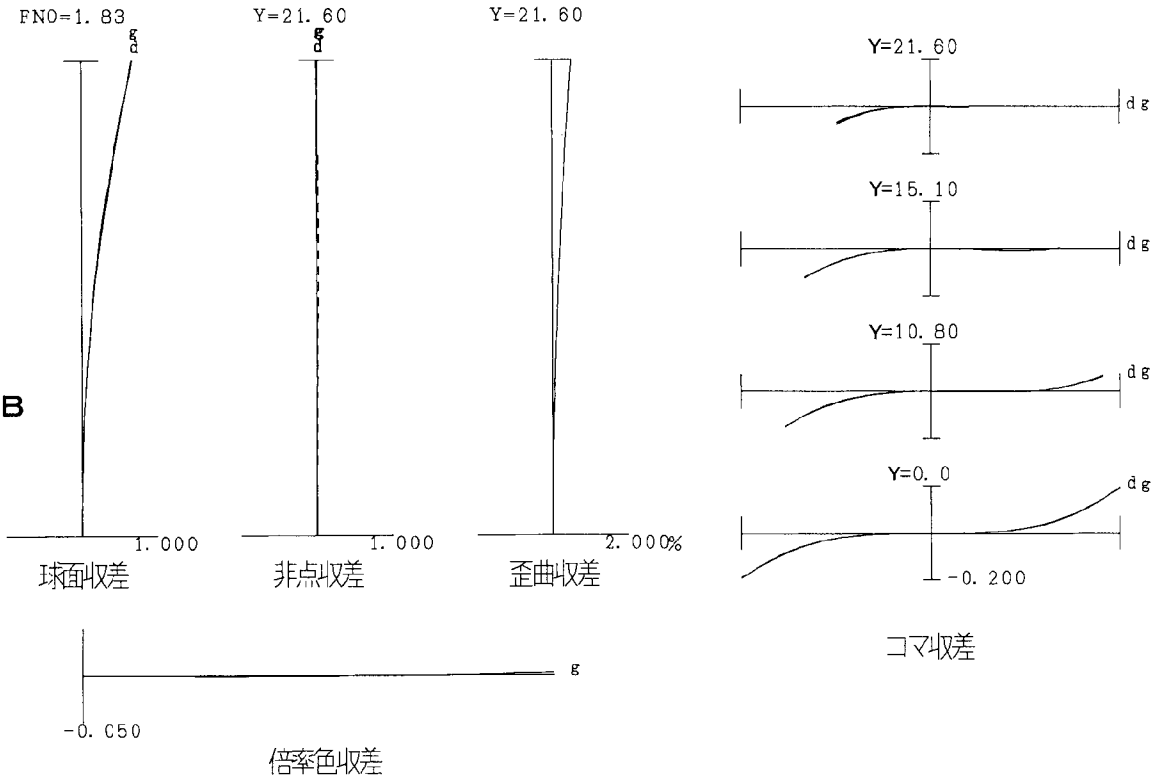

FNO=1.87
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差
-0.050
倍率色収差

図７Ｂ


FNO=1.83
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差
-0.050
倍率色収差

[図8]

図８Ａ

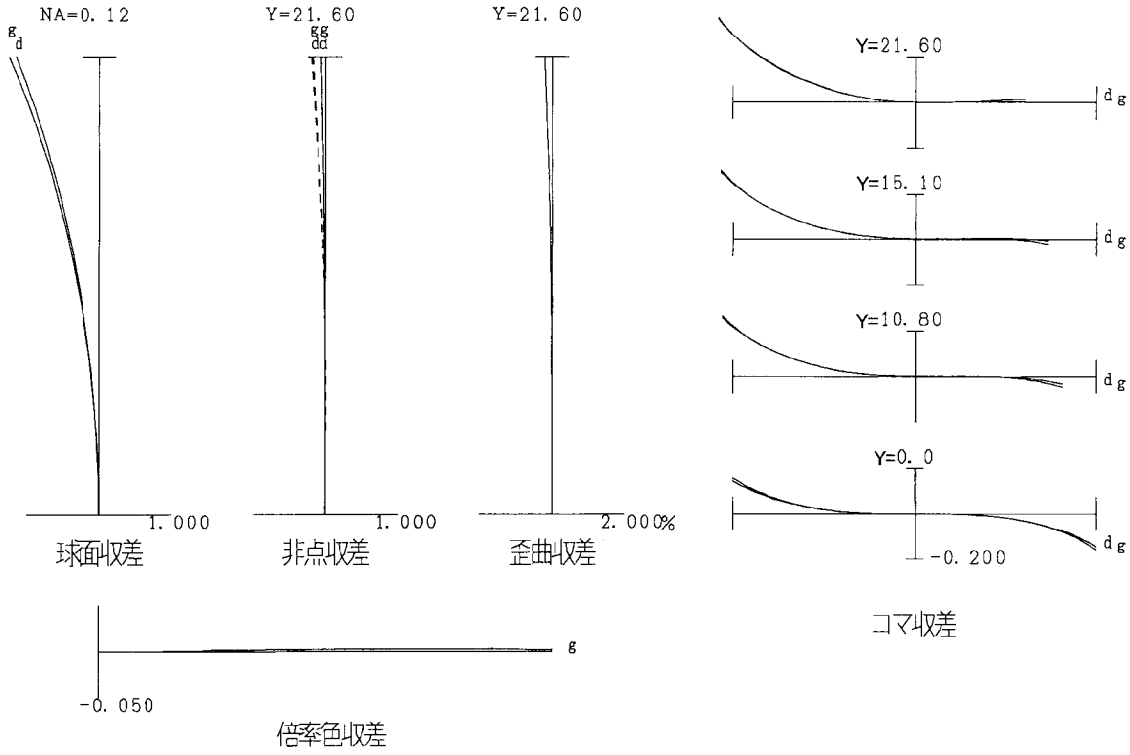
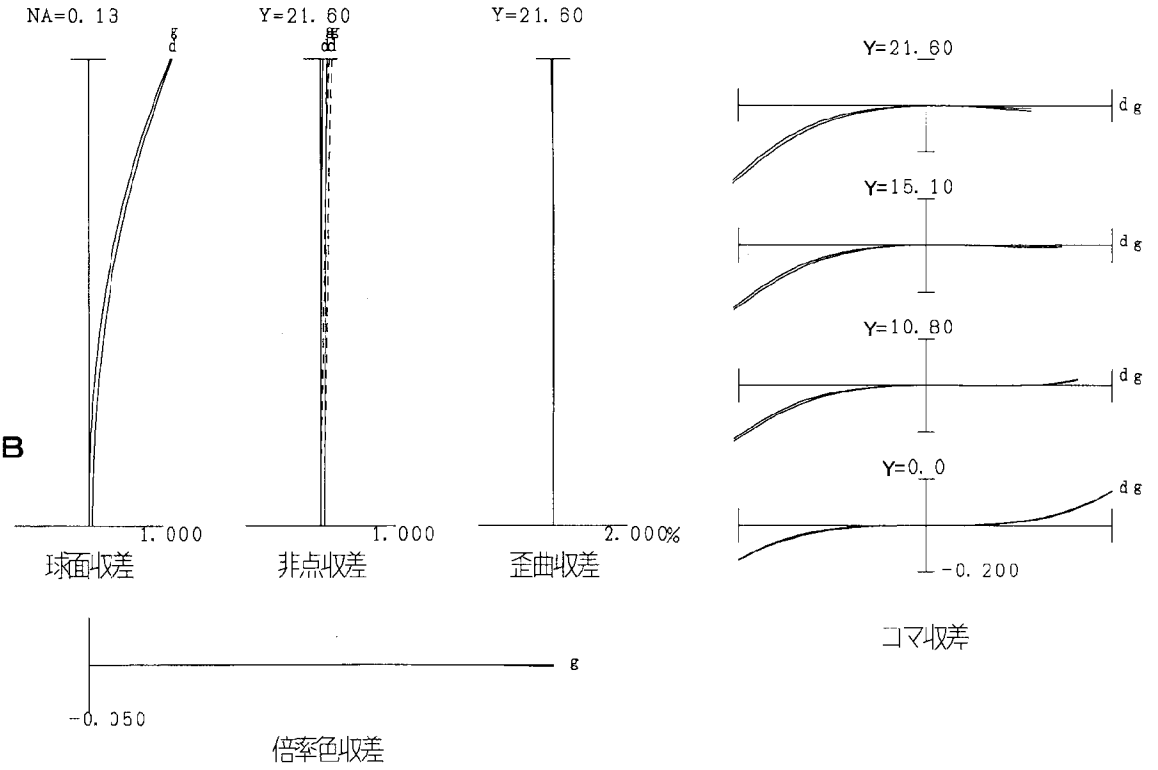
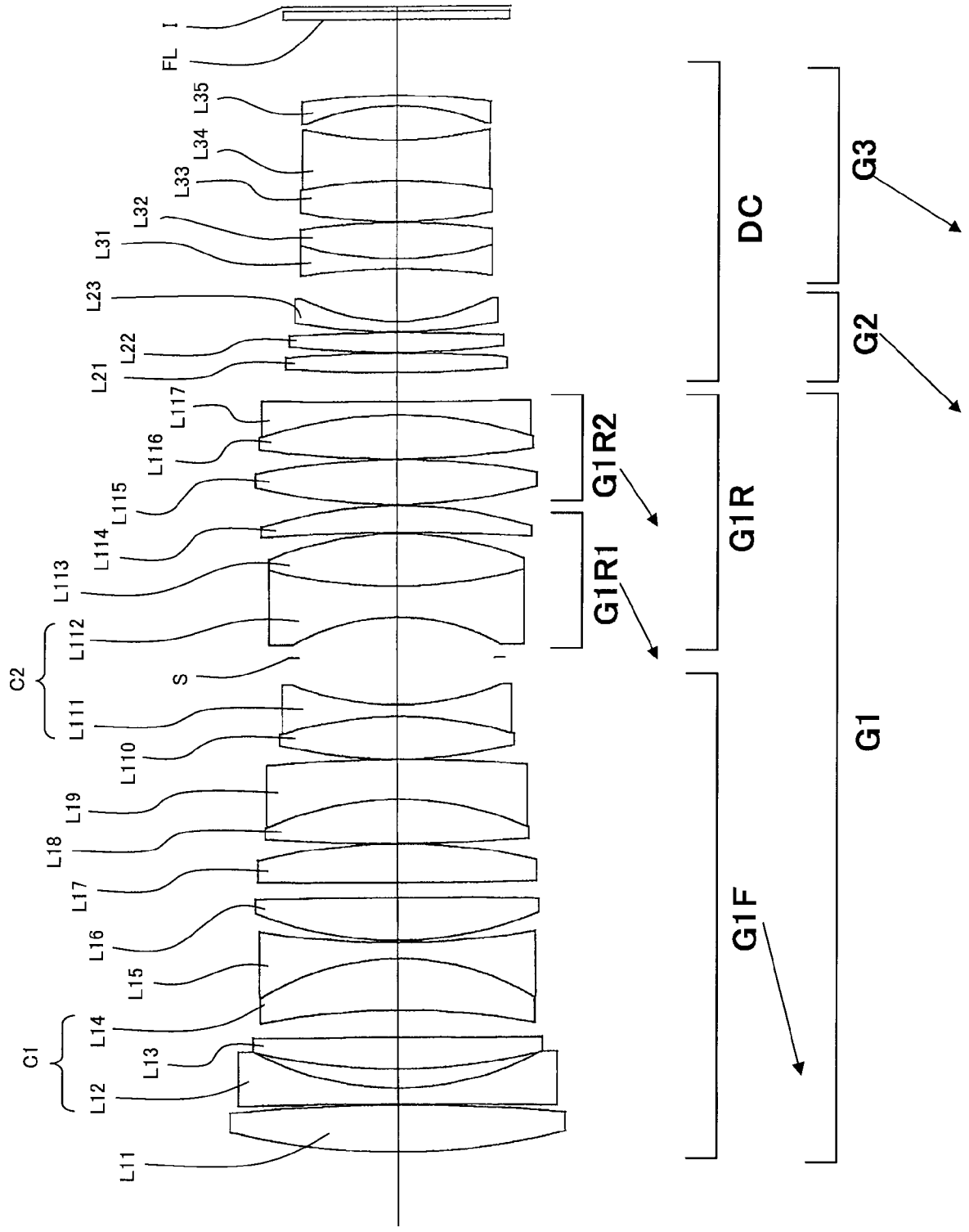

NA=0.12
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差

図８Ｂ


NA=0.13
Y=21.60
Y=21.60
1.000
1.000
2.000%
球面収差
非点収差
歪曲収差
-0.050
倍率色収差
Y=21.60
Y=15.10
Y=10.80
Y=0.0
-0.200
コマ収差

[図9]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L23
L22
L21
L117
L116
L115
L114
L113
L112
S
L111
L110
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
C1
C2
G1R2
G1R1
G1R
G1F
DC
G1
G2
G3

[図10]

図１０Ａ

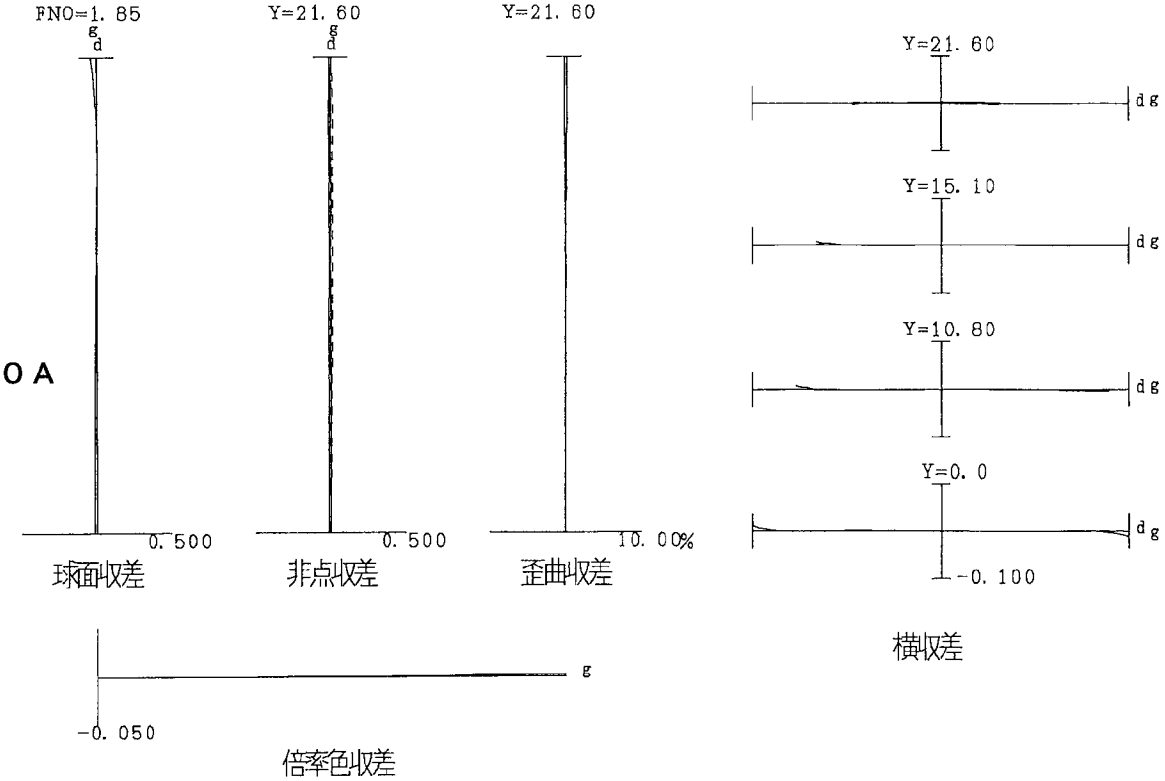
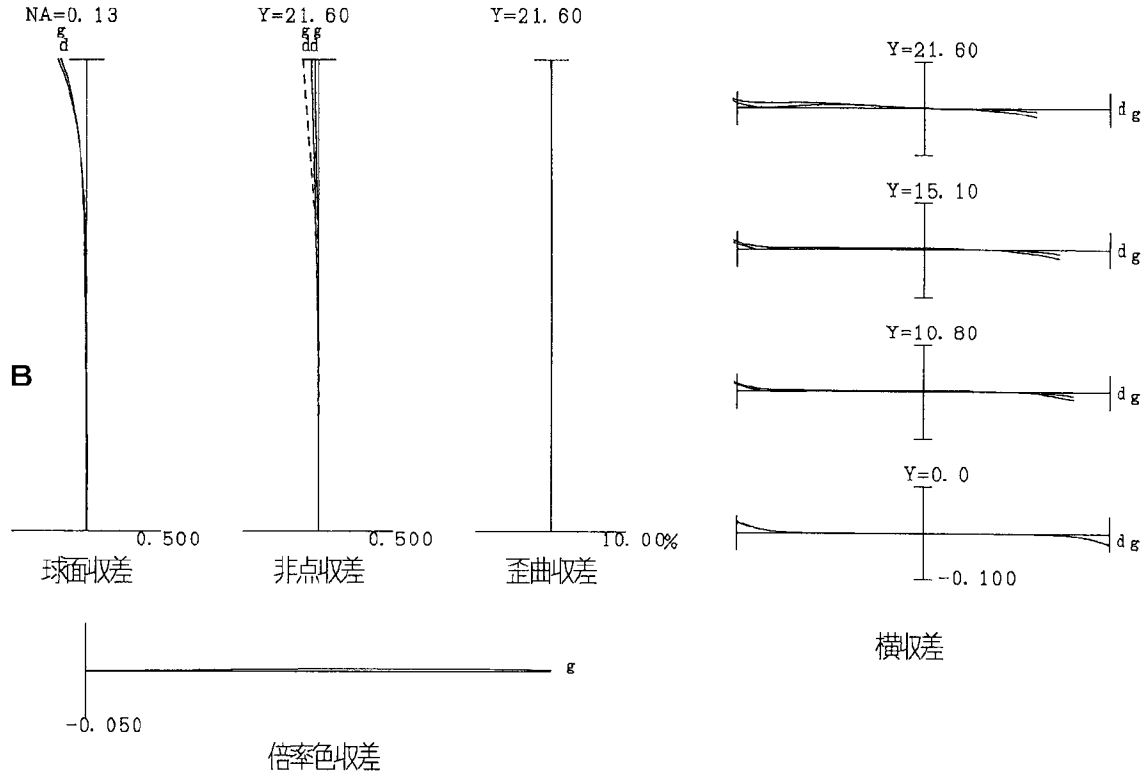


図１０Ｂ



[図11]

図１１Ａ

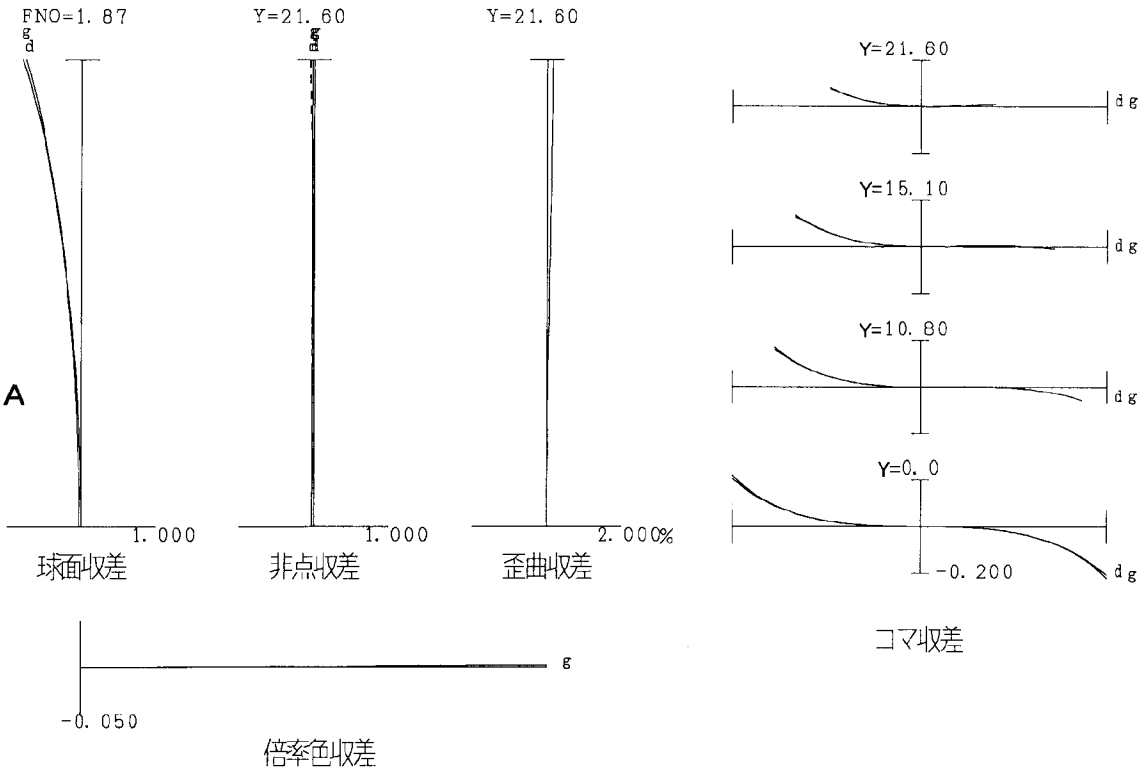
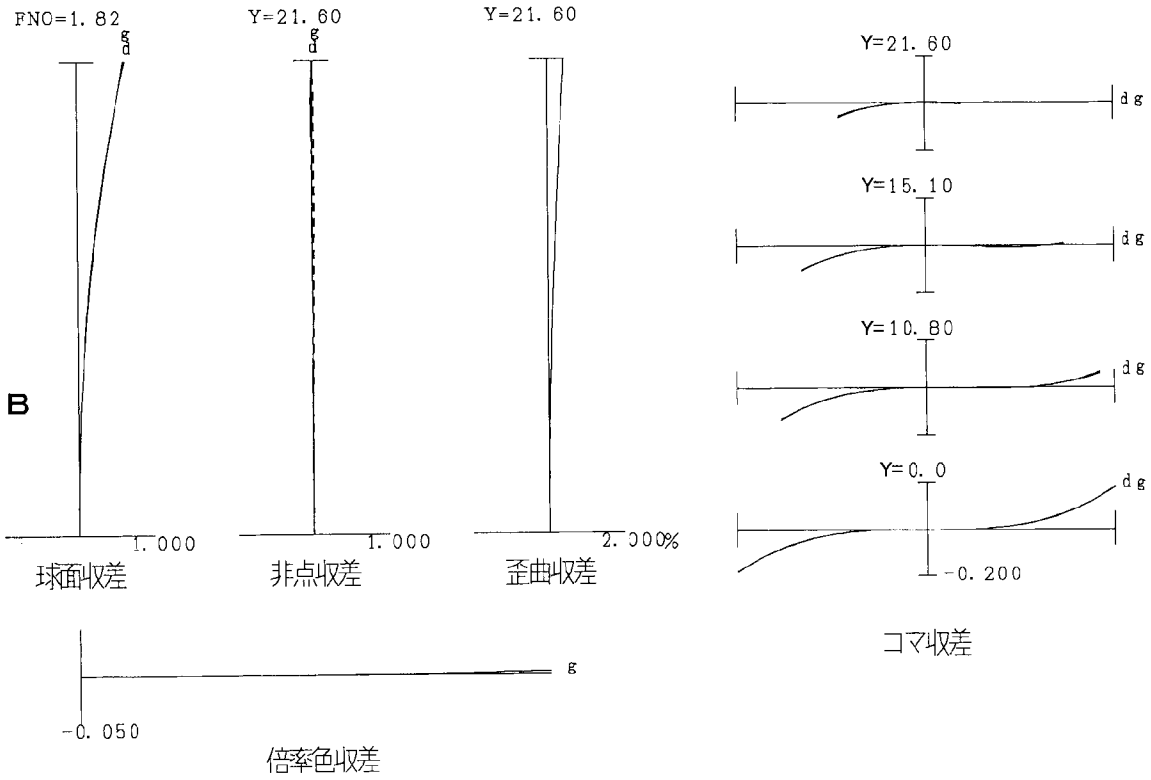


図１１Ｂ



[図12]

図１２Ａ

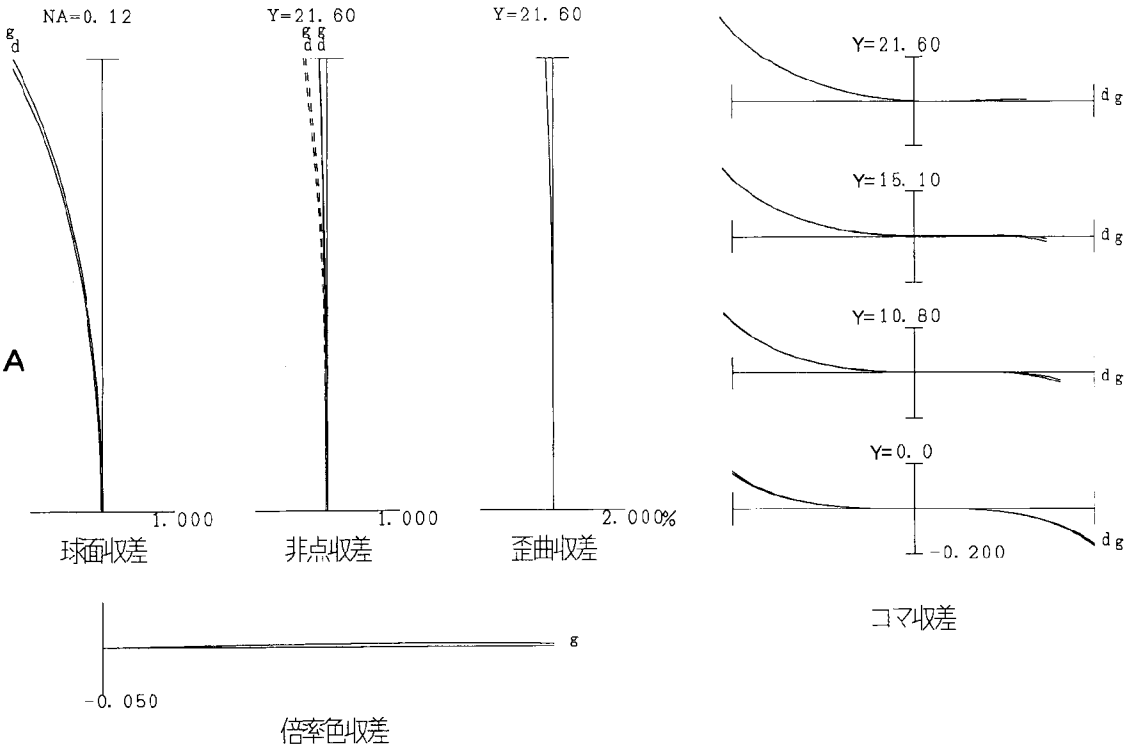
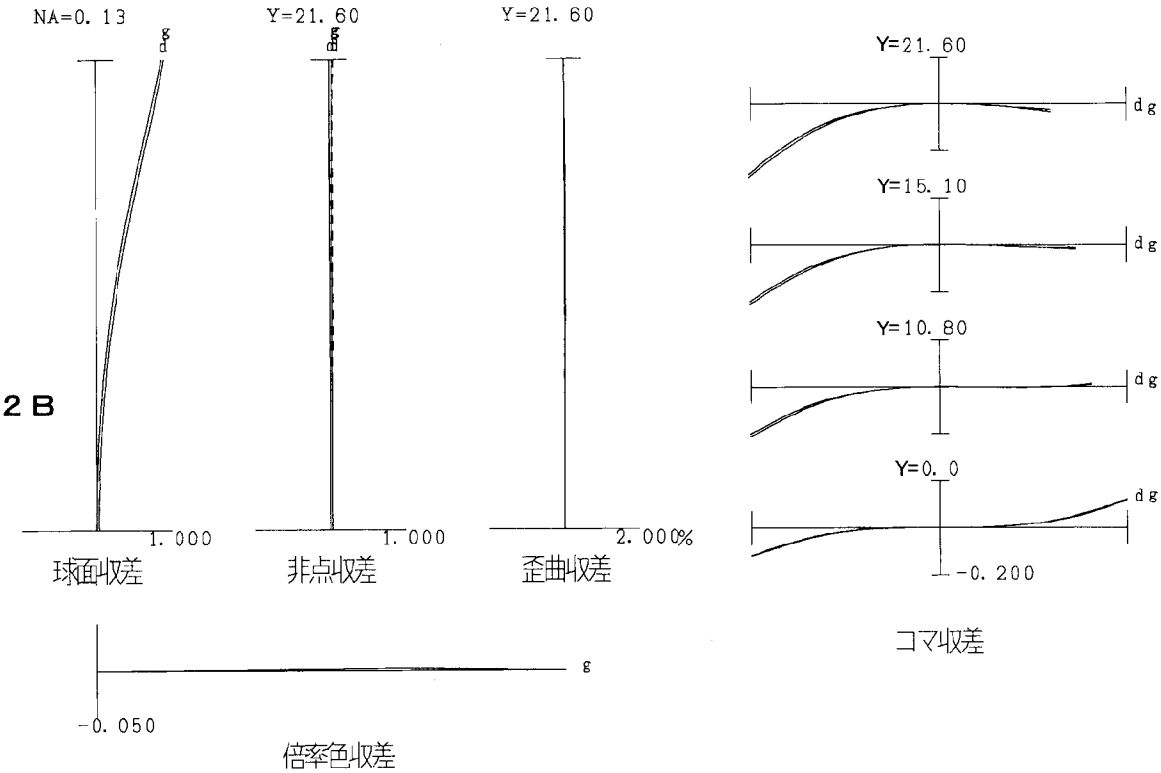
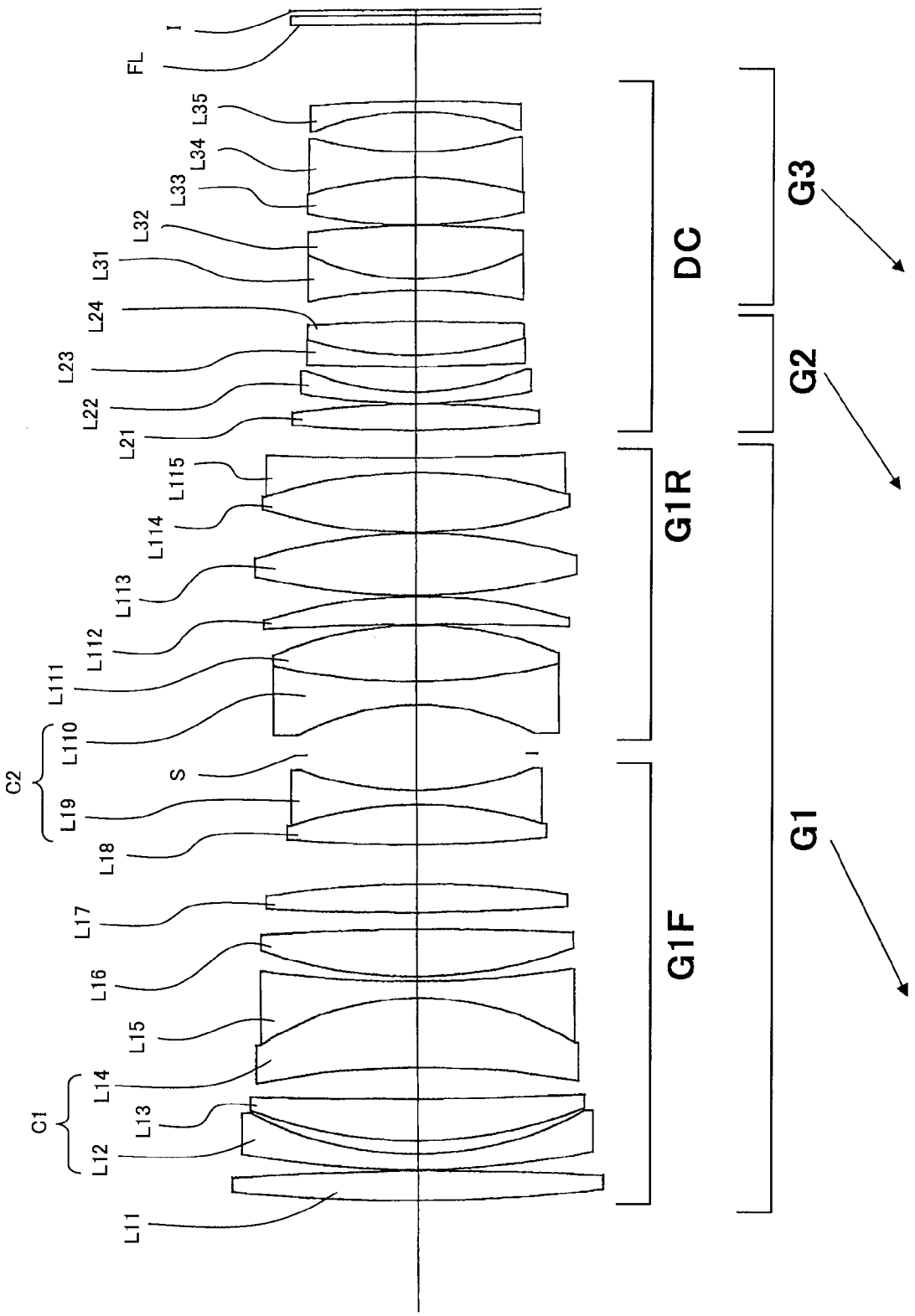


図１２Ｂ



[図13]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L115
L114
L113
L112
L111
L110
S
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
C1
C2
DC
G1R
G1F
G3
G2
G1

[図14]

図１４Ａ

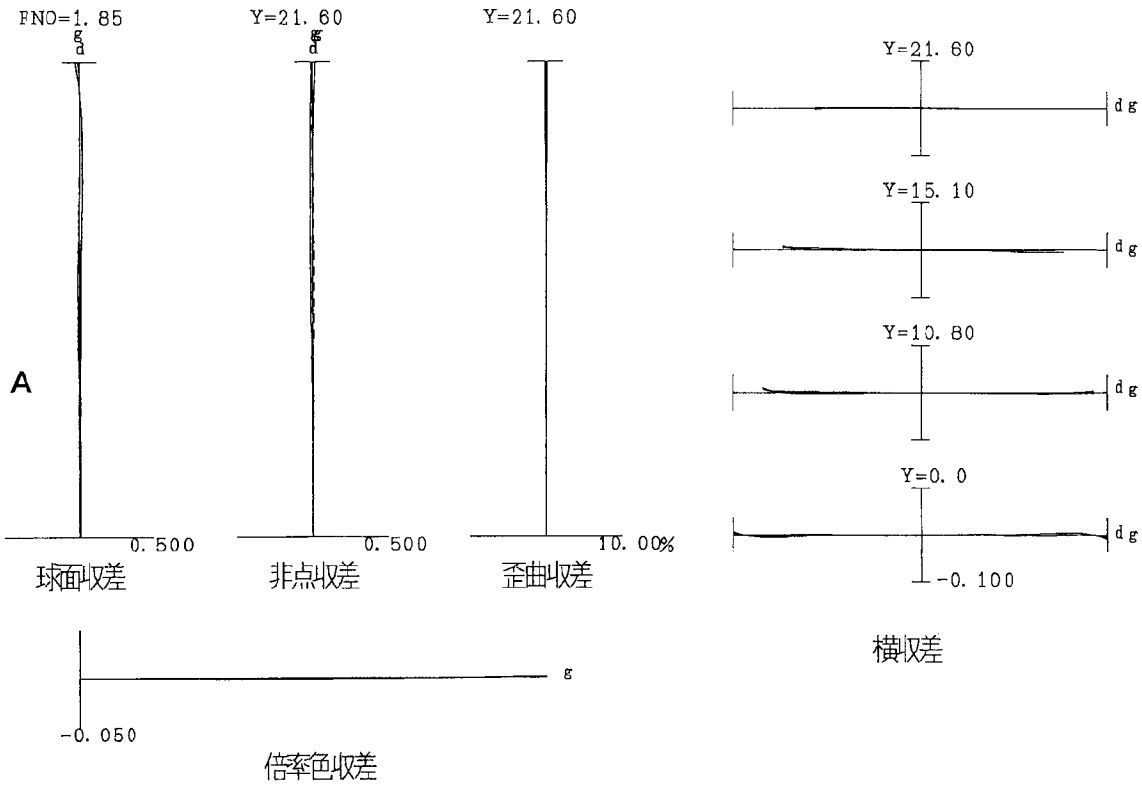
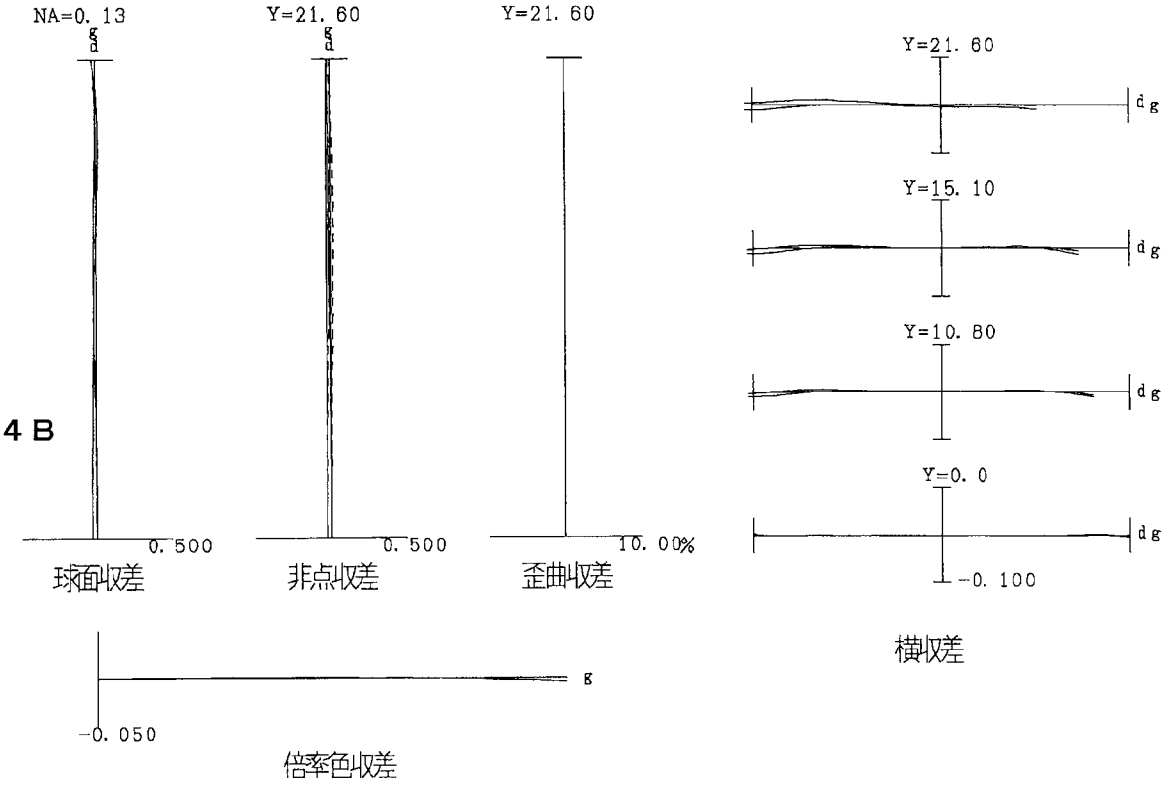


図１４Ｂ



[図15]

図１５Ａ

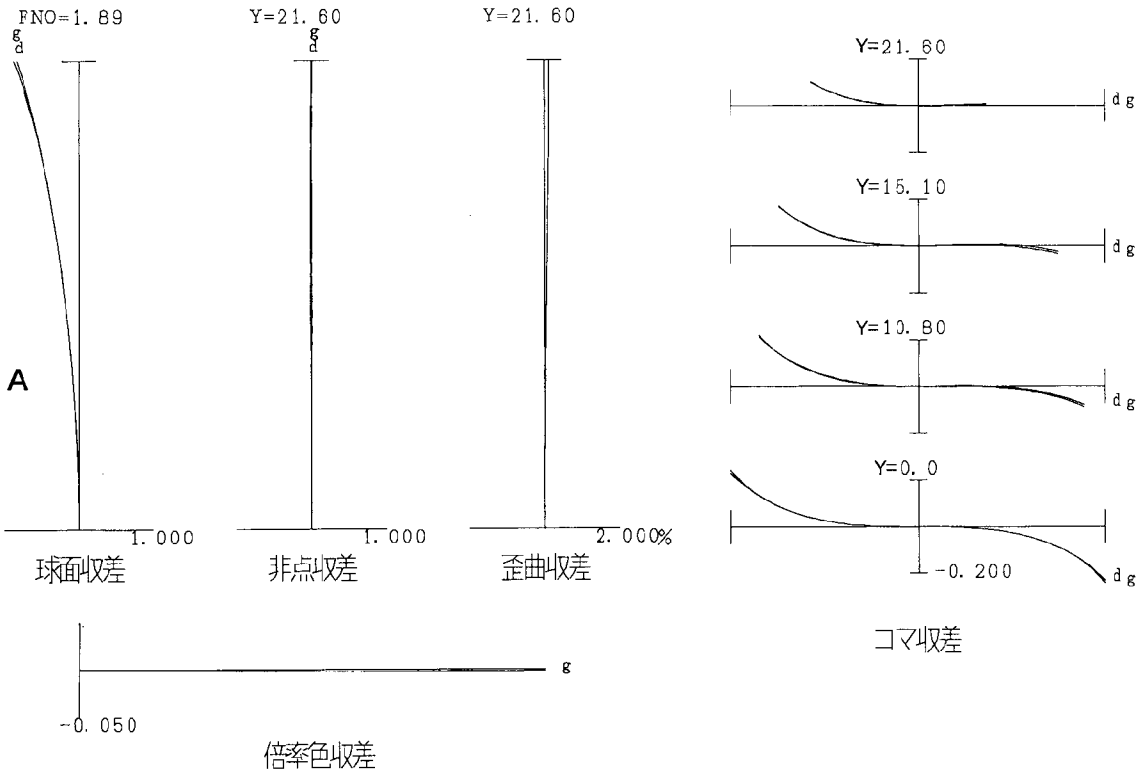
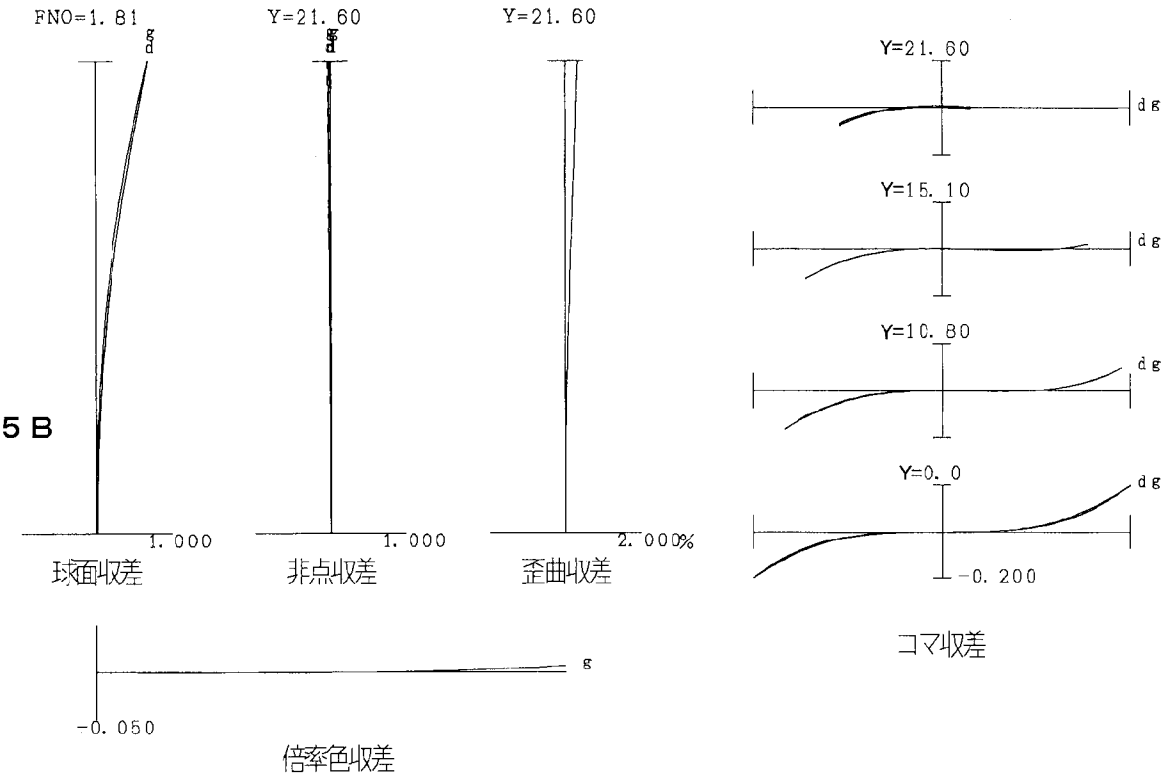


図１５Ｂ



[図16]

図１６Ａ

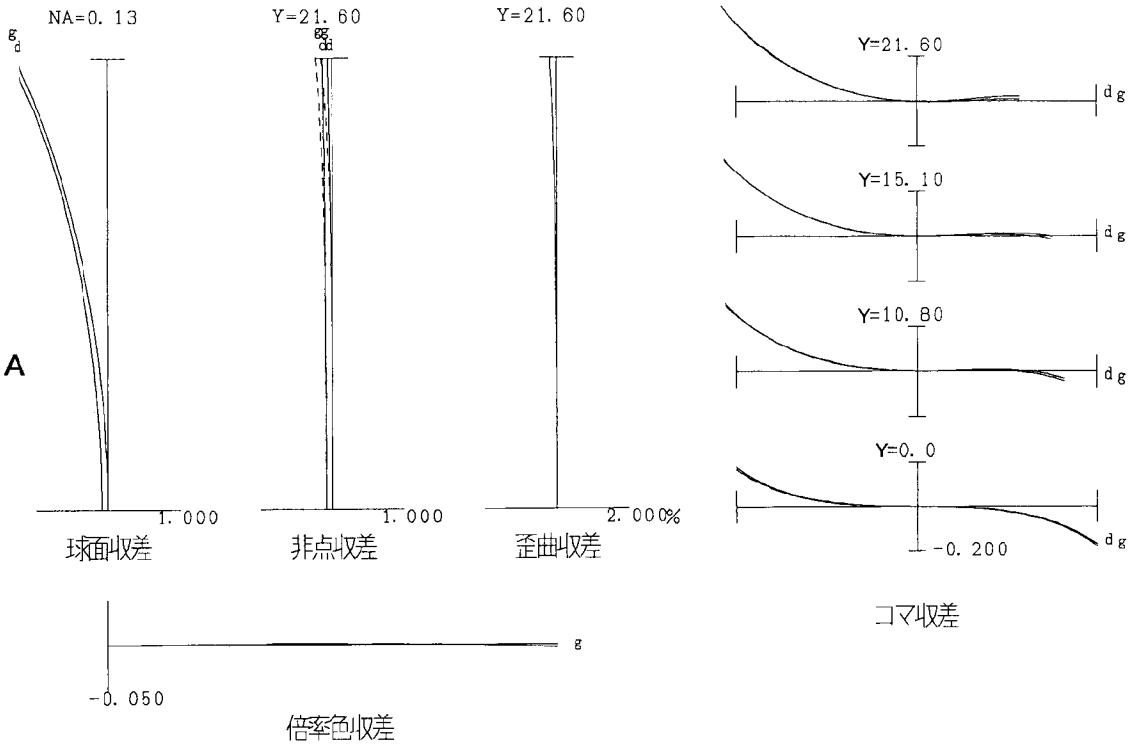
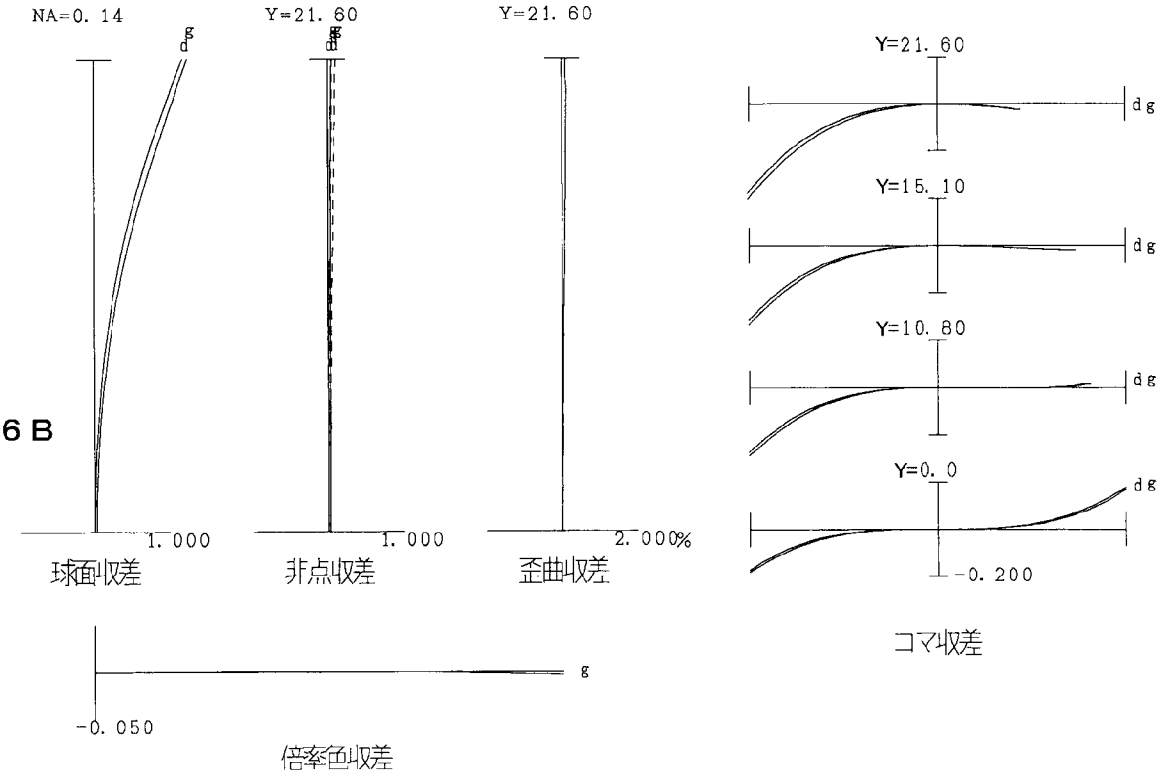
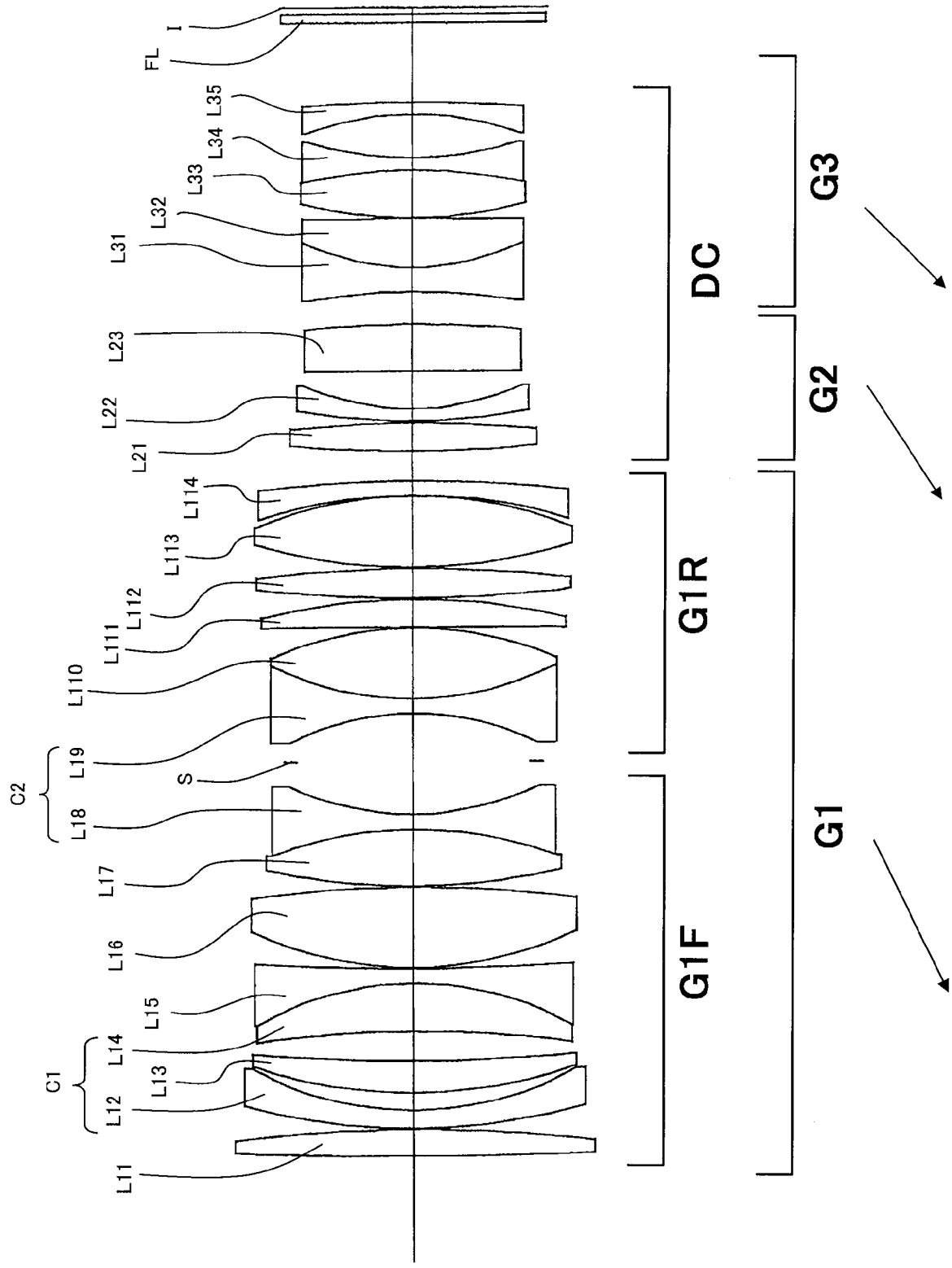


図１６Ｂ



[図17]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L23
L22
L21
L114
L113
L112
L111
L110
L19
S
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
C2
C1
G3
G2
G1
DC
G1R
G1F

[図18]

図１８Ａ

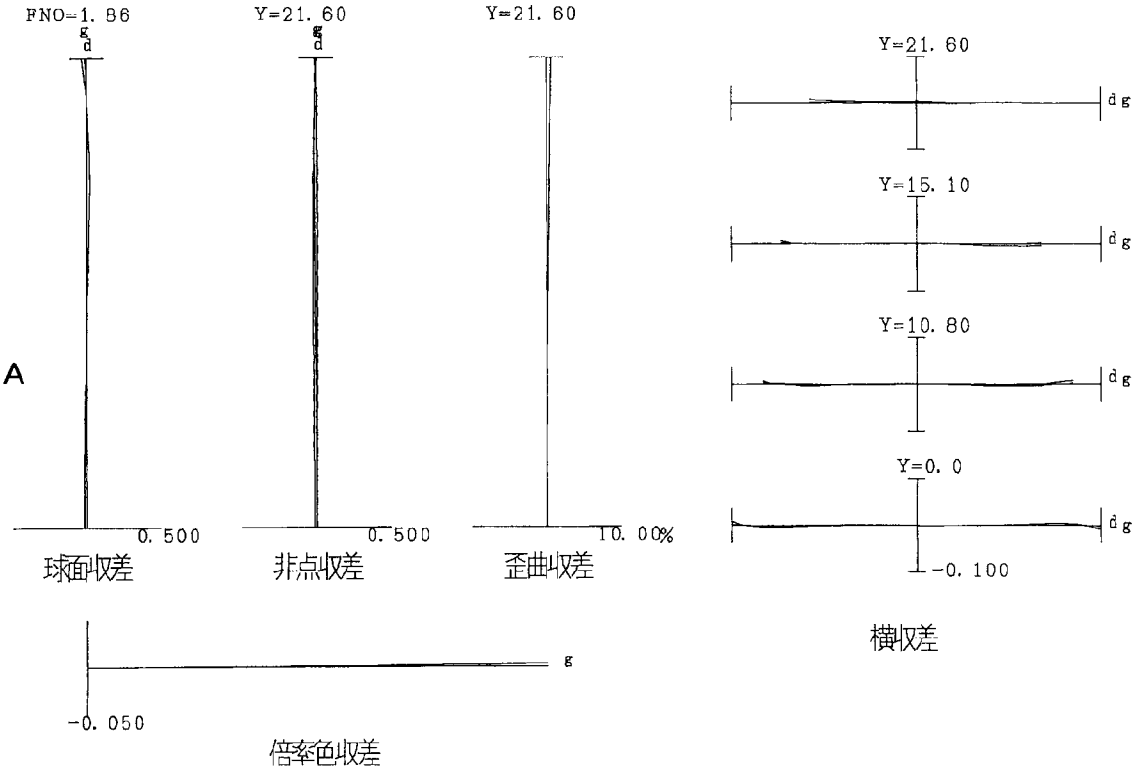
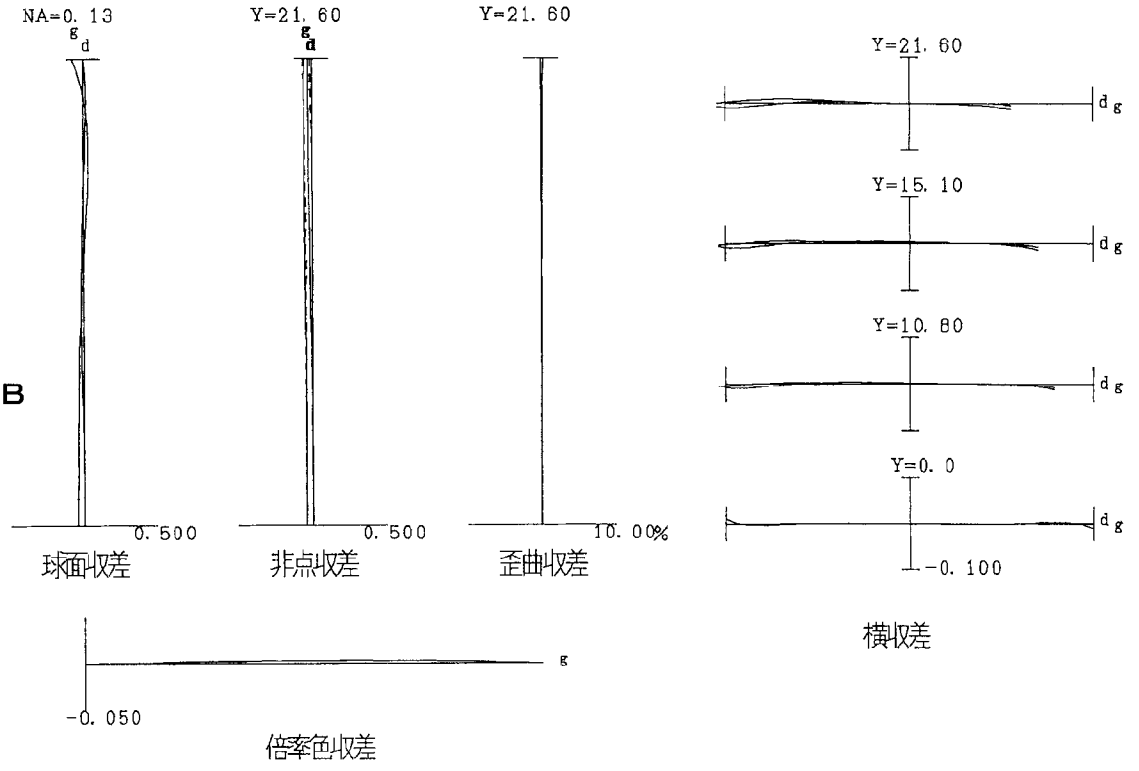


図１８Ｂ



[図19]

図１９Ａ

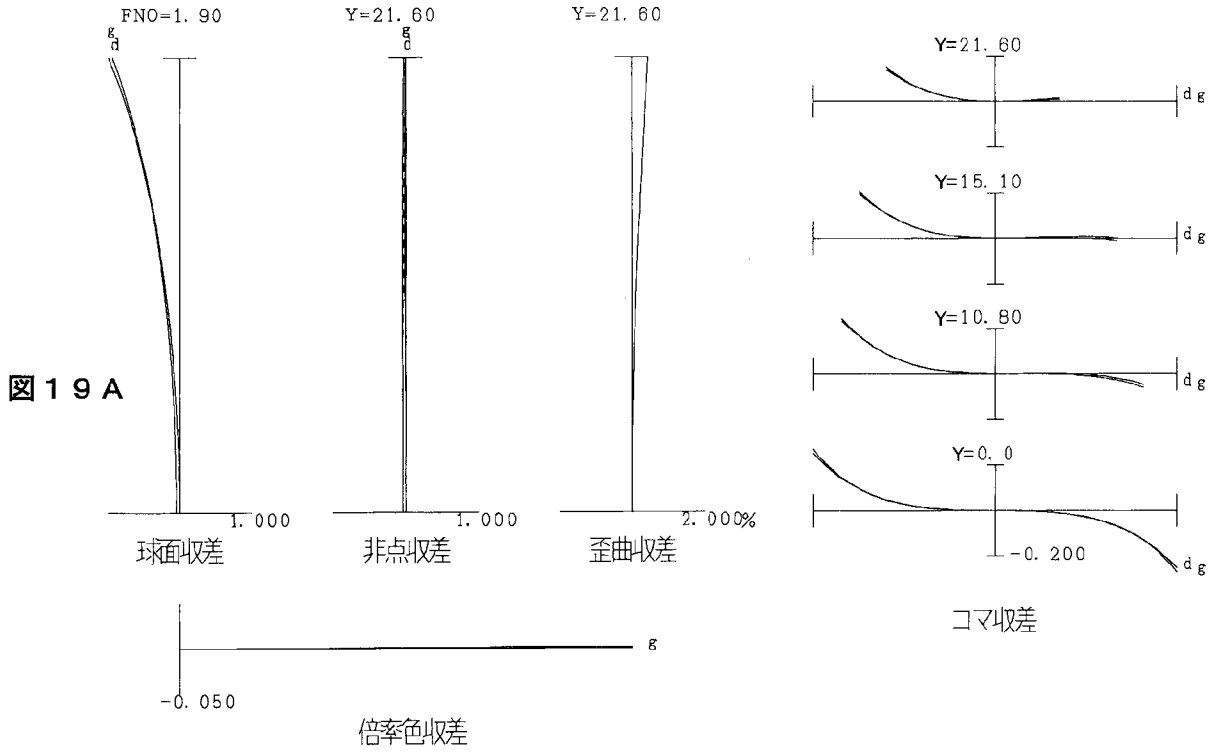
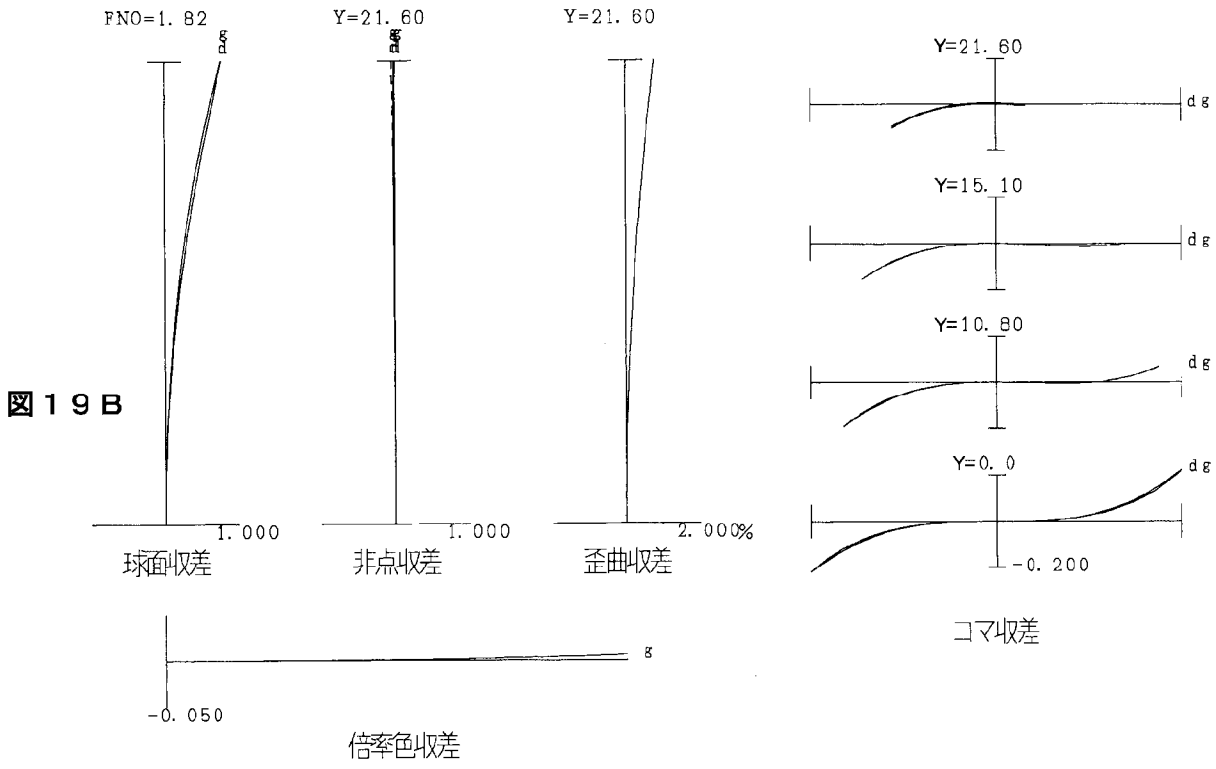


図１９Ｂ



[図20]

図２０Ａ

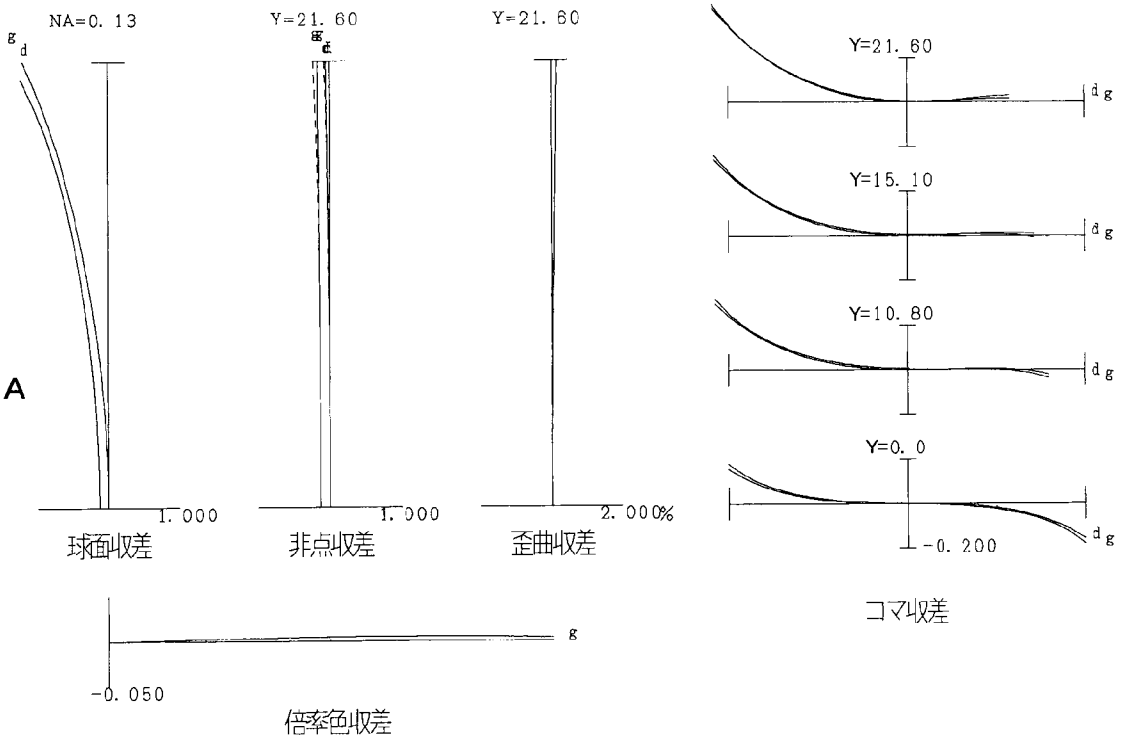
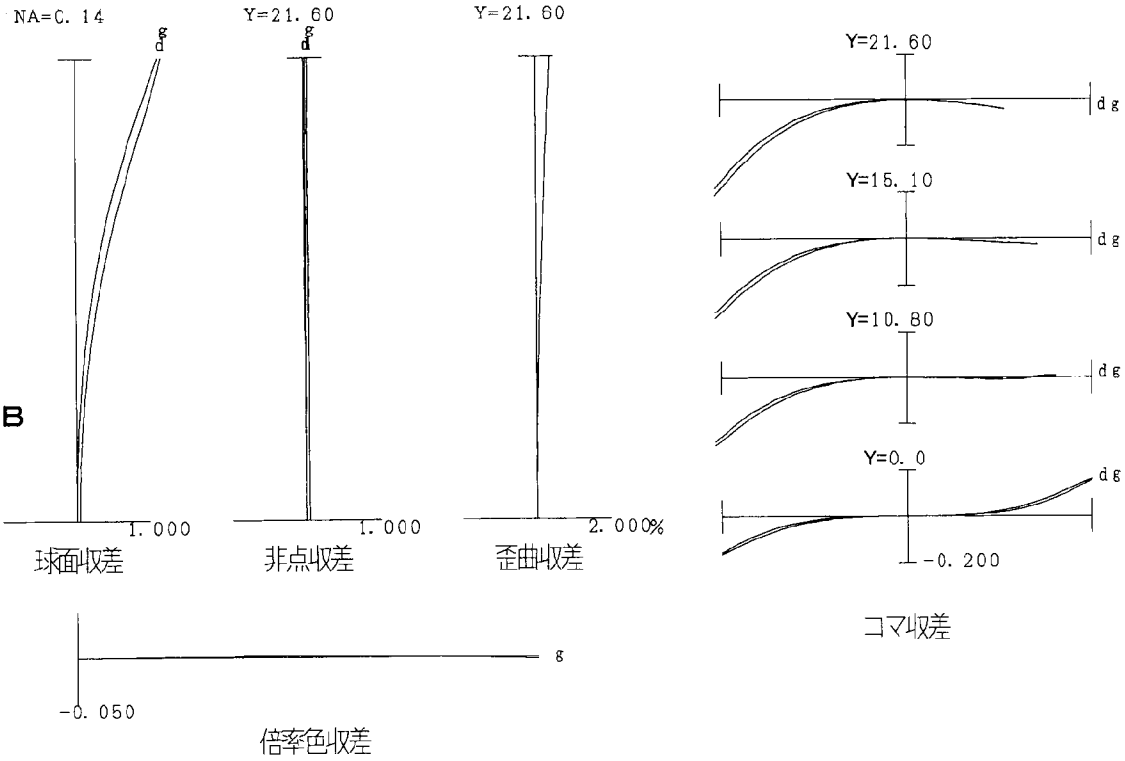
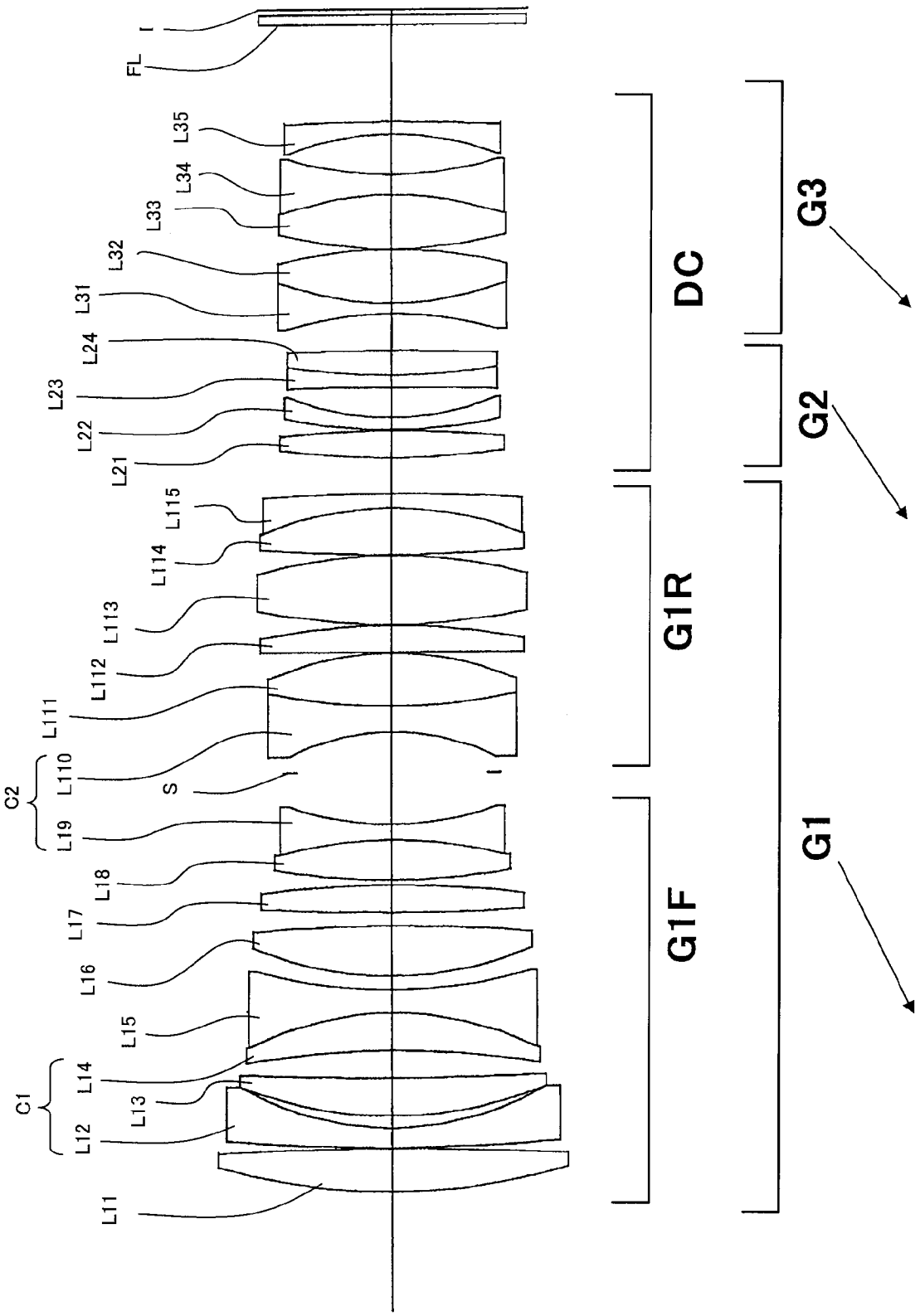


図２０Ｂ



[図21]


I
FL
L35
L34
L33
L32
L31
L24
L23
L22
L21
L115
L114
L113
L112
L111
L110
S
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
C2
C1
DC
G1R
G1F
G3
G2
G1

[図22]

図２２Ａ

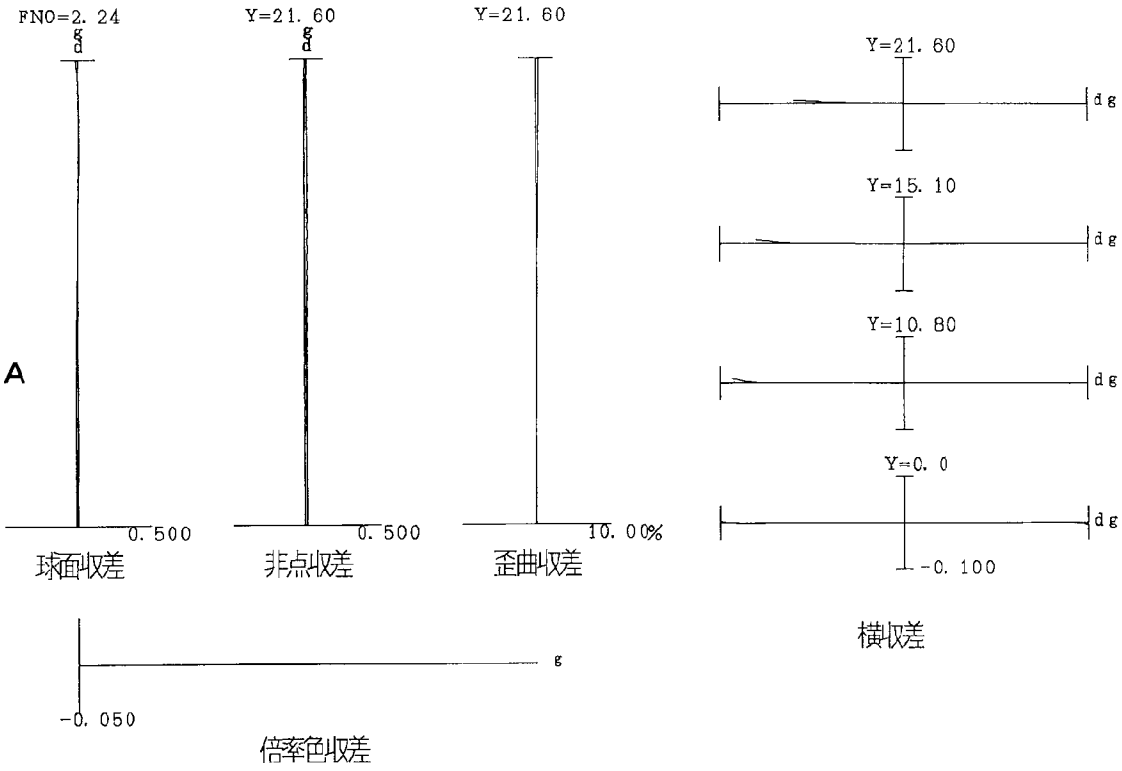
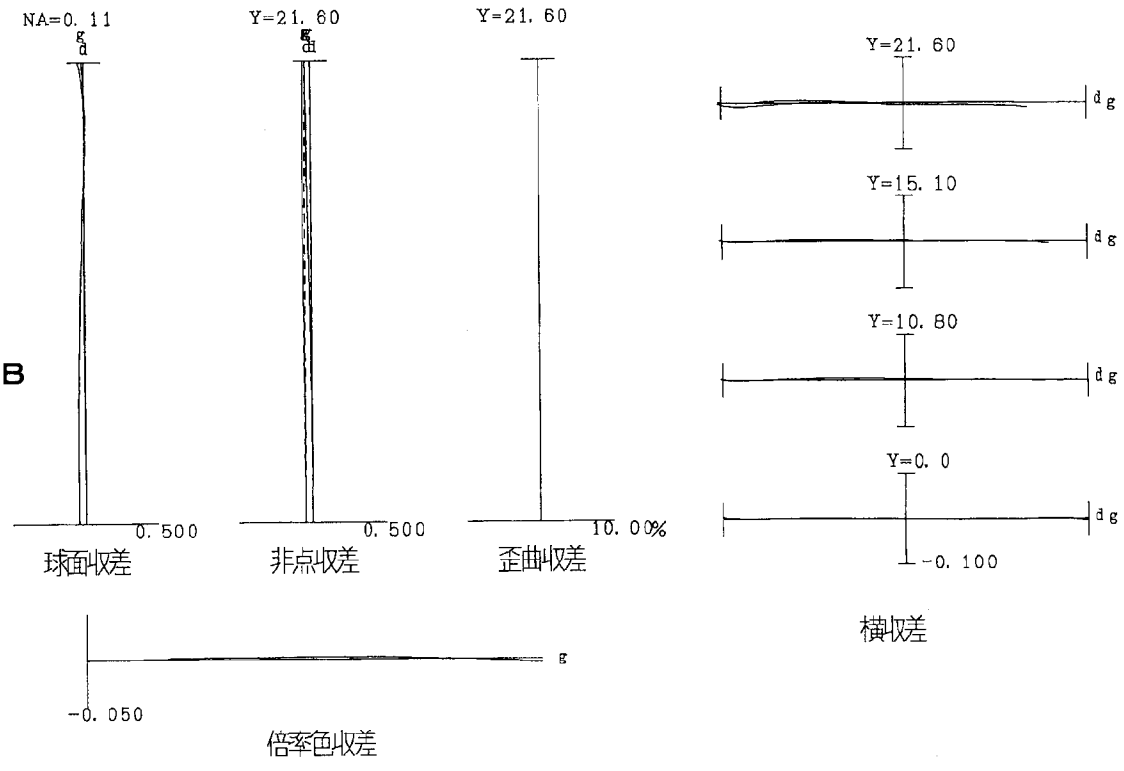


図２２Ｂ



[図23]

図２３Ａ

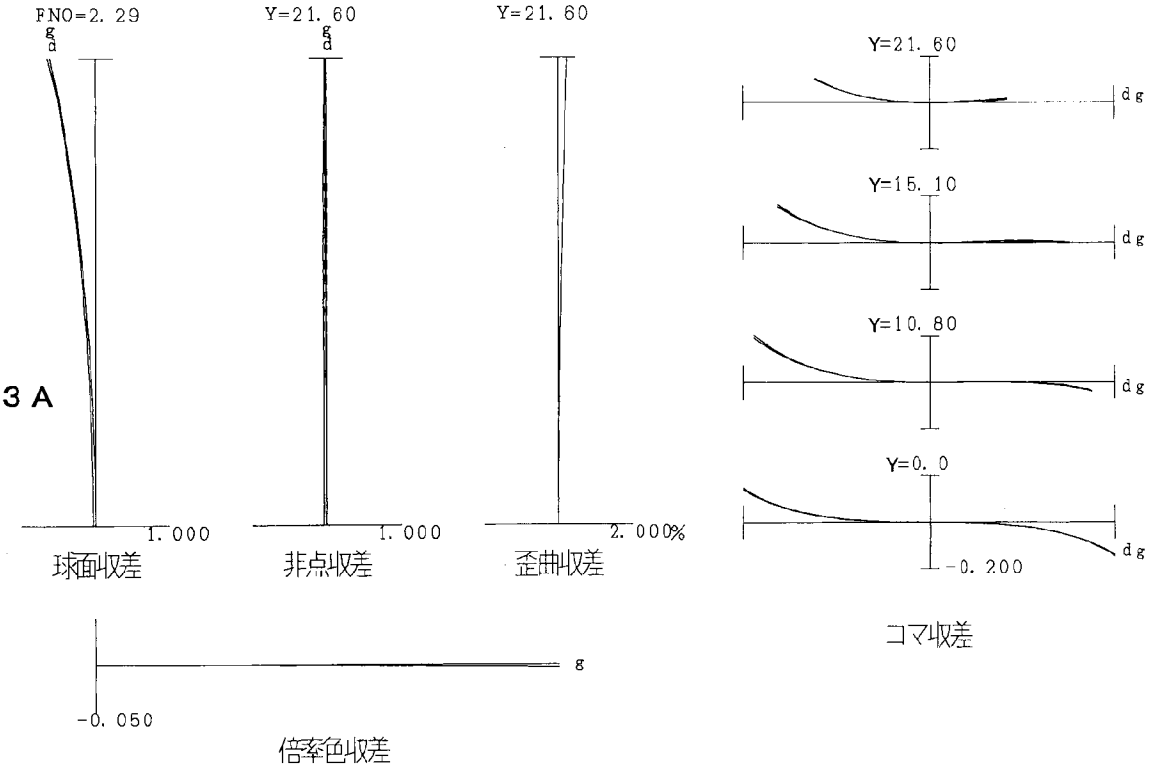
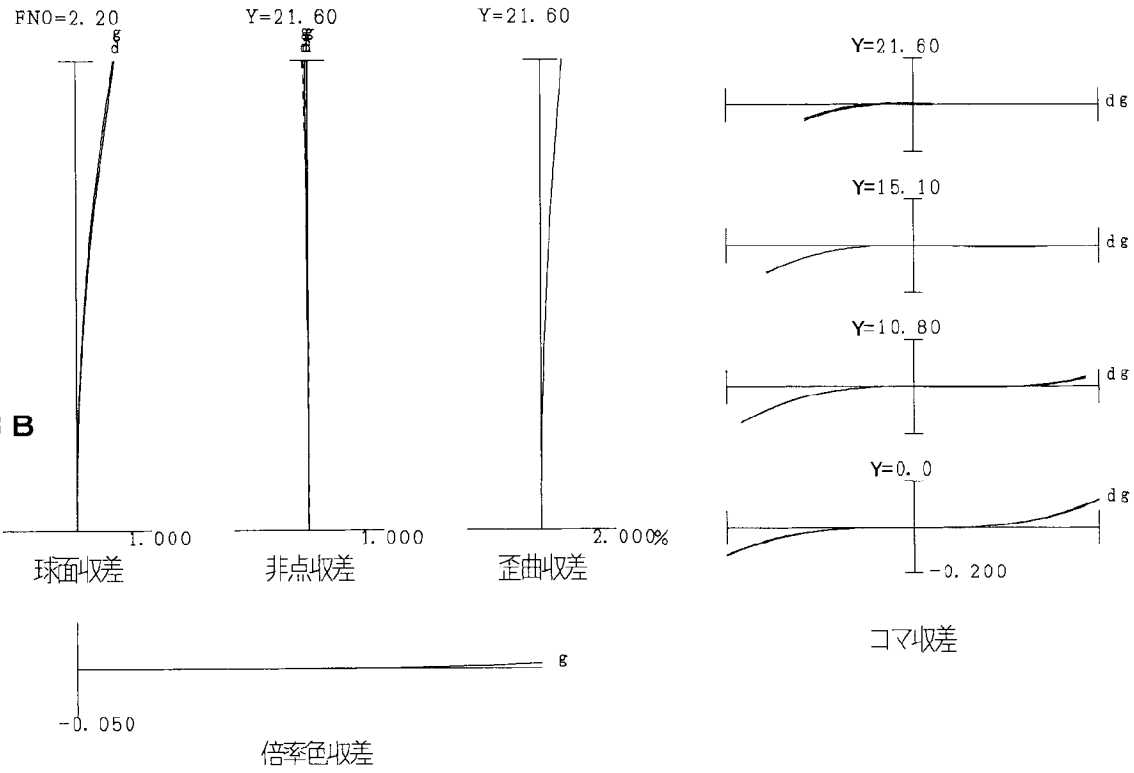


図２３Ｂ



[図24]

図２４Ａ

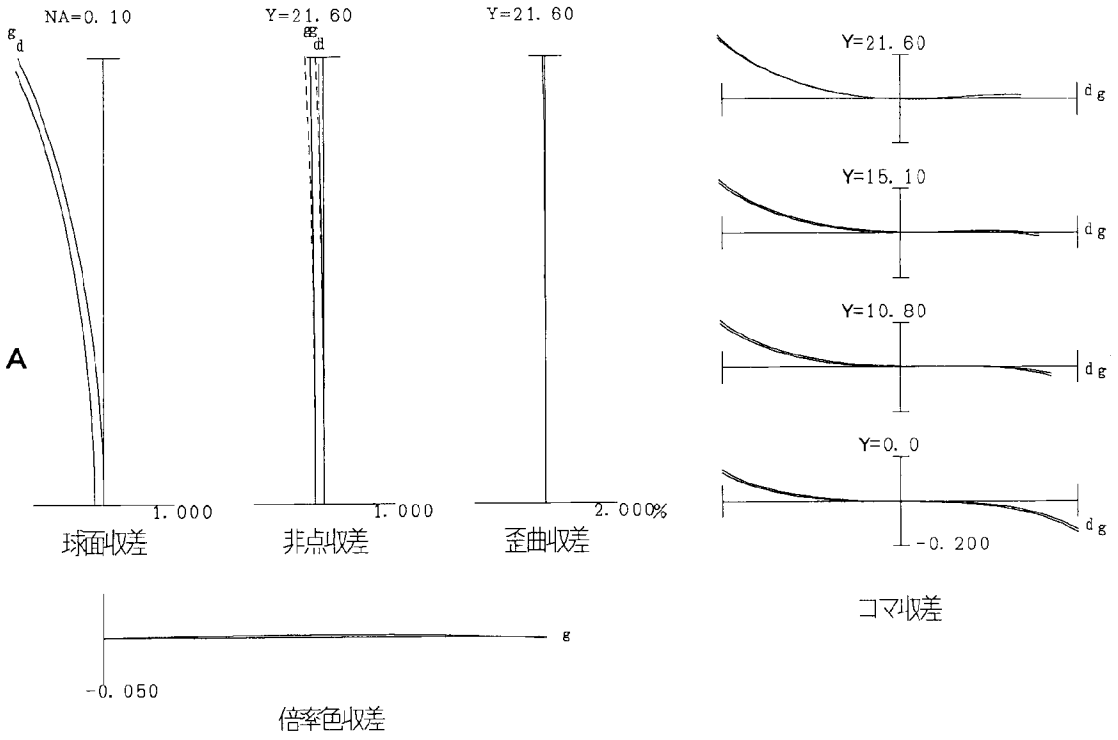
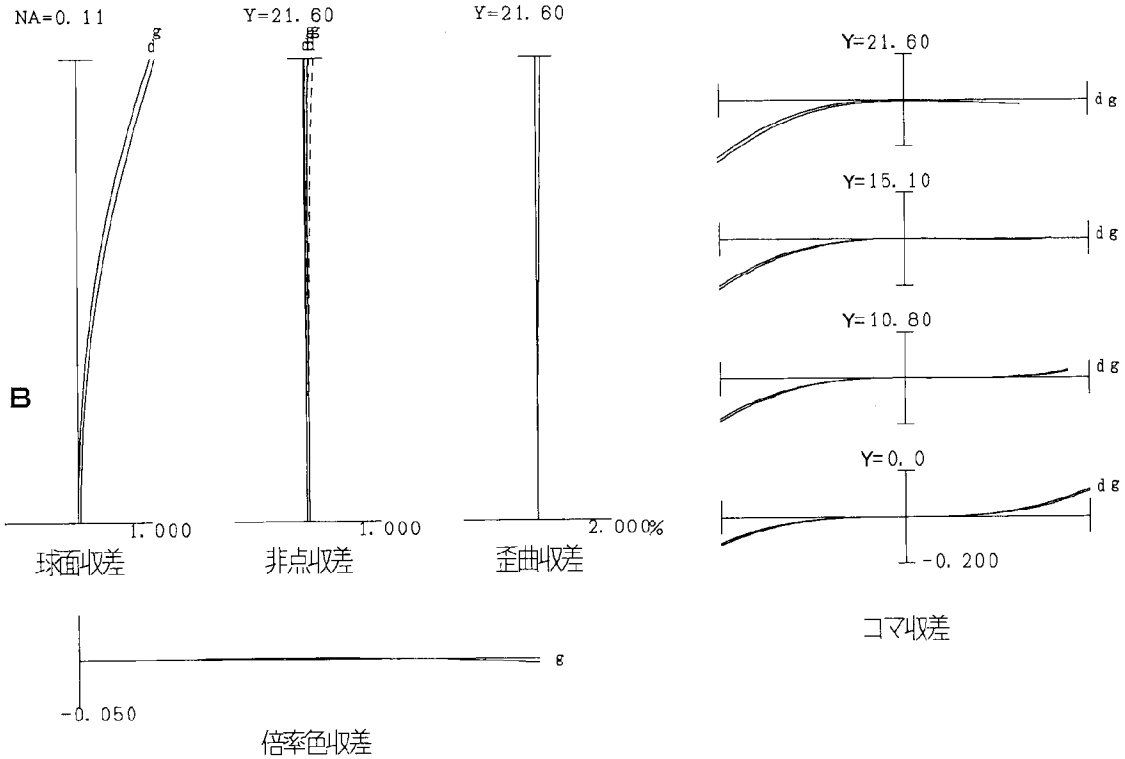
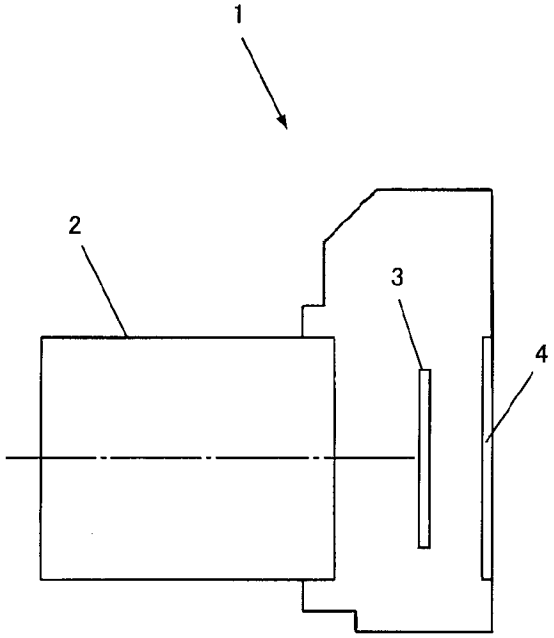


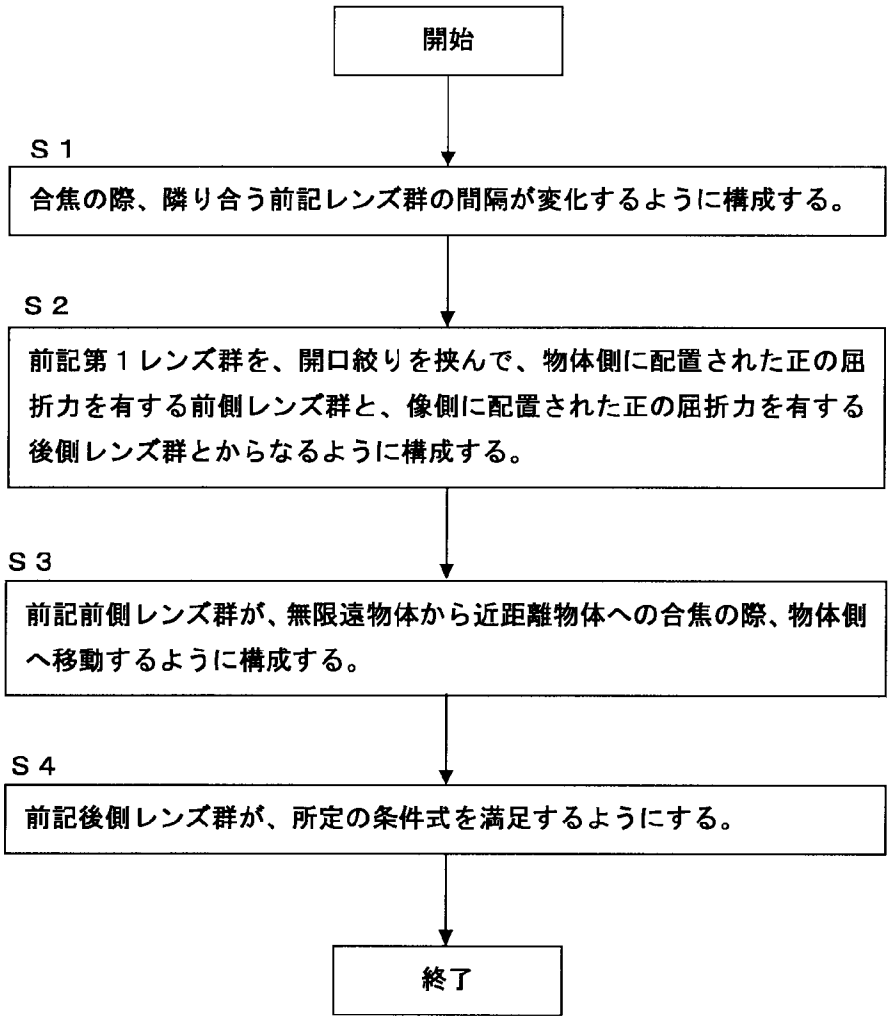
図２４Ｂ



[図25]



[図26]


開始
S１
合焦の際、隣り合う前記レンズ群の間隔が変化するように構成する。
S２
前記第１レンズ群を、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなるように構成する。
S３
前記前側レンズ群が、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動するように構成する。
S４
前記後側レンズ群が、所定の条件式を満足するようにする。
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030872

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-281892 A (CANON INC.) 15 October 1999, numerical examples 1-7 (Family: none)	1, 3, 7, 11-12, 18-19
A		2, 4-6, 8-9, 13-17
X	JP 2000-89113 A (CANON INC.) 31 March 2000, numerical examples 1-4 (Family: none)	1, 3, 11-12, 18-19
A		2, 4-9, 13-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 October 2019 (29.10.2019)	12 November 2019 (12.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030872

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2012-185263 A (NIKON CORP.) 27 September 2012, example 6 (Family: none)	1, 3, 5, 11, 18-19 2, 4, 6-9, 12-17
X A	JP 2013-250294 A (NIKON CORP.) 12 December 2013, example 1 (Family: none)	8-9, 12, 18 11
X A	JP 9-218346 A (MINOLTA CO., LTD.) 19 August 1997, example 3 & US 2002/0005851 A1, example 3 & US 6512633 B2 & EP 789259 A2	8-9, 18 11-12
X A	JP 2010-145830 A (CANON INC.) 01 July 2010, numerical examples 1-3 & US 2010/0157445 A1, numerical examples 1-3 & US 7864451 B2	8, 11, 18 9, 12
X A	JP 2013-104994 A (SIGMA CORPORATION) 30 May 2013, examples 1-5 (Family: none)	8, 11, 18 9, 12
X A	JP 56-107210 A (NIPPON KOGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 26 August 1981, example 4 & US 4392724 A, example 4	8, 11, 18 9, 12
X A	JP 2013-238827 A (CANON INC.) 28 November 2013, numerical examples 1-3 & US 2013/0308041 A1, numerical examples 1-3 & US 9036265 B2 & EP 2664955 A2 & EP 2664955 B1 & CN 103424849 A & CN 103424849 B & JP 5409841 B2	8, 12, 18 9, 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030872

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 10
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
See extra sheet

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030872

<Continuation of Box No. II>

Regarding the feature in claim 10 of "f1: a composite focal length of all lens components from a lens component located closest to an object side to a negative lens component located at the second position from the object side in the entire optical system," the feature in which the optical system has the negative lens component located at the second position from the object side is not specified in the previous feature in claim 10 and claims 1-2 and 8 referred to by claim 10, and thus the invention in claim 10 including the f1 cannot be clearly understood.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030872

<Continuation of Box No. III>

(Invention 1) Claims 1, 3-7, and 11-19 (in claims 3-7 and 11-18, parts dependent on claim 1)

Document 1 (JP 11-281892 A (CANON INC.) 15 October 1999, numerical examples 1-7 (Family: none)) discloses an optical system expected to satisfy features in claims 1 and 3. Thus, claims 1-3 lack novelty in light of document 1, and thus do not have a special technical feature.

However, claim 4 dependent on claim 1 has the special technical feature in which "the rear-side lens group has at least two negative lenses and at least two positive lenses," and claims 5-7 and 11-18 also have the same technical feature as claim 4. Thus, claims 1, 3-7, and 11-19 are classified as invention 1.

Also, claim 19 is substantially identical or equivalent to claim 1, and is thus classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 2-7 and 11-18 (in claims 3-7 and 11-18, parts dependent on claim 2)

It cannot be said that claim 2 has a technical feature identical or corresponding to that of claim 4 classified as invention 1.

Also, claims 2-7 and 11-18 are not dependent on claim 1. In addition, claims 2-7 and 11-18 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1.

Thus, claims 2-7 and 11-18 cannot be classified as invention 1.

Also, claim 2 has the special technical feature of an "optical system composed of

a lens group that has a first lens group having positive refractive power and a plurality of subsequent lens groups in this order from an object side,

wherein, a distance between the neighboring lens groups changes when focusing,

the first lens group is composed of a front-side lens group having positive refractive power and disposed on the object side and a rear-side lens group having positive refractive power and disposed on an image side, with an aperture diaphragm therebetween,

the front-side lens group moves to the object side when focusing from an infinity object toward a short-distance object, and

the front-side lens group additionally satisfies the following conditional equation

$0.10<\{h(max)-h(min)\}/\{h(1)-h(min)\}$

where, h(1) is the height of a marginal ray when focusing the infinity object on a lens surface closest to an object side in the front-side lens group, each of m and n is an integer of 2 or more satisfying m<n, and when h(m) and h(n) are the heights of the marginal rays on the surfaces of lenses located at m-th and n-th positions from the lens surface closest to the object side, h(min) is the minimum h(m), and h(max) is the maximum h(n) among the heights of the marginal rays satisfying h(1)>h(m) and h(m)<h(n),"
and are thus classified as invention 2.

(Invention 3) Claims 8-9, 11-12, and 18 (in claims 11-12 and 18, parts dependent on claim 8)

It cannot be said that claim 8 has a special technical feature identical or corresponding to that of claim 4 classified as invention 1 or claim 2 classified as invention 2.

Also, claims 8-9, 11-12, and 18 are not dependent on either claim 1 classified as invention 1 or claim 2 classified as invention 2. In addition, claims 8-9, 11-12, and 18 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1 or invention 2.

Thus, claims 8-9, 11-12, and 18 cannot be classified as either invention 1 or invention 2.

Also, claim 8 has the special technical feature of an "optical system having

a first pair of a lens set with concave surfaces facing each other and a second pair of a lens set with concave surfaces facing each other in this order from an object side,

at least one positive lens between the first pair and the second pair,

at least one positive lens on an object side of the first pair, and

at least four positive lenses on an image side of the second pair,

wherein, the optical system uses three types or more of glass materials," and is thus classified as invention 3.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３０８７２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B13/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 11-281892 A（キヤノン株式会社）1999.10.15, 数値実施例 1-7 (ファミリーなし)	1,3,7,11-12,18-19
A		2,4-6,8-9,13-17
X	JP 2000-89113 A（キヤノン株式会社）2000.03.31, 数値実施例 1-4 (ファミリーなし)	1,3,11-12,18-19
A		2,4-9,13-17

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２９．１０．２０１９	１２．１１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｖ　９２２２
森内　正明
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	JP 2012-185263 A (株式会社ニコン) 2012.09.27, 第6実施例 (ファミリーなし)	1,3,5,11,18-19 2,4,6-9,12-17
X A	JP 2013-250294 A (株式会社ニコン) 2013.12.12, 第1実施例 (ファミリーなし)	8-9,12,18 11
X A	JP 9-218346 A (ミノルタ株式会社) 1997.08.19, 実施例3 & US 2002/0005851 A1、実施例3 & US 6512633 B2 & EP 789259 A2	8-9,18 11-12
X A	JP 2010-145830 A (キヤノン株式会社) 2010.07.01, 数値実施例1-3 & US 2010/0157445 A1、数値実施例1-3 & US 7864451 B2	8,11,18 9,12
X A	JP 2013-104994 A (株式会社シグマ) 2013.05.30, 実施例1-5 (ファミリーなし)	8,11,18 9,12
X A	JP 56-107210 A (日本光学工業株式会社) 1981.08.26, 第4実施例 & US 4392724 A、第4実施例	8,11,18 9,12
X A	JP 2013-238827 A (キヤノン株式会社) 2013.11.28, 数値実施例1-3 & US 2013/0308041 A1、数値実施例1-3 & US 9036265 B2 & EP 2664955 A2 & EP 2664955 B1 & CN 103424849 A & CN 103424849 B & JP 5409841 B2	8,12,18 9,11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３０８７２

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項＿＿＿＿＿＿＿＿は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☑ 請求項　１０　は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
特別ページ第II欄の続きを参照。

３．☐ 請求項＿＿＿＿＿＿＿＿は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。
特別ページ第III欄の続きを参照。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

第II欄の続き

請求項１０に「ｆ１：前記光学系全系のうち、最も物体側のレンズ成分から、物体側から２つ目の負レンズ成分までの全てのレンズ成分の合成焦点距離」という記載が、請求項１０の従前の記載や従属元の請求項である請求項1-2,8には、光学系が物体側から２つ目の負レンス成分を有することは特定しておらず、前記ｆ１を含む請求項１０に係る発明を明確に把握することはできない。

第 III 欄の続き

（発明１）請求項１、３－７、１１－１９（請求項３－７、１１－１８は、請求項１に従属する部分）
文献１（JP 11-281892 A（キヤノン株式会社）1999.10.15, 数値実施例 1-7（ファミリーなし））には、請求項１、３に記載の事項を満たすと推定される光学系が記載されており、請求項１－３は、文献１に対して新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。
しかしながら、請求項１の従属請求項である請求項４は、「前記後側レンズ群は、少なくとも２つの負レンズと少なくとも２つの正レンズとを有する」という特別な技術的特徴を有しており、請求項５－７、１１－１８も、請求項４と同一の技術的特徴を有している。したがって、請求項1、３－７、１１－１９を発明１に区分する。
さらに、請求項１９は請求項１と実質同一又はそれに準ずる関係にあるので、発明１ に区分する。

（発明２）請求項２－７、１１－１８（請求項３－７、１１－１８は、請求項２に従属する部分）
請求項２は、発明１に区分された請求項４と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項２－７、１１－１８は、請求項１の従属請求項でもない。さらに、請求項２－７、１１－１８は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって、請求項２－７、１１－１８は発明１に区分できない。
そして、請求項２は、
「物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、複数の後続レンズ群とからなり、
合焦の際、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、開口絞りを挟んで、物体側に配置された正の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、
前記前側レンズ群は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、物体側へ移動し、
前記前側レンズ群はさらに、前記前側レンズ群の最も物体側のレンズ面における無限遠物体合焦時のマージナル光線高さをｈ（１）とし、ｍおよびｎをｍ＜ｎを満たす２以上の整数とし、前記最も物体側のレンズ面から数えて第ｍ番目および第ｎ番目のレンズ面における前記マージナル光線高さをそれぞれｈ（ｍ）およびｈ（ｎ）としたとき、ｈ（１）＞ｈ（ｍ）かつｈ（ｍ）＜ｈ（ｎ）を満たす前記マージナル光線高さのうち、最も低いｈ（ｍ）をｈ（ｍｉｎ）とし、最も高いｈ（ｎ）をｈ（ｍａｘ）としたとき、以下の条件式
０．１０＜｛ｈ（ｍａｘ）－ｈ（ｍｉｎ）｝／｛ｈ（１）－ｈ（ｍｉｎ）｝
を満足する、光学系」という特別な技術的特徴を有しているので、発明２に区分する。

次ページの特別ページ、第 III 欄の続きを参照。

第 III 欄の続き

（発明３）請求項８－９、１１－１２、１８（請求項１１－１２、１８は請求項８に従属する部分）

請求項８は、発明１に区分された請求項４又は発明２に区分された請求項２と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項８－９、１１－１２、１８は、発明１に区分された請求項１又は発明２に区分された請求項２のいずれの従属請求項でない。さらに、請求項８－９、１１－１２、１８は、発明１又は発明２に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項８－９、１１－１２、１８は発明１及び発明２のいずれにも区分できない。

そして、請求項８は、

「物体側から順に、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第１の組と、互いに凹面を向かい合わせたレンズの組である第２の組とを有し、

前記第１の組と前記第２の組との間に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第１の組の物体側に少なくとも１つの正レンズを有し、

前記第２の組の像側に少なくとも４つの正レンズを有し、

３種類以上の硝材を用いている光学系」という特別な技術的特徴を有しているので、発明３に区分する。