

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4395913号
(P4395913)

(45) 発行日 平成22年1月13日(2010.1.13)

(24) 登録日 平成21年10月30日(2009.10.30)

(51) Int.Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

F 1

G02B 13/00

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-100141
 (22) 出願日 平成11年4月7日(1999.4.7)
 (65) 公開番号 特開2000-292689(P2000-292689A)
 (43) 公開日 平成12年10月20日(2000.10.20)
 審査請求日 平成18年3月31日(2006.3.31)

(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
 (74) 代理人 100072718
 弁理士 古谷 史旺
 (74) 代理人 100075591
 弁理士 鈴木 榮祐
 (72) 発明者 毛利 元壽
 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 森口 良子

(56) 参考文献 特開平10-068880 (JP, A)
 特開平04-093809 (JP, A)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】近距離補正型対物レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体側より絞りを挟んで、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とかなり、

前記前群は、正の屈折力を有する両凸レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3とかなり、

前記後群は、像側に凸面を向けた接合メニスカスレンズL4と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5とかなり、

近距離撮影時には前記前群と前記後群とを異なる移動距離で物体側へ移動させて合焦させ、

前記接合メニスカスレンズL4のレンズ厚をd4、前記後群のレンズ総厚をDR、前記負メニスカスレンズL3のレンズ厚をd3、前記前群のレンズ総厚をDFとしたとき、次の条件式(1)~(2)を満足することを特徴とする近距離補正型対物レンズ。

$$0.75 < (d4 / DR) < 0.8 \quad \dots (1)$$

$$0.25 < (d3 / DF) < 0.3 \quad \dots (2)$$

【請求項 2】

前記前群の焦点距離をfF、対物レンズ全体の焦点距離をfとしたとき、次の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の近距離補正型対物レンズ。

$$2 < (fF / f) < 3 \quad \dots (3)$$

【請求項 3】

10

20

前記後群の前記接合メニスカスレンズL4を構成する物体側レンズのアッペ数をd4
1、前記後群の前記接合メニスカスレンズL4を構成する像側レンズのアッペ数をd4
2としたとき、次の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の近
距離補正型対物レンズ。

$$(d41 - d42) > 10 \quad \dots (4)$$

【請求項4】

前記前群の移動量を1として前記後群の移動比をX2としたとき、次の条件式(6)を
満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の近距離補正型対物レン
ズ。

$$0.6 < X2 < 0.9 \quad \dots (6)$$

10

【請求項5】

対物レンズ全体の焦点距離をfとしたとき、次の条件式(8)を満足することを特徴と
する請求項1から4のいずれか1項に記載の近距離補正型対物レンズ。 $(DR/f) > 0$
.15 \dots (8)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、近距離補正型の対物レンズに関する。特に、本発明は、広い像高を確保しつつ
、良好な収差性能を得るために技術に関する。

【0002】

20

【従来の技術】

従来、ガウスタイルまたは変形ガウスタイルのレンズとして、近距離撮影時に前群・後群
の空気間隔を可変するレンズが知られている。

例えば、本出願人は、特開昭55-28038号公報において、絞りの前後に正の屈折力
の前群と正の屈折力の後群とを配置し、近距離撮影時に、これら前群・後群の空気間隔を
増大させつつ、両群を物体側へ繰り出すレンズを開示している。このような空気間隔の増
大により、絞りと前群との間隔が広がった場合、物体と入射瞳との間隔が広がり、入射光
束（絞りを通過する光束）のレンズ入射角が小さくなる。また、空気間隔の増大により、
絞りと後群との間隔が広がった場合、像面と出射瞳との間隔が大きくなり、絞りを通過し
た光束がレンズを出射する際の角度が小さくなる。これらの作用から、近距離撮影時にお
ける収差補正が容易となり、撮影倍率が等倍程度の明るいレンズを実現することが可能と
なる。また、本出願人は、特開昭56-107209号公報において、前群および後群の
パワー配分を特定の範囲に限定することにより、近距離撮影時の収差性能を良好にしたレ
ンズを実現している。

30

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、特開昭55-28038号公報に記載の従来例では、広い像高を確保しつつ像
倍率を上げると、球面収差および像面湾曲に劣化が生じやすく、高い光学性能を得ること
が困難になるという問題点があった。

特開昭56-107209号公報に記載の従来技術においても、充分良好な光学性能を得
るためにには、像高を21.6mm(35mmライカ判相当)程度に制限する必要があった
。

40

そこで、本発明では、より広い像高を確保しつつ、近距離撮影時の収差補正を容易にした
近距離補正型の対物レンズを提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明の近距離補正型対物レンズは、被写体側より絞りを挟んで、正の屈折力を有する
前群と、正の屈折力を有する後群とからなる。この前群は、正の屈折力を有する両凸レン
ズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メ
ニスカスレンズL3とからなる。また、後群は、像側に凸面を向けた接合メニスカスレン

50

ズ L 4 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 とからなる。これらの前群と後群は、近距離撮影時に異なる移動距離で物体側へ移動させることにより合焦状態を得、かつ、後群については次の条件式(1)を満足することを特徴とする。 $0.75 < (d_4 / D_R) < 0.8 \dots (1)$ (ただし、上記の d 4 は前記接合メニスカスレンズ L 4 のレンズ厚、上記の D R は後群のレンズ総厚を示す)

【0005】

また、近距離補正型対物レンズの前群は、次の条件式(2)を満足することを特徴とする。

$$0.25 < (d_3 / D_F) < 0.3 \dots (2)$$

(ただし、上記の d 3 は前記負メニスカスレンズ L 3 のレンズ厚、上記の D F は前群のレンズ総厚を示す) 10

また、前群の焦点距離を f F 、対物レンズ全体の焦点距離を f としたとき、次の条件式(3)を満足してもよい。

$$2 < (f_F / f) < 3 \dots (3)$$

また、後群の接合メニスカスレンズ L 4 を構成する物体側レンズのアッベ数を d 4 1 、後群の接合メニスカスレンズ L 4 を構成する像側レンズのアッベ数を d 4 2 としたとき、次の条件式(4)を満足してもよい。

$$(d_{41} - d_{42}) > 10 \dots (4)$$

また、前群の移動量を 1 として後群の移動比を X 2 としたとき、次の条件式(6)を満足してもよい。 20

$$0.6 < X_2 < 0.9 \dots (6)$$

また、対物レンズ全体の焦点距離を f としたとき、次の条件式(8)を満足してもよい。

$$(D_R / f) > 0.15 \dots (8)$$

【0006】

<作用>

ガウスタイルまたは変形ガウスタイルの対物レンズにおいて、前群と後群とに別々の移動量を与えて空気間隔を変化させることにより、近距離撮影時に良好な収差補正が得られるることは公知である。

【0007】

さらに、本発明では、後群のレンズ厚の比率を調整して射出瞳を像から離すことにより、収差補正を容易にすることを考えた。このような発想に基づいて、次の条件式(1)を定めた。

$$0.75 < (d_4 / D_R) < 0.8 \dots (1)$$

(ただし、d 4 は接合メニスカスレンズ L 4 のレンズ厚、D R は後群のレンズ総厚)

この条件式(1)を満足することにより、射出瞳を像から離すことが可能となる。その結果、レンズ系から射出される軸上光束の収束角度が小さくなり、球面収差などの軸上収差が小さくなる。

【0008】

また、本発明では、条件式(1)を満たして射出瞳が像から離れることにより、レンズ系から射出される斜光束の射出角度が小さくなる。その結果、像周辺に生じるコマ収差などの軸外収差が小さくなる。したがって、その分だけ、広い像高を確保することが容易となる。

【0009】

一方、レンズ厚比 [d 4 / D R] が、条件式(1)の下限値 0.75 を下回ると、近距離撮影に際して像周辺部に生じるコマ収差が大きくなるため、広い像高を確保することが困難となる。また、球面収差の補正も困難となる。

逆に、レンズ厚比 [d 4 / D R] が、条件式(1)の上限値 0.8 を上回ると、後群の他のレンズ厚が極端に小さくなり、後群での倍率色収差の補正などが困難となる。

【0010】

10

20

30

40

50

なお、条件式(1)を満たすことにより射出瞳が像から離れる理由としては、例えば、下記のような光学作用が考えられる。

従来例(例えば、特開昭55-28038号公報)では、レンズ厚比[d4/DR]があよそ0.7程度であった。本発明では、条件式(1)を満たすため、このレンズ厚比[d4/DR]は従来例よりも大きくなる。その結果、接合メニスカスレンズL4の凸面は像側へ後退し、通過光束は像寄りの位置から収束を開始する。この状態でレンズ全系の焦点距離を維持するためには、後群の正の屈折力を弱める必要がある。このように後群の正の屈折力が弱くなることにより、射出瞳は像から離れる。

なお、本発明の条件式(1)は、実施形態に示すような収差補正の結果などに基づいて定めたものなので、上記光学作用の説明によって発明内容が限定されるものではない。

10

【0011】

さらに、本発明では、前群のレンズ厚の比率を調整して、入射瞳を物体から離すことにより、収差補正を容易にすることを考えた。このような発想に基づいて、条件式(2)を定めた。 $0.25 < (d_3/DF) < 0.3 \dots (2)$ (ただし、 d_3 は負メニスカスレンズL3のレンズ厚、 DF は前群のレンズ総厚である)この条件式(2)の範囲に、レンズ厚比[d3/DF]を限定することにより、特に前群におけるコマ収差や球面収差を小さくすることができる。

【0012】

一方、レンズ厚比[d3/DF]が、条件式(2)の下限値0.25を下回ると、上記の効果が薄れ、近距離撮影時に前群での収差量が比較的大きくなる。

20

逆に、レンズ厚比[d3/DF]が、条件式(2)の上限値0.3を上回ると、前群の他のレンズ厚が薄くなり、前群での倍率色収差や軸上色収差の補正が困難となる。

【0013】

《本発明と併用してより有効となる構成》

以下、本発明と併用する上で好ましい構成について、順に説明する。

【0014】

[1] 本発明において、レンズの大口径化を図る場合、前群の屈折力を小さくして、前群で発生する収差量を抑えることが好ましい。しかし、前群の屈折力を弱めると、近距離撮影に際して前群の移動量が大きくなり、光学系の全長が長くなるなどの弊害が生じる。

そこで、前群の焦点距離を f_F とし、対物レンズ全体の焦点距離を f とした場合、

30

$$2 < (f_F/f) < 3 \dots (3)$$

の範囲に、前群の屈折力を確保することが好ましい。

この場合、条件式(3)の下限を下回ると、前群で発生する収差が増大して近距離撮影時に良好な収差性能を得ることが困難となる。

逆に、条件式(3)の上限を上回ると、前群で発生する収差量は少なくなるが、近接撮影時の前群繰り出し量が大きくなり、光学系の全長の増大を招いてしまう。

【0015】

[2] さらに、本発明において、レンズ系の倍率色収差を良好に補正する場合、接合メニスカスレンズL4を構成する物体側レンズのアッペ数をd41とし、像側レンズのアッペ数をd42として、

40

$$(d_{41} - d_{42}) > 10 \dots (4)$$

を満足するように設計することが好ましい。

【0016】

この場合、条件式(4)の下限を下回ると、後群での色消し効果が低下する。特に、像周辺に生じる倍率色収差の補正が困難となる。

また、さらに広い像高を達成しようとした場合には、

$$(d_{41} - d_{42}) > 15 \dots (5)$$

を満足するように設計することが特に好ましい。この条件式(5)を満足することにより、後群の色消し効果をさらに確実に得ることが可能となる。

【0017】

50

[3] また、本発明において、前群と後群との移動比を規定することにより、近距離撮影時における収差補正の効果をさらに高めることができる。この場合、前群の移動量を 1 として後群の移動比を X_2 と表したとき、

$$0.6 < X_2 < 0.9 \quad \dots (6)$$

を満足するように設定することが好ましい。

【 0 0 1 8 】

移動比 X_2 が、上限値 0.9 よりも大きくなると、全体繰り出しとほぼ同様の合焦方式となり、近距離撮影時に良好な収差性能を確保することが困難となる。逆に、移動比 X_2 が、下限値 0.6 よりも小さくなると、撮影倍率を大きくした場合に前群の移動量が増大して光学系の全長が長くなり、実用的でなくなってしまう。

10

さらに、近距離撮影時に良好な収差性能を確保するためには、

$$0.75 < X_2 < 0.85 \quad \dots (7)$$

を満足するように、移動比 X_2 を設定することが好ましい。

【 0 0 1 9 】

[4] また、本発明において、後群のレンズ総厚 D_R を厚くして出射瞳と像とを確実に遠ざけることにより、近距離撮影時における収差補正の効果をさらに高めることができる。この場合、レンズ全系の焦点距離を f としたとき、

$$(D_R / f) > 0.15 \quad \dots (8)$$

を満足するように設定することが好ましい。

逆に、上式中の (D_R / f) が、下限値 0.15 を下回ると、後群を構成する各レンズの厚みが薄くなるため、出射瞳と像とを顕著に離すことが困難となる。

20

【 0 0 2 0 】

【 発明の実施の形態 】

以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

【 0 0 2 1 】

<参考例>

図 1 は、近距離補正型対物レンズ 10 の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。

【 0 0 2 2 】

図 1において、近距離補正型対物レンズ 10 は、前群 L_F、絞り S、および後群 L_R から構成される。この前群 L_F は、物体側から順に、両凸レンズ L_1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_2、および、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_3 を並べて構成される。一方、後群 L_R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた接合メニスカスレンズ L_4、および像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_5 を並べて構成される。

30

表 1 は、近距離補正型対物レンズ 10 のレンズ諸元を示す表である。

【 表 1 】

焦点距離: 85.02mm
 Fナンバー: 2.79
 撮影倍率: -1/2(最至近時)

面番号	曲率半径	間隔	屈折率	アッベ数
1	103.3777	5.80	1.71300	53.93
2	-459.2960	0.30	1.0	
3	31.6378	6.45	1.74809	52.30
4	62.7219	2.00	1.0	
5	170.9652	2.00	1.65128	38.18
6	26.2130	※D1	1.0	
(絞り)		5.00	1.0	
7	-31.6378	1.50	1.69911	27.83
8	-181.9770	10.50	1.77278	49.45
9	-40.9996	0.10	1.0	
10	-829.9718	3.40	1.79668	45.37
11	-69.3787			

10

20

※無限遠: D1=8.00
 最至近: D1=15.53

【0023】

これらのレンズ諸元から、本発明の条件対応値は次の値となる。

条件対応値 :

- (1) $d_4 / D_R = 0.774$
- (2) $f_F / f = 2.457$
- (3) $d_{41} - d_{42} = 21.62$
- (4) $X_2 = 0.85$
- (5) $D_R / f = 0.182$

30

これらの値は、上述した条件式(1)、(3)～(6)、(8)をそれぞれ満足する。

【0024】

図2は、近距離補正型対物レンズ10の無限遠時の収差図である。図3は、近距離補正型対物レンズ10の最至近時の収差図である。これらの収差図には、球面収差、非点収差、歪曲収差、コマ収差、倍率色収差をまとめて示す。また、収差図中のAは入射画角を示し、HOは物体高を示す。

図3に示されるように、撮影倍率-1/2倍の最至近時において、収差(特に球面収差およびコマ収差)が良好に補正されていることがわかる。

また特に、最至近時のコマ収差は、大きな物体高HOに対しても良好に補正されており、近距離撮影時に広い像高を適切に確保することができる。

40

【0025】

<第1の実施形態>

図4は、近距離補正型対物レンズ20の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。なお、レンズの基本構成については、参考例と同様であるため、ここでの説明を省略する。表2は、近距離補正型対物レンズ20のレンズ諸元を示す表である。

【表2】

焦点距離: 85.02mm

Fナンバー: 2.84

撮影倍率: -1/2(最至近時)

面番号	曲率半径	間隔	屈折率	アッベ数
1	68.6720	4.5	1.71300	53.93
2	-1014.3935	0.1	1.0	
3	30.7624	4.6	1.69350	53.75
4	50.8567	1.5	1.0	
5	129.6859	4.0	1.61293	36.98
6	24.9286	※D1	1.0	
(絞り)		5.0	1.0	
7	-27.6036	1.5	1.69895	30.04
8	-177.3434	9.5	1.74442	49.52
9	-37.8622	0.1	1.0	
10	-254.1709	3.4	1.76684	46.80
11	-54.9438			

※無限遠: D1=6.07

最至近: D1=15.63

【0026】

これらのレンズ諸元から、本発明の条件対応値は次の値となる。

条件対応値:

- (1) $d_4 / D_R = 0.758$
- (2) $d_3 / D_F = 0.272$
- (3) $f_F / f = 2.111$
- (4) $d_{41} - d_{42} = 19.48$
- (5) $X_2 = 0.82$
- (6) $D_R / f = 0.170$

これらの値は、上述した条件式(1)~(8)をすべて満足する。

【0027】

図5は、近距離補正型対物レンズ20の無限遠時の収差図である。図6は、近距離補正型対物レンズ20の最至近時の収差図である。これらの収差図には、球面収差、非点収差、歪曲収差、コマ収差、倍率色収差をまとめて示す。また、収差図中のAは入射画角を示し、HOは物体高を示す。図6に示されるように、撮影倍率-1/2倍の最至近時ににおいて、収差(特に球面収差およびコマ収差)が良好に補正されていることがわかる。また特に、条件式(2)を満足することにより、参考例よりも、コマ収差がさらに良好に補正される。したがって、近距離撮影時においても、像高30mm程度の広いイメージサークルを容易に確保することが可能となる。

【0028】

<第2の実施形態>

図7は、近距離補正型対物レンズ30の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。なお、レンズの基本構成については、参考例と同様であるため、ここでの説明を省略する。表3は、近距離補正型対物レンズ30のレンズ諸元を示す表である。

【表3】

10

20

30

40

焦点距離: 85.02mm

Fナンバー: 2.83

撮影倍率: -1/2(最至近時)

面番号	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数
1	84.2445	4.50	1.71300	53.93
2	-503.1763	0.30	1.0	
3	31.2407	4.60	1.69350	53.75
4	57.6105	1.50	1.0	
5	150.8569	4.65	1.60342	38.03
6	25.5660	※D1	1.0	
(絞り)		5.00	1.0	
7	-30.1676	1.50	1.69895	30.04
8	-714.5834	11.30	1.77278	49.45
9	-41.0863	0.10	1.0	
10	-343.2229	3.40	1.79668	45.37
11	-66.2704			

10

※無限遠: D1=5.08

20

最至近: D1=14.06

【0029】

これらのレンズ諸元から、本発明の条件対応値は次の値となる。

条件対応値 :

- (1) $d_4 / DR = 0.785$
- (2) $d_3 / DF = 0.299$
- (3) $f_F / f = 2.092$
- (4) $d_{41} - d_{42} = 19.41$
- (5) $X_2 = 0.825$
- (6) $DR / f = 0.191$

30

これらの値は、上述した条件式(1)~(8)をすべて満足する。

【0030】

図8は、近距離補正型対物レンズ30の無限遠時の収差図である。図9は、近距離補正型対物レンズ30の最至近時の収差図である。これらの収差図には、球面収差、非点収差、歪曲収差、コマ収差、倍率色収差をまとめて示す。また、収差図中のAは入射画角を示し、HOは物体高を示す。図9に示されるように、撮影倍率-1/2倍の最至近時において、収差(特に球面収差およびコマ収差)が良好に補正されていることがわかる。また特に、条件式(2)を満足することにより、参考例よりも、コマ収差がさらに良好に補正される。したがって、近距離撮影時においても、像高30mm程度の広いイメージサークルを容易に確保することが可能となる。

40

【0031】

<実施形態の補足事項>

なお、上述した実施形態では、ガウスタイルの対物レンズを挙げて説明したが、本発明はこの構成に限定されるものではない。例えば、変形ガウスタイルなどのレンズ構成に本発明を適用してもよい。

【0032】

【発明の効果】

請求項1に記載の発明では、後群のレンズ厚比を条件式(1)の範囲に限定することによ

50

り、近距離撮影時に広い像高を適切に確保しつつ、良好な収差性能を得ることが可能となる。

また、請求項 2 に記載の発明では、前群のレンズ厚比を条件式(2)の範囲にさらに限定することにより、近距離撮影時に一層広い像高を確保しつつ、より良好な収差性能を得ることが可能となる。

以上説明したように、本発明の適用により、近距離撮影時の像高を広く確保することが容易に可能となる。特に、大きな像高(イメージサークル)を必要とするシフト・チルト撮影光学系やブレ補正光学系などに本発明を適用することにより、これら光学系の収差性能を的確に向上させることができるとなる。

【図面の簡単な説明】

10

【図 1】近距離補正型対物レンズ 10 の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。

【図 2】近距離補正型対物レンズ 10 の無限遠時の収差図である。

【図 3】近距離補正型対物レンズ 10 の最至近時の収差図である。

【図 4】近距離補正型対物レンズ 20 の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。

【図 5】近距離補正型対物レンズ 20 の無限遠時の収差図である。

【図 6】近距離補正型対物レンズ 20 の最至近時の収差図である。

【図 7】近距離補正型対物レンズ 30 の無限遠側および最至近側のレンズ構成を示す図である。

20

【図 8】近距離補正型対物レンズ 30 の無限遠時の収差図である。

【図 9】近距離補正型対物レンズ 30 の最至近時の収差図である。

【符号の説明】

10, 20, 30 近距離補正型対物レンズ

L F 前群

L R 後群

L 1 両凸レンズ

L 2 正メニスカスレンズ

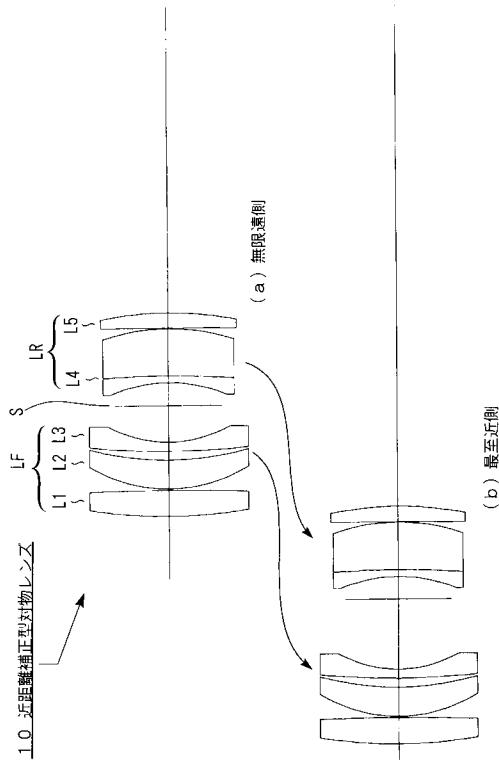
L 3 負メニスカスレンズ

L 4 接合メニスカスレンズ

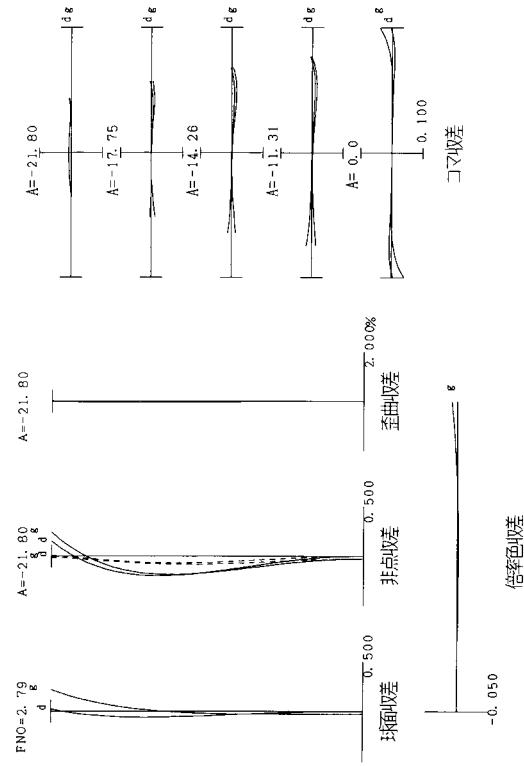
L 5 正メニスカスレンズ

30

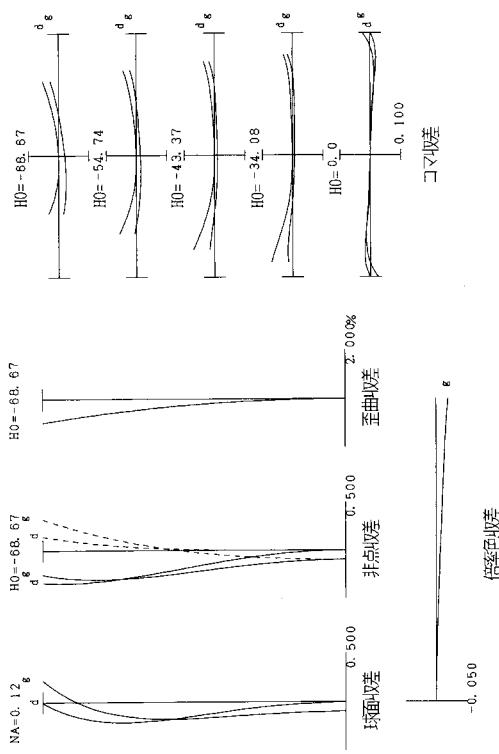
【図1】



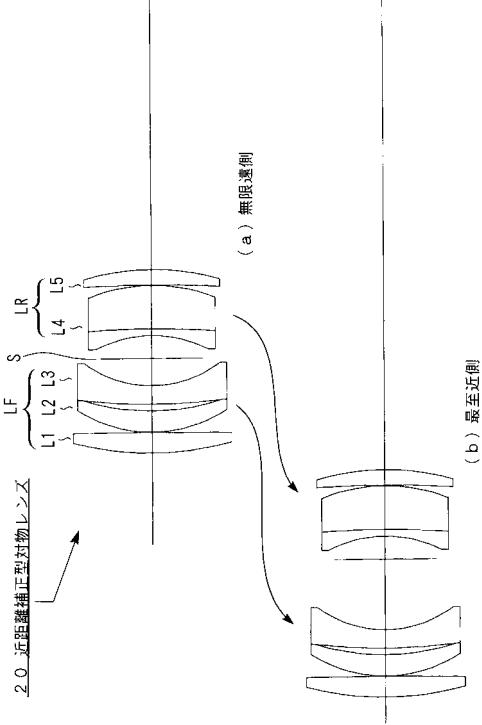
【図2】



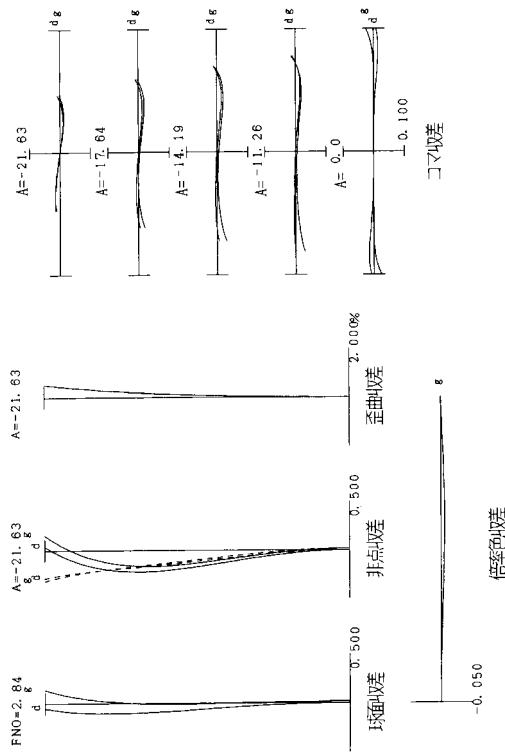
【図3】



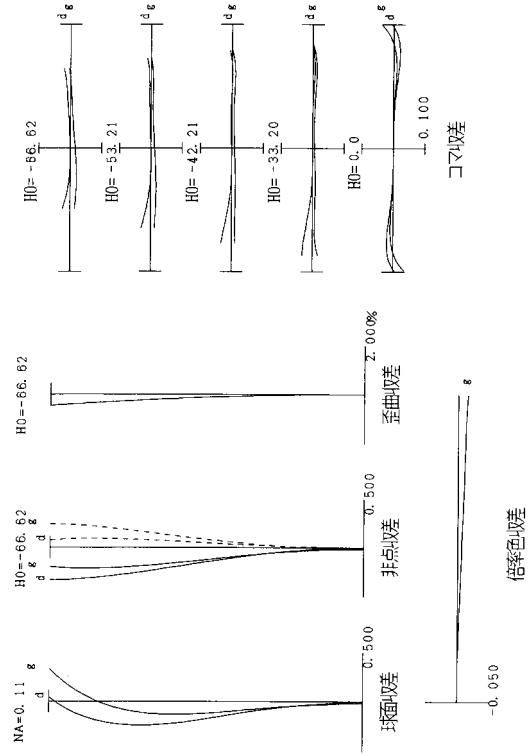
【図4】



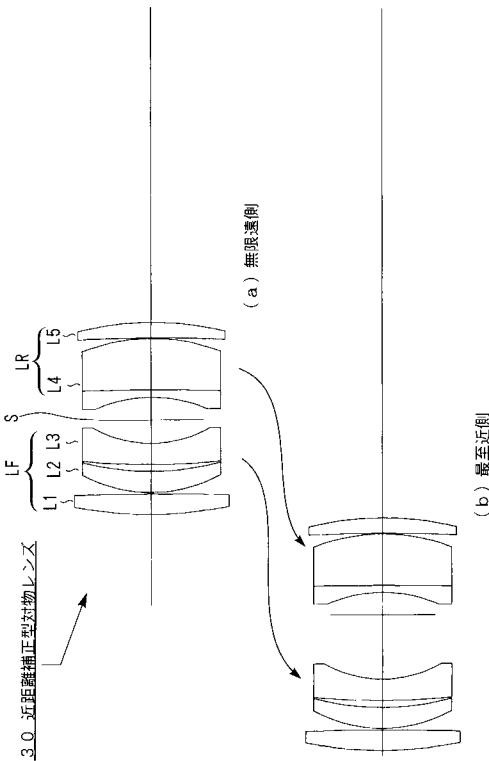
【図5】



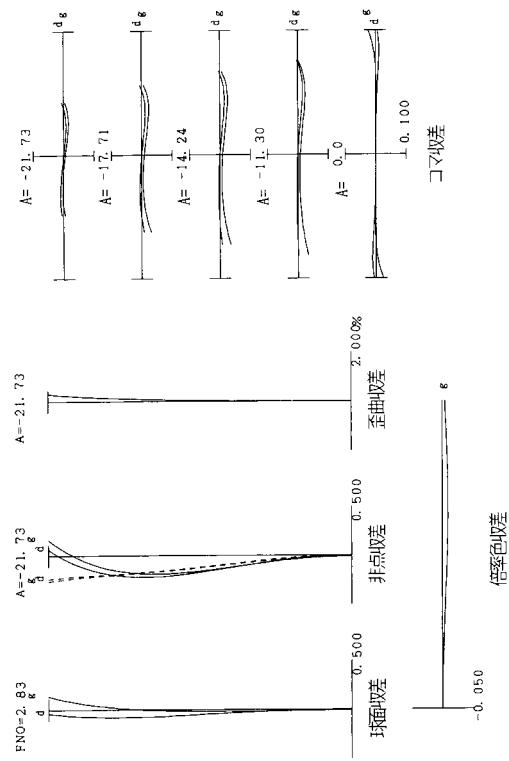
【図6】



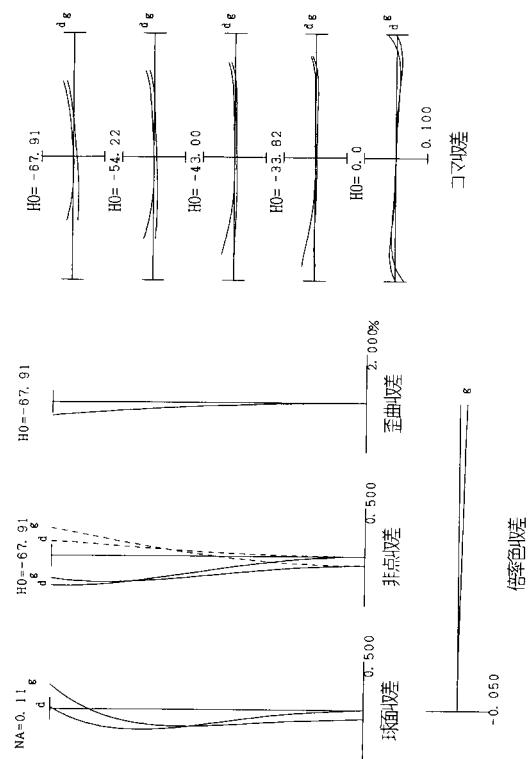
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08

G02B 21/02-21/04

G02B 25/00-25/04