

(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  
2018年5月24日 (24.05.2018)



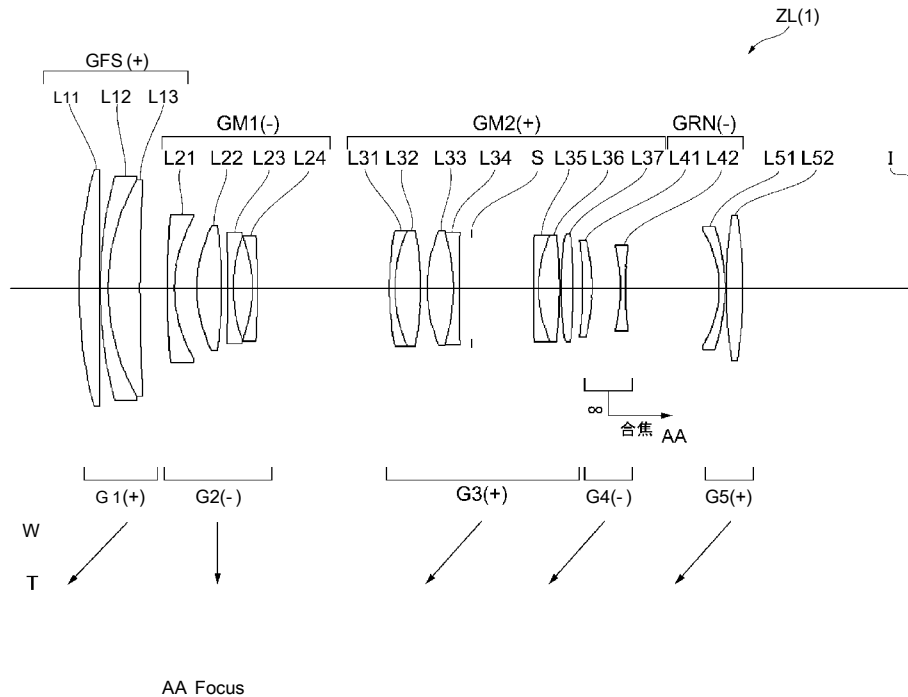
(10) 国際公開番号

WO 2018/092297 A 1

- (51) 国際特許分類 : G02B 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 16/084397
- (22) 国際出願日 : 2016年11月21日 (21.11.2016)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (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 : 町田 幸介 (MACHIDA, Kosuke); 〒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 : 大西 正悟, 外 OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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,

(54) Title: VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL SYSTEM, OPTICAL DEVICE, IMAGING DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD OF VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称 : 変倍光学系、光学機器、撮像機器および変倍光学系の製造方法



(57) Abstract: This variable magnification optical system comprises, in order from the object side, a front lens group (GFS) having positive refractive power, an M1 lens group (GM1) having negative refractive power, an M2 lens group (GM2) having positive refractive power, and an RN lens group (GRN) having negative refractive power. When changing magnification, the interval between the front lens group and the M1 lens group, the interval between the M1 lens group and



WO 2018/092297 A1

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 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

the M2 lens group, and the interval between the M2 lens group and the RN lens group each changes, and, when focusing from an object at infinity to a near object, the RN lens group moves. The M2 lens group has an A lens group that satisfies the following condition:  $1.10 < f_{vr} / f_{TM2} < 2.00$  wherein  $f_{vr}$ : the focal length of the A lens group  $f_{TM2}$ : the focal length of the M2 lens group in the telephoto end state

(57) 要約 : 変倍光学系が、物体側から順に、正の屈折力を有する前側レンズ群 (GFS) と、負の屈折力を有するM1レンズ群 (GM1) と、正の屈折力を有するM2レンズ群 (GM2) と、負の屈折力を有するRNレンズ群 (GRN) とを有し、変倍時に、前側レンズ群とM1レンズ群の間隔、M1レンズ群とM2レンズ群の間隔およびM2レンズ群とRNレンズ群の間隔がそれぞれ変化し、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、RNレンズ群が移動し、M2レンズ群は、以下の条件式を満足するAレンズ群を有する。  $1.10 < f_{vr} / f_{TM2} < 2.00$  但し、 $f_{vr}$  : Aレンズ群の焦点距離  $f_{TM2}$  : 望遠端状態におけるM2レンズ群の焦点距離

## 明 細 書

発明の名称 :

変倍光学系、光学機器、撮像機器および変倍光学系の製造方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、変倍光学系、これを用いた光学機器および撮像機器並びに変倍光学系の製造方法に関する。

## 背景技術

[0002] 従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 を参照）。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献 1 :特開平 4 — 2 9 3 0 0 7 号

[0004] しかしながら、従来の変倍光学系にあつては、合焦レンズ群の軽量化が不十分であつた。

## 発明の概要

[0005] 本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する前側レンズ群と、負の屈折力を有する M 1 レンズ群と、正の屈折力を有する M 2 レンズ群と、負の屈折力を有する R N レンズ群とを有し、変倍時に、前記前側レンズ群と前記 M 1 レンズ群の間隔が変化し、前記 M 1 レンズ群と前記 M 2 レンズ群の間隔が変化し、前記 M 2 レンズ群と前記 R N レンズ群の間隔が変化し、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、前記 R N レンズ群が移動し、前記 M 2 レンズ群は、以下の条件式を満足する A レンズ群を有する。

[0006] 
$$1. \quad 1.0 < f_{vr} / f_{TM2} < 2.00$$

但し、

$f_{vr}$  :前記 A レンズ群の焦点距離

$f_{TM2}$  :望遠端状態における前記 M 2 レンズ群の焦点距離

[0007] 本発明に係る光学機器は、前記変倍光学系を搭載して構成される。

[0008] 本発明にかかる撮像機器は、前記変倍光学系と、前記変倍光学系によって形成される像を撮像する撮像部とを備える。

[0009] 本発明に係る変倍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前側レンズ群と、負の屈折力を有するM 1レンズ群と、正の屈折力を有するM 2レンズ群と、負の屈折力を有するRNレンズ群とを有して構成される変倍光学系の製造方法であって、変倍時に、前記前側レンズ群とM 1レンズ群の間隔が変化し、前記M 1レンズ群と前記M 2レンズ群の間隔が変化し、前記M 2レンズ群と前記RNレンズ群の間隔が変化するように配置することを含み、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、前記RNレンズ群が移動し、前記M 2レンズ群は、以下の条件式を満足するAレンズ群を有する。

[001 0]  $1. 10 < f_{vr} / f_{TM2} < 2. 00$

但し、

$f_{vr}$  :前記Aレンズ群の焦点距離

$f_{TM2}$  :望遠端状態における前記M 2レンズ群の焦点距離

### 図面の簡単な説明

[001 1] [図1]本実施形態の第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

[図2]図2 (a) は、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図2 (b) は0.30°の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図 (コマ収差図) である。

[図3]第1実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図4]図4 (a) は、第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図4 (b) は0.20°の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図5]図5 (a) 、図5 (b) 、及び図5 (c) はそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[図6] 本実施形態の第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

[図7] 図7(a)は、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図7(b)は $0.30^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図8] 第2実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図9] 図9(a)は、第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図9(b)は $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図10] 図10(a)、図10(b)、及び図10(c)はそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[図11] 本実施形態の第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

[図12] 図12(a)は、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図12(b)は $0.30^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図13] 第3実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図14] 図14(a)は、第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図14(b)は $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図15] 図15(a)、図15(b)、及び図15(c)はそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[図16] 本実施形態の第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

[図17] 図17(a)は、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図17(b)は $0.30^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図18] 第4実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図19] 図19(a)は、第4実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図19(b)は $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図20] 図20(a)、図20(b)、及び図20(c)はそれぞれ、第4実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[図21] 本実施形態の第5実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。

[図22] 図22(a)は、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図22(b)は、 $0.30^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図23] 第5実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図24] 図24(a)は、第5実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図であり、図24(b)は、 $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。

[図25] 図25(a)、図25(b)、および図25(c)はそれぞれ、第5実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[図26] 本実施形態に係る変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図27] 本実施形態に係る変倍光学系の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[001 2] 以下、本実施形態の変倍光学係、光学機器、撮像機器について図を参照して説明する。本実施形態に係る変倍光学係（ズームレンズ）Z Lの一例としての変倍光学系Z L（1）は、図1に示すように、物体側から順に、正の屈折力を有する前側レンズ群G F Sと、負の屈折力を有するM 1レンズ群G M 1と、正の屈折力を有するM 2レンズ群G M 2と、負の屈折力を有するR Nレンズ群G R Nとを有し、変倍時に、前側レンズ群G F SとM 1レンズ群G M 1との間隔が変化し、M 1レンズ群G M 1とM 2レンズ群G M 2との間隔が変化し、M 2レンズ群G M 2とR Nレンズ群G R Nとの間隔が変化し、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、R Nレンズ群G R Nが移動し、M 2レンズ群G M 2は、以下の条件式（1）を満足するAレンズ群を有する。

[001 3]  $1. \quad 1.0 < f_{v r} / f_{T M 2} < 2.00 \quad \dots (1)$

但し、

$f_{v r}$  : 上記Aレンズ群の焦点距離

$f_{T M 2}$  : 望遠端状態におけるM 2レンズ群G M 2の焦点距離

[0014] 本実施形態に係る変倍光学系Z Lは、図6に示す変倍光学系Z L（2）や、図11に示す変倍光学系Z L（3）や、図16に示す変倍光学系Z L（4）や、図21に示す変倍光学系Z L（5）でも良い。

[001 5] 本実施形態の変倍光学系は、少なくとも4つのレンズ群を有し、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、各レンズ群間隔を変化させることによって、変倍時の良好な収差補正を図ることができる。また、Rーレンズ群G Rーで合焦を行うことにより、R Nレンズ群G R Nすなわち合焦レンズ群を小型軽量化できる。

[001 6] 上記条件式（1）は、Aレンズ群の焦点距離と望遠端状態におけるM 2レンズ群G M 2の焦点距離との比を規定するものである。この条件式（1）を満足することで、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動と、プレ補正を行った際の偏芯コマ収差をはじめとする諸収差の発生を抑えることができる。

[001 7] 本実施形態の変倍光学系の条件式（1）の対応値が上限値を上回ると、望

遠端状態におけるM2レンズ群GM2の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。なお、条件式(1)の上限値を1.95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事ができる。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)の上限値を1.90にすることが好ましい。

[0018] 一方、本実施形態の変倍光学系の条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、Aレンズ群の屈折力が強くなり、プレ補正を行った際の偏芯コマ収差をはじめとする諸収差の発生を抑えることが困難となる。なお、条件式(1)の下限値を1.15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事ができる。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1.20にすることが好ましい。

[0019] 本実施形態に係る変倍光学系によれば、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速なAF、AF時の静粛性を実現し、さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えることができる。また、本実施形態に係る光学機器、撮像機器および変倍光学系の製造方法によっても同様の効果が得られる。

[0020] 本実施形態に係る変倍光学系において、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前側レンズ群GFSを物体方向に移動させる構成とすることが好ましい。これにより、広角端状態でのレンズ全長の短縮ができ、変倍光学系の小型化を図ることができる。

[0021] 本実施形態に係る変倍光学系において、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、M1レンズ群GM1中の最も物体側にあるレンズ群が像面に対して固定であることが望ましい。これにより、製造誤差による性能劣化を抑え、量産性を確保することができる。

[0022] 本実施形態に係る変倍光学系において、上記Aレンズ群は、物体側から順に、負屈折力を有するレンズと正屈折力を有するレンズとからなることが好



ましい。

[0023] 上記A レンズ群を有した本実施形態の変倍光学系は、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$1.00 < n_{vrN} / n_{vrP} < 1.25 \quad \dots (2)$$

但し、

$n_{vrN}$  : 上記A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズの屈折率

$n_{vrP}$  : 上記A レンズ群内の正の屈折力を有するレンズの屈折率

[0024] 条件式 (2) は、A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズの屈折率とA レンズ群内の正の屈折力を有するレンズの屈折率との比を規定するものである。この条件式 (2) を満足することで、A レンズ群によりプレ補正を行った際の性能劣化を効果的に抑えることができる。

[0025] 条件式 (2) の対応値が上限値を上回ると、A レンズ群内の正の屈折力を有するレンズの屈折率が低くなり、プレ補正を行った際に発生する偏芯コマ収差の発生が過大となり、補正するのが困難となる。条件式 (2) の上限値を1.22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。本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (2) の上限値を1.20にすることが好ましい。

[0026] 条件式 (2) の対応値が下限値を下回ると、A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズの屈折率が低くなり、プレ補正を行った際の偏芯コマ収差を補正するのが困難となる。、条件式 (2) の下限値を1.03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することができる。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1.05にすることが好ましい。

[0027] 上記A レンズ群を有した変倍光学系は、また、以下の条件式 (3) を満足することが望ましい。

$$0.30 < \nu_{vrN} / \nu_{vrP} < 0.90 \quad \dots (3)$$

但し、

$\nu_{vrN}$  : 上記A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズのアッベ数

$\nu v r P$  :上記 A レンズ群内の正の屈折力を有するレンズのアッベ数

[0028] 条件式 (3) は、A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズのアッベ数と A レンズ群内の正の屈折力を有するレンズのアッベ数との比を規定するものである。この条件式 (3) を満足することで、プレ補正を行った際の性能劣化を効果的に抑えることができる。

[0029] 条件式 (3) の対応値が上限値を上回ると、A レンズ群内の正の屈折力を有するレンズのアッベ数が小さくなり、プレ補正を行った際に発生する色収差の補正が困難となる。条件式 (3) の上限値を 0.85 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。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 0.80 にすることが好ましい。

[0030] 条件式 (3) の対応値が下限値を下回ると、A レンズ群内の負の屈折力を有するレンズのアッベ数が小さくなり、プレ補正を行った際に発生する色収差の補正が困難となる。条件式 (3) の下限値を 0.35 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。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 0.40 にすることが好ましい。

[0031] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$0.15 < (-f_{TM1}) / f_1 < 0.35 \quad \dots (4)$$

但し、

$f_{TM1}$  :望遠端状態における M1 レンズ群 G M 1 の焦点距離

$f_1$  :前側レンズ群 G F S の焦点距離

[0032] 条件式 (4) は、望遠端状態における M1 レンズ群 G M 1 の焦点距離と前側レンズ群 G F S の焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (4) を満足することで、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0033] 条件式 (4) の対応値が上限値を上回ると、前側レンズ群 G F S の屈折力

が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。条件式 (4) の上限値を0.33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。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0.31にすることが好ましい。

[0034] 条件式 (4) の対応値が下限値を下回ると、M1レンズ群GM1の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。条件式 (4) の下限値を0.16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。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0.17にすることが好ましい。

[0035] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (5) を満足することが望ましい。

$$0.20 < f_{TM2} / f_1 < 0.40 \quad \dots (5)$$

但し、

$f_1$  : 前側レンズ群GFSの焦点距離

[0036] 条件式 (5) は、望遠端状態におけるM2レンズ群GM2の焦点距離と前側レンズ群GFSの焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (5) を満足することで、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0037] 条件式 (5) の対応値が上限値を上回ると、前側レンズ群GFSの屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。条件式 (5) の上限値を0.37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。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0.34にすることが好ましい。

[0038] 条件式 (5) の対応値が下限値を下回ると、M2レンズ群GM2の屈折力

が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。条件式 (5) の下限値を 0.22 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。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 0.24 にすることが好ましい。

[0039] 本実施形態に係る変倍光学系において、A レンズ群が、手ブレ等による結像位置変位の補正を行うために光軸と直交する方向へ移動可能な防振レンズであることが好ましい。これにより、ブレ補正を行った際の性能劣化を効果的に抑えることができる。

[0040] 本実施形態に係る変倍光学系において、RN レンズ群 GRN の像側に隣接して、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズを有する構成とすることが好ましい。また、RN レンズ群 GRN の像側に隣接して、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとを有する構成としても良い。これにより、コマ収差をはじめとする諸収差を効果的に補正することができる。

[0041] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (6) を満足することが好ましい。

$$0.70 < (-f_N) / f_P < 2.00 \quad \dots (6)$$

但し、

$f_N$  : RN レンズ群 GRN の像側に隣接するレンズのうちで最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離

$f_P$  : RN レンズ群 GRN の像側に隣接するレンズのうちで最も正の屈折力が強いレンズの焦点距離

[0042] 上記条件式 (6) は、RN レンズ群 GRN の像側に隣接するレンズのうちで最も負の屈折力が強いレンズの焦点距離と RN レンズ群 GRN の像側に隣接するレンズのうちで最も正の屈折力が強いレンズの焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (6) を満足することで、コマ収差をはじめとする諸収差を効果的に補正することができる。

[0043] 上記条件式 (6) の対応値が上限値を上回ると、合焦レンズ群の像側にある正屈折力を有するレンズの屈折力が強くなり、コマ収差の発生が過大となる。条件式 (6) の上限値を 1.90 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。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 1.80 にすることが好ましい。

[0044] 上記条件式 (6) の対応値が下限値を下回ると、合焦レンズ群の像側にある負屈折力を有するレンズの屈折力が強くなり、コマ収差の補正が過大となる。条件式 (6) の下限値を 0.80 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。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 0.90 にすることが好ましい。

[0045] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (7) を満足することが好ましい。

$$1.80 < f_1 / f_w < 3.50 \quad \dots (7)$$

但し、

$f_w$  : 広角端状態における変倍光学系の焦点距離

$f_1$  : 前側レンズ群 GFS の焦点距離

[0046] 条件式 (7) は、前側レンズ群 GFS の焦点距離と広角端状態における変倍光学系の焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (7) を満足することで、鏡筒の大型化を防ぎ、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0047] 上記条件式 (7) の対応値が上限値を上回ると、前側レンズ群 GFS の屈折力が弱くなり、鏡筒が大型化する。条件式 (7) の上限値を 3.30 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (7) の上限値を 3.10 に設定することが好ましい。

[0048] 上記条件式 (7) の対応値が下限値を下回ると、前側レンズ群 GFS の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。条件式 (7) の下限値を 1.90 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (7) の下限値を 2.00 に設定することが好ましく、条件式 (7) の下限値を 2.10 に設定することがより好ましい。

[0049] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (8) を満足することが好ましい。

$$3.70 < f_1 / (-f_{TM1}) < 5.00 \quad \dots (8)$$

但し、

$f_{TM1}$  : 望遠端状態における M1 レンズ群 GM1 の焦点距離

$f_1$  : 前側レンズ群 GFS の焦点距離

[0050] 条件式 (8) は、前側レンズ群 GFS の焦点距離と M1 レンズ群 GM1 の焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (8) を満足することで、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。

[0051] 上記条件式 (8) の対応値が上限値を上回ると、M1 レンズ群 GM1 の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。条件式 (8) の上限値を 4.90 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (8) の上限値を 4.80 に設定することが好ましい。

[0052] 上記条件式 (8) の対応値が下限値を下回ると、前側レンズ群 GFS の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。条件式 (8) の下限値を 3.90 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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (8) の下限値を 3.95 に設定することが好ましい。

[0053] 本実施形態に係る変倍光学系において、以下の条件式 (9) を満足することが好ましい。

$$3.20 < f_1 / f_{TM2} < 5.00 \quad \dots (9)$$

但し、

$f_1$  :前側レンズ群GFSの焦点距離

- [0054] 条件式 (9) は、前側レンズ群GFSの焦点距離とM2レンズ群GM2の焦点距離との比を規定するものである。この条件式 (9) を満足することで、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることができる。
- [0055] 上記条件式 (9) の対応値が上限値を上回ると、M2レンズ群GM2の屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難となる。条件式 (9) の上限値を4.80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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (9) の上限値を4.60に設定することが好ましい。
- [0056] 上記条件式 (9) の対応値が下限値を下回ると、前側レンズ群GFSの屈折力が強くなり、広角端から望遠端への変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。条件式 (9) の下限値を3.40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。本実施形態の効果をさらに確実にするために、条件式 (11) の下限値を3.60に設定することが好ましい。
- [0057] 本実施形態の光学機器および撮像機器は、上述した構成の変倍光学系を備えて構成される。その具体例として、上記変倍光学系ZLを備えたカメラ（本願発明の撮像機器に対応）を図26に基づいて説明する。このカメラ1は、図26に示すように撮影レンズ2が交換可能なレンズアセンブリ構成であり、この撮影レンズ2に上述した構成の変倍光学係が設けられている。すなわち、撮影レンズ2が本願発明の光学機器に対応する。カメラ1はデジタルカメラであり、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、撮像素子3へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子3によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。こ

のようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、このカメラは、ミラーレスカメラでも、クイックリターンミラーを有した一眼レフタイプのカメラであっても良い。

[0058] 以上の構成により、上記変倍光学系Z Lを撮影レンズ2に搭載したカメラ1は、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速なAF、AF時の静粛性を実現することができる。さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑え、良好な光学性能を実現することができる。

[0059] 続いて、図27を参照しながら、上述の変倍光学系Z Lの製造方法について概説する。まず、物体側から順に、正の屈折力を有する前側レンズ群G F Sと、負の屈折力を有するM 1レンズ群G M 1と、正の屈折力を有するM 2レンズ群G M 2と、負の屈折力を有するR Nレンズ群G R Nとを配置する（ステップS T 1）。そして、変倍時に、前側レンズ群G F SとM 1レンズ群G M 1の間隔が変化し、M 1レンズ群G M 1とM 2レンズ群G M 2の間隔が変化し、M 2レンズ群G M 2とR Nレンズ群G R Nの間隔が変化するように構成する。（ステップS T 2）。このとき、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、R Nレンズ群G R Nが移動するように構成し（ステップS T 3）、M 2レンズ群G M 2が所定の条件式を満足するAレンズ群を有するようにレンズを配置する（ステップS T 4）。

### 実施例

[0060] 以下、本実施形態の実施例に係る変倍光学系（ズームレンズ）Z Lを図面に基づいて説明する。図1、図6、図11、図16、図21は、第1～第5実施例に係る変倍光学系Z L {Z L (1)～Z L (5)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。変倍光学系Z L (1)～Z L (5)の断面図の下部には、広角端状態（W）から望遠端状態（T）に変倍する際の各レンズ群の光軸に沿った移動方向を矢印で示す。さらに、合焦群G R Nが無限遠から近距離物体に合焦する際の移動方向を「合焦」という文字とともに矢印で示している。



- [0061] これら図 1、図 6、図 11、図 16、図 21において、各レンズ群を符号 G と数字もしくはアルファベットの組み合わせにより、各レンズを符号 L と数字の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ群等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものではない。
- [0062] 以下に表 1～表 5 を示すが、この内、表 1～5 は第 1 実施例～第 5 実施例のそれぞれにおける各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出対象として、d 線 (波長 587. 562nm)、g 線 (波長 435. 835nm) を選んでいる。
- [0063] [レンズ諸元] の表において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学面の順序を示し、R は各光学面の曲率半径 (曲率中心が像側に位置する面を正の値としている)、D は各光学面から次の光学面 (又は像面) までの光軸上の距離である面間隔、 $n_d$  は光学部材の材質の d 線に対する屈折率、 $r_d$  は光学部材の材質の d 線を基準とするアッベ数を、それぞれ示す。物面とは物体面のことを示し、曲率半径の「 $\infty$ 」は平面又は開口を、(絞り S) は開口絞り S を、像面は像面 I を、それぞれ示す。空気の屈折率  $n_d = 1.00000$  の記載は省略している。
- [0064] [各種データ] の表において、f はレンズ全系の焦点距離、「 $\sim$ 」は「ナンバー」、 $2\omega$  は画角 (単位は (度) で、 $\omega$  が半画角である)、 $Y_{max}$  は最大像高を示す。TL は無限遠合焦時の光軸上でのレンズ最前面からレンズ最終面までの距離に BF を加えた距離を示し、BF は無限遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面 I までの距離 (バックフォーカス) を示す。なお、これらの値は、広角端 (W)、中間焦点距離 (M)、望遠端 (T) の各変倍状態におけるそれぞれについて示している。
- [0065] [可変間隔データ] の表は、[レンズ諸元] を示す表において面間隔が「可変」となっている面番号 (例えば、実施例 1 では、面番号 5, 13, 25,

29)での面間隔を示す。ここでは無限遠および近距離に合焦させたときのそれぞれについて、広角端 (W)、中間焦点距離 (M)、望遠端 (T) の各変倍状態における面間隔を示す。

[0066] [レンズ群データ] の表において、第1〜第5レンズ群 (もしくは第1〜第4レンズ群もしくは第1〜第6レンズ群) のそれぞれの始面 (最も物体側の面) と焦点距離を示す。

[0067] [条件式対応値] の表には、上記の条件式 (1) 〜 (9) に対応する値を示す。

[0068] 以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離  $f$ 、曲率半径  $R$ 、面間隔  $D$ 、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、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ので、これに限られるものではない。

[0069] ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

[0070] (第1実施例)

第1実施例について、図1および表1を用いて説明する。図1は、本実施形態の第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る変倍光学系  $ZL(1)$  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、正の屈折力を有する第3レンズ群  $G3$  と、負の屈折力を有する第4レンズ群  $G4$  と、正の屈折力を有する第5レンズ群  $G5$  から構成されている。各レンズ群記号に付けている符号 (+) もしくは (-) は各レンズ群の屈折力を示し、このことは以下の全ての実施例でも同様である。

[0071] この構成は上記実施形態との関係として、第1レンズ群  $G1$  が前側レンズ群  $GFS$  に、第2レンズ群  $G2$  が  $M1$  レンズ群  $GM1$  に、第3レンズ群  $G3$  が  $M2$  レンズ群  $GM2$  に、第4レンズ群  $G4$  が  $RN$  レンズ群  $GRN$  に対応する。

[0072] 第1レンズ群  $G1$  は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正凸平レン

ズL 1 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3との接合正レンズとから構成される。

[0073] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1と、両凸形状の正レンズL 2 2と、両凹形状の負レンズL 2 3と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 4とから構成される。

[0074] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸形状の正レンズL 3 2との接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 3 3と両凹形状の負レンズL 3 4との接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 5と両凸形状の正レンズL 3 6との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 3 7とから構成される。

[0075] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4 1と、両凹形状の負レンズL 4 2とから構成される。

[0076] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 1と、両凸形状の正レンズL 5 2とから構成される。

[0077] 本実施例に係る光学系では、第4レンズ群G 4を像面方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

[0078] 本実施例に係る変倍光学系では、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸形状の正レンズL 3 2との接合正レンズを光軸と直交する方向へ移動させることによって、手ブレ等による結像位置変位を補正する。すなわち、これらのレンズL 3 1, L 3 2が防振レンズ群を構成し、且つこれが本発明および本実施形態のAレンズ群に対応する。

[0079] 全系の焦点距離がfで、防振係数（ブレ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量比）がKのレンズで角度 $\theta$ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用の移動レンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第1実施例の広角端においては、防振係数1.65であり、焦点距離は72.1mmであるので、 $0.30^\circ$ の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は0.23mmである。第1実施例の望遠端状態においては、防振係数2.10

であり、焦点距離は292.0mmであるので、0.20°の回転プレを補正するための防振レンズ群の移動量は0.49mmである。

[0080] 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を示す。

[0081] (表1) 第1実施例

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>
物面	∞			
1	109.4870	4.600	1.48749	70.31
2	∞	0.200		
3	101,1800	1.800	1.62004	36.40
4	49,8109	7.200	1.49700	81.61
5	385,8166	可変		
6	176,0187	1.700	1.69680	55.52
7	31,3680	5.150		
8	32,6087	5.500	1.78472	25.64
9	-129,7634	1.447		
10	-415,4105	1.300	1.77250	49.62
11	34,3083	4.300		
12	-33,1502	1.200	1.85026	32.35
13	-203,5644	可変		
14	70,9040	1.200	1.80100	34.92
15	30,2785	5.900	1.64000	60.20
16	-70,1396	1.500		
17	34,0885	6.000	1.48749	70.31
18	-42,6106	1.300	1.80610	40.97
19	401,2557	2.700		
20	∞	14.110		

(絞りS)

21	350.0000	1.200	1.83400	37.18
22	30.1592	4.800	1.51680	63.88
23	-94.9908	0.200		
24	66.3243	2.800	1.80100	34.92
25	-132.5118	可変		
26	-92.0997	2.200	1.80518	25.45
27	-44.0090	6.500		
28	-36.9702	1.000	1.77250	49.62
29	68.3346	可変		
30	-24.5000	1.400	1.62004	36.40
31	-41.1519	0.200		
32	106.0000	3.800	1.67003	47.14
33	-106.0000	BF		

像面           oo

[各種データ]

変倍比	4.05		
	W	M	T
f	72.1	100.0	292.0
FN0	4.49	4.86	5.88
2 $\omega$	33.96	24.48	8.44
Ymax	21.60	21.60	21.60
TL	190.13	205.07	245.82
BF	39.12	46.45	67.12

[可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離

d5	6.204	21.150	61.895	6.204	21.150	61.895
d13	30.000	22.666	2.000	30.000	22.666	2.000
d25	2.180	3.742	3.895	2.837	4.562	5.614
d29	21.418	19.856	19.703	20.761	19.036	17.984

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f
G1	1	145.319
G2	6	-29.546
G3	14	38.298
G4	26	-48.034
G5	30	324.470

## [ 条件式対応値 ]

- (1)  $f_{vr} / f_{TM2} = 1.755$
- (2)  $n_{vrNZ} / n_{vrP} = 1.098$
- (3)  $v_{vrN} / \nu_{vrP} = 0.580$
- (4)  $(-f_{TM1}) / f_1 = 0.203$
- (5)  $f_{TM2} / f_1 = 0.264$
- (6)  $(-f_N) / f_P = 1.266$
- (7)  $f_1 / f_w = 2.016$
- (8)  $f_1 / (-f_{TM1}) = 4.918$
- (9)  $f_1 / f_{TM2} = 3.794$

[0082] 図2(a)、及び図2(b)はそれぞれ、第1実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び0.30°の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図3は、第1実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の中間焦点距離状態

における無限遠合焦時の諸収差図である。図4(a)、及び図4(b)はそれぞれ、第1実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図5(a)、図5(b)、及び図5(c)はそれぞれ、第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[0083] 図2～図5の各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Yは像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線(λ=587.6nm)、gはg線(λ=435.8nm)をそれぞれ示す。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。なお、以下に示す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。

[0084] 各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態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おり、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0085] (第2実施例)

図6は、本実施形態の第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る変倍光学系は、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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6から構成されている。

[0086] この構成は上記実施形態との関係として、第1レンズ群G1が前側レンズ群GFSに、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3がM1レンズ群GM1に、第4レンズ群G4がM2レンズ群GM2に、第5レンズ群G5がRNレンズ群GRNに対応する。

[0087] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正凸平レン

ズL 1 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3との接合正レンズとから構成される。

[0088] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1と、両凸形状の正レンズL 2 2と、両凹形状の負レンズL 2 3とから構成される。

[0089] 第3レンズ群G 3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 1からなる。

[0090] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 1と両凸形状の正レンズL 4 2との接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 4 3と両凹形状の負レンズL 4 4との接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 5と両凸形状の正レンズL 4 6との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 4 7とから構成される。

[0091] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 5 1と、両凹形状の負レンズL 5 2とから構成される。

[0092] 第6レンズ群G 6は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 1と、両凸形状の正レンズL 6 2とから構成される。

[0093] 本実施例に係る光学系では、第5レンズ群G 5を像面方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。また、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 1と両凸形状の正レンズL 4 2との接合正レンズを光軸と直交する方向へ移動させることによって、手ブレ等による結像位置変位を補正する。すなわち、これらのレンズL 4 1, L 4 2が防振レンズ群を構成し、且つこれが本発明および本実施形態のAレンズ群に対応する。

[0094] なお、全系の焦点距離が $f$ で、防振係数（ブレ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量比）が $K$ のレンズで角度 $\theta$ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用の移動レンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第2実施例の広角端においては、防振係数1.66であり、



焦点距離は72.1mmであるので、 $0.30^\circ$ の回転プレを補正するための防振レンズ群の移動量は0.23mmである。第2実施例の望遠端状態においては、防振係数2.10であり、焦点距離は292.0mmであるので、 $0.20^\circ$ の回転プレを補正するための防振レンズ群の移動量は0.49mmである。

[0095] 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。

[0096] (表2) 第2実施例

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	$\nu d$
物面	$\infty$			
1	107.5723	4.600	1.48749	70.32
2	$\infty$	0.200		
3	96.9007	1.800	1.62004	36.40
4	47.8324	7.200	1.49700	81.61
5	361.3792	可変		
6	139.8663	1.700	1.69680	55.52
7	33.7621	6.806		
8	33.5312	5.500	1.78472	25.64
9	-139.8348	0.637		
10	-492.0620	1.300	1.80400	46.60
11	35.1115	可変		
12	-34.6163	1.200	1.83400	37.18
13	-377.1306	可変		
14	74.8969	1.200	1.80100	34.92
15	31.6202	5.900	1.64000	60.19
16	-69.0444	1.500		
17	34.2668	6.000	1.48749	70.32
18	-42.8334	1.300	1.80610	40.97
19	434.9585	2.700		

20	oo	14.312			(絞りS)
21	350.0000	1.200	1.83400	37.18	
22	30.4007	4.800	1.51680	63.88	
23	-98.0361	0.200			
24	68.9306	2.800	1.80100	34.92	
25	-129.3404	可変			
26	-90.5065	2.200	1.80518	25.45	
27	-44.1796	6.500			
28	-37.6907	1.000	1.77250	49.62	
29	68.3000	可変			
30	-24.5545	1.400	1.62004	36.40	
31	-41.7070	0.200			
32	106.0000	3.800	1.67003	47.14	
33	-106.0000	BF			

像面 oo

[各種データ]

変倍比	4.05		
	W	M	T
f	72.1	100.0	292.0
FN0	4.53	4.89	5.88
2ω	33.98	24.48	8.44
Ymax	21.60	21.60	21.60
TL	190.82	206.02	245.82
BF	39.12	46.27	66.46

[可変間隔データ]

W M T W M T

	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.861	18.057	57.861	2.861	18.057	57.861
d11	5.727	5.812	6.883	5.727	5.812	6.883
d13	30.500	23.259	2.000	30.500	23.259	2.000
d25	2.246	3.634	3.634	2.888	4.436	5.329
d29	22.411	21.023	21.023	21.770	20.221	19.329

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f
G1	1	141.867
G2	6	-104.910
G3	12	-45.774
G4	14	38.681
G5	26	-48.266
G6	30	340.779

## [ 条件式対応値 ]

- (1)  $f_{vr} / f_{TM2} = 1.764$
- (2)  $n_{vrN} / n_{vrP} = 1.098$
- (3)  $\nu_{vrN} / \nu_{vrP} = 0.580$
- (4)  $(-f_{TM1}) / f_1 = 0.208$
- (5)  $f_{TM2} / f_1 = 0.273$
- (6)  $(-f_N) / f_P = 1.248$
- (7)  $f_1 / f_w = 1.968$
- (8)  $f_1 / (-f_{TM1}) = 4.804$
- (9)  $f_1 / f_{TM2} = 3.668$

[0097] 図7(a)、及び図7(b)はそれぞれ、第2実施例に係る防振機能を有

する変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び $0.30^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図8は、第2実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。図9(a)、及び図9(b)はそれぞれ、第2実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図10(a)、図10(b)、及び図10(c)はそれぞれ、第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[0098] 各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態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おり、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[0099] (第3実施例)

図11は、本実施形態の第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る変倍光学系は、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、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6から構成されている。

[0100] この構成は上記実施形態との関係として、第1レンズ群G1が前側レンズ群GFSに、第2レンズ群G2がM1レンズ群GM1に、第3レンズ群G3および第4レンズ群G4がM2レンズ群GM2に、第5レンズ群G5がRNレンズ群GRNに対応する。

[0101] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正凸平レンズ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との接合正レンズとから構成される。

[0102] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凸形状の正レンズL22と、両凹形状の負レンズL2

- 3 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 4 とから構成される。
- [01 03] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合正レンズと、両凸形状の正レンズ L 3 3 と両凹形状の負レンズ L 3 4 との接合正レンズと、開口絞り S とから構成される。
- [01 04] 第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 と両凸形状の正レンズ L 4 2 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 4 3 とから構成される。
- [01 05] 第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1 と、両凹形状の負レンズ L 5 2 とから構成される。
- 第 6 レンズ群 G 6 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 6 1 と、両凸形状の正レンズ L 6 2 とから構成される。
- [01 06] 本実施例に係る光学系では、第 5 レンズ群 G 5 を像面方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。また、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合正レンズを光軸と直交する方向へ移動させることによって、手ブレ等による結像位置変位を補正する。すなわち、これらのレンズ L 3 1 , L 3 2 が防振レンズ群を構成し、且つこれが本発明および本実施形態の A レンズ群に対応する。
- [01 07] なお、全系の焦点距離が  $f$  で、防振係数（ブレ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量比）が  $K$  のレンズで角度  $\theta$  の回転ブレを補正するには、ブレ補正用の移動レンズ群を  $(f \cdot \tan \theta) / K$  だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第 3 実施例の広角端においては、防振係数 1.65 であり、焦点距離は 72.1mm であるので、 $0.30^\circ$  の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.23mm である。第 3 実施例の望遠端状態においては、防振係数 2.10 であり、焦点距離は 292.0mm であるので、 $0.20^\circ$  の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.49mm である。
- [01 08] 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。

[0109] (表3) 第3実施例

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	$\nu d$
物面	$\infty$			
1	106.7563	4.600	1.48749	70.32
2	$\infty$	0.200		
3	99.4635	1.800	1.62004	36.40
4	49.2336	7.200	1.49700	81.61
5	332.7367	可変		
6	152.3830	1.700	1.69680	55.52
7	31.0229	5.695		
8	32.0867	5.500	1.78472	25.64
9	-139.5695	1.399		
10	-403.4713	1.300	1.77250	49.62
11	33.8214	4.300		
12	-34.0003	1.200	1.85026	32.35
13	-235.0206	可変		
14	69.3622	1.200	1.80100	34.92
15	29.8420	5.900	1.64000	60.19
16	-71.2277	1.500		
17	34.4997	6.000	1.48749	70.32
18	-43.1246	1.300	1.80610	40.97
19	382.2412	2.700		
20	$\infty$	可変		(絞りS)
21	350.0000	1.200	1.83400	37.18
22	30.6178	4.800	1.51680	63.88
23	-88.2508	0.200		
24	66.4312	2.800	1.80100	34.92

25	- 142. 7832	可変			
26	-93. 6206	2. 200	1, 805 18	25. 45	
27	-44. 3477	6. 500			
28	-37 . 1859	1. 000	1, 77250	49. 62	
29	68. 3000	可変			
30	-24. 9508	1. 400	1, 62004	36. 40	
31	-42. 7086	0. 200			
32	106. 0000	3. 800	1, 67003	47. 14	
33	- 106. 0000	BF			

像面                oo                                。

#### [各種データ]

変倍比	4. 05		
	W	M	T
f	72. 1	100. 0	292. 0
FN0	4. 49	4. 85	5. 88
2 $\omega$	33. 98	24. 48	8. 44
Ymax	21. 60	21. 60	21. 60
TL	190. 26	205. 79	245. 82
BF	39. 12	46. 10	67. 12

#### [可変間隔データ]

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	5. 981	21. 510	61. 535	5. 981	21. 510	61. 535
d13	30. 000	23. 014	2. 000	30. 000	23. 014	2. 000
d20	14. 365	14. 107	14. 196	14. 365	14. 107	14. 196
d25	2. 202	3. 476	3. 676	2. 867	4. 301	5. 396

d29            21.004    19.988    19.700            20.339    19.163    17.979

[ レンズ群データ ]

群	始面	f
G1	1	145.335
G2	6	-29.607
G3	14	48.974
G4	21	62.364
G5	26	-48.296
G6	30	336.791

[ 条件式対応値 ]

- (1)  $f_{vr} / f_{TM2} = 1.747$   
 (2)  $n_{vrN} / n_{vrP} = 1.098$   
 (3)  $\nu_{vrN} / \nu_{vrP} = 0.580$   
 (4)  $(-f_{TM1}) / f_1 = 0.204$   
 (5)  $f_{TM2} / f_1 = 0.264$   
 (6)  $(-f_N) / f_P = 1.253$   
 (7)  $f_1 / f_w = 2.016$   
 (8)  $f_1 / (-f_{TM1}) = 4.909$   
 (9)  $t_1 / f_{TM2} = 3.786$

[0110] 図12(a)、及び図12(b)はそれぞれ、第3実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び0.3°の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図13は、第3実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。図14(a)、及び図14(b)はそれぞれ、第3実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の望遠端状



態における無限遠合焦時の諸収差図、及び $0.20^\circ$ の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図15(a)、図15(b)、及び図15(c)はそれぞれ、第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[01 11] 各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態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おり、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[01 12] (第4実施例)

図16は、本実施形態の第4実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る変倍光学系は、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、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4から構成されている。

[01 13] この構成は上記実施形態との関係として、第1レンズ群G1が前側レンズ群GFSに、第2レンズ群G2がM1レンズ群GM1に、第3レンズ群G3がM2レンズ群GM2に、第4レンズ群G4がRNレンズ群GRNに対応する。

[01 14] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正凸平レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸形状の正レンズL13との接合正レンズとからなる。

[01 15] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凸形状の正レンズL22と、両凹形状の負レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とからなる。

[01 16] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ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と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL34との接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL

3 5 と両凸形状の正レンズ L 3 6 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 3 7 とからなる。

[01 17] 第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と、両凹形状の負レンズ L 4 2 とからなる。

[01 18] 本実施例に係る光学系では、第 4 レンズ群 G 4 を像面方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。

[01 19] 本実施例に係る変倍光学系では、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合正レンズを光軸と直交する方向へ移動させることによって、手ブレ等による結像位置変位を補正する。すなわち、これらのレンズ 3 1 , L 3 2 が防振レンズ群を構成し、且つこれが本発明および本実施形態の A レンズ群に対応する。

[01 20] なお、全系の焦点距離が f で、防振係数（ブレ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量比）が K のレンズで角度  $\theta$  の回転ブレを補正するには、ブレ補正用の移動レンズ群を  $(f \cdot \tan \theta) / K$  だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第 4 実施例の広角端においては、防振係数 1.64 であり、焦点距離は 72.1mm であるので、 $0.30^\circ$  の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.23mm である。第 4 実施例の望遠端状態においては、防振係数 2.10 であり、焦点距離は 292.0mm であるので、 $0.20^\circ$  の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は 0.48mm である。

[01 21] 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。

[01 22] (表 4) 第 4 実施例

[ レンズ 諸 元 ]

面番号	R	D	n d	v d
物面	$\infty$			
1	124.8083	4.600	1.48749	70.32
2	$\infty$	0.200		
3	111.5077	1.800	1.62004	36.40
4	51.2894	7.200	1.49700	81.61

[各種子一夕]

像面	∞			
29	132.3165	BF		
28	-33.9973	1.000	1.77250	49.62
27	-41.7537	6.500		
26	-76.9453	2.263	1.80518	25.45
25	-197.1038	可変		
24	75.5608	3.209	1.80100	34.92
23	-59.1982	0.200		
22	34.5376	5.275	1.51680	63.88
21	812.4602	1.200	1.83400	37.18
20	∞	18.922		(絞りS)
19	-2388.6437	2.700		
18	-43.0594	1.300	1.80610	40.97
17	40.5722	6.000	1.48749	70.32
16	-70.9140	1.500		
15	32.8582	5.862	1.64000	60.19
14	80.2408	1.200	1.80100	34.92
13	-124.4232	可変		
12	-33.1285	1.200	1.85026	32.35
11	37.7537	4.300		
10	-243.6400	1.300	1.77250	49.62
9	-126.9611	1.768		
8	33.1180	5.224	1.78472	25.64
7	32.6209	3.624		
6	1232.8716	1.700	1.69680	55.52
5	-4057.4569	可変		

変倍比	4.05		
	W	M	T
f	72.1	100.0	292.0
FN0	4.68	4.90	6.19
2 $\omega$	33.78	23.92	8.22
Ymax	21.60	21.60	21.60
TL	189.82	210.78	245.82
BF	64.99	69.56	89.99

	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	2.000	22.956	58.000	2.000	22.956	58.000
d13	30.000	25.721	2.000	30.000	25.721	2.000
d25	2.777	2.495	5.785	3.449	3.343	7.497

## [ レンズ群データ ]

群	始面	f
G1	1	139.523
G2	6	-29.733
G3	14	41.597
G4	26	-54.885

## [ 条件式対応値 ]

- (1)  $f_{vr} / f_{TM2} = 1.728$
- (2)  $n_{vrN} / n_{vrP} = 1.098$
- (3)  $\nu_{vrN} / \nu_{vrP} = 0.580$
- (4)  $(-f_{TM1}) / f_1 = 0.213$
- (5)  $f_{TM2} / f_1 = 0.298$

$$(7) \quad f_1 / f_w = 1.935$$

$$(8) \quad f_1 / (-f_{TM1}) = 4.693$$

$$(9) \quad t_1 / f_{TM2} = 3.354$$

[01 23] 図 17 (a) 及び図 17 (b) はそれぞれ、第 4 実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び  $0.30^\circ$  の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図 18 は、第 4 実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の中間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。図 19 (a) 及び図 19 (b) はそれぞれ、第 4 実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び  $0.20^\circ$  の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図 20 (a)、図 20 (b) 及び図 20 (c) はそれぞれ、第 4 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[01 24] 各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態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おり、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[01 25] (第 5 実施例)

図 21 は、本実施形態の第 5 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る変倍光学系は、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G5 から構成されている。

[01 26] この構成は上記実施形態との関係として、第 1 レンズ群 G1 が前側レンズ群 GFS に、第 2 レンズ群 G2 が M1 レンズ群 GM1 に、第 3 レンズ群 G3 が M2 レンズ群 GM2 に、第 4 レンズ群 G4 が RN レンズ群 GRN に対応する。

[01 27] 第 1 レンズ群 G1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正凸平レン

ズL 1 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3との接合正レンズとから構成される。

[01 28] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1と、両凸形状の正レンズL 2 2と、両凹形状の負レンズL 2 3と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 4とから構成される。

[01 29] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸形状の正レンズL 3 2との接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 3 3と両凹形状の負レンズL 3 4との接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 5と両凸形状の正レンズL 3 6との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 3 7とから構成される。

[01 30] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4 1と、両凹形状の負レンズL 4 2とから構成される。

[01 31] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 1と、両凸形状の正レンズL 5 2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5 3とから構成される。

[01 32] 本実施例に係る光学系では、第4レンズ群G 4を像面方向へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体への合焦が行われる。また、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸形状の正レンズL 3 2との接合正レンズを光軸と直交する方向へ移動させることによって、手ブレ等による結像位置変位を補正する。すなわち、これらのレンズL 3 1, L 3 2が防振レンズ群を構成し、且つこれが本発明および本実施形態のAレンズ群に対応する。

[01 33] なお、全系の焦点距離がfで、防振係数（ブレ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量比）がKのレンズで角度 $\theta$ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用の移動レンズ群を  $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交方向に移動させればよい。第4実施例の広角端においては、防振係数1.65であり、焦点距離は72.1mmであるので、 $0.30^\circ$ の回転ブレを補正するための防振レン

ズ群の移動量は0.23mmである。第4実施例の望遠端状態においては、防振係数2.10であり、焦点距離は292.0mmであるので、0.20°の回転ブレを補正するための防振レンズ群の移動量は0.49mmである。

[0134] 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。

[0135] (表5) 第5実施例

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>
物面	∞			
1	109.5099	4.600	1.48749	70.32
2	∞	0.200		
3	101,8486	1.800	1.62004	36.40
4	49,,8873	7.200	1.49700	81.61
5	403,,0130	可変		
6	166,,1577	1.700	1.69680	55.52
7	31,1882	3.953		
8	32,,0256	5.500	1.78472	25.64
9	-139,,5816	1.553		
10	-767 ,2482	1.300	1.77250	49.62
11	33,,9202	4.300		
12	-32, ,835 1	1.200	1.85026	32.35
13	-256, ,2484	可変		
14	69,,5902	1.200	1.80100	34.92
15	29,,9877	5.900	1.64000	60.19
16	-70 ,041 1	1.500		
17	36,,227 1	6.000	1.48749	70.32
18	-39, ,9358	1.300	1.806 10	40.97
19	820 ,8027	2.700		
20	∞	14.092		

(絞りS)

21	427.			
22	31.			
23	-89.4727	0.200		
24	73.5865	2.800	1.80100	34.92
25	-110.0493	可変		
26	-83.7398	2.200	1.80518	25.45
27	-42.9999	6.500		
28	-36.8594	1.000	1.77250	49.62
29	73.0622	可変		
30	-26.0662	1.400	1.62004	36.4
31	-40.4068	0.200		
32	143.0444	3.035	1.67003	47.14
33	-220.8402	0.200		
34	100.4330	2.145	1.79002	47.32
35	170.3325	BF		
像面	$\infty$			

## [各種データ]

変倍比	4.05		
	W	M	T
f	72.1	100.0	292.0
FN0	4.48	4.85	5.87
2 $\omega$	33.94	24.44	8.42
Ymax	21.60	21.60	21.60
TL	190.21	205.27	245.82
BF	39.12	46.37	67.13

## [可変間隔データ]



	W	M	T	W	M	T
	無限遠	無限遠	無限遠	近距離	近距離	近距離
d5	5.892	20.953	61.502	5.892	20.953	61.502
d13	30.000	22.752	2.000	30.000	22.752	2.000
d25	2.212	3.707	3.900	2.864	4.521	5.606
d29	21.306	19.811	19.618	20.654	18.997	17.912

[ レンズ群データ ]

群	始面	f
G1	1	145.022
G2	6	-29.562
G3	14	38.233
G4	26	-48.257
G5	30	318.066

[ 条件式対応値 ]

- (1)  $f_{vr} / f_{TM2} = 1.738$
- (2)  $n_{vrN} / n_{vrP} = 1.098$
- (3)  $v_{vrN} / \nu_{vrP} = 0.580$
- (4)  $(-f_{TM1}) / f_1 = 0.204$
- (5)  $f_{TM2} / f_1 = 0.264$
- (6)  $(-f_N) / f_P = 0.947$
- (7)  $f_1 / f_w = 2.011$
- (8)  $f_1 / (-f_{TM1}) = 4.906$
- (9)  $f_1 / f_{TM2} = 3.793$

[0136] 図22(a)、及び図22(b)はそれぞれ、第5実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び0.3

0° の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図 2 3 は、第 5 実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の間焦点距離状態における無限遠合焦時の諸収差図である。図 2 4 ( a ) 、及び図 2 4 ( b ) はそれぞれ、第 5 実施例に係る防振機能を有する変倍光学系の望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図、及び 0.20° の回転プレに対してプレ補正を行った際のメリディオナル横収差図である。図 2 5 ( a ) 、図 2 5 ( b ) 、及び図 2 5 ( c ) はそれぞれ、第 5 実施例に係る変倍光学系の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における近距離合焦時の諸収差図である。

[01 37] 各諸収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態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おり、さらに近距離合焦時にも優れた結像性能を有していることがわかる。

[01 38] 上記各実施例によれば、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速な AF、AF 時の静粛性を実現し、さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を実現することができる。

[01 39] ここで、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。

[0140] なお、以下の内容は、本願の変倍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。

[0141] 本願の変倍光学系の数値実施例として 5 群構成のものと 6 群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成 (例えば、7 群等) の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、本願の変倍光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。なお、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも 1 枚のレンズを有する部分を示す。

[0142] また、本願の変倍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。

[0143] また、本願の変倍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。

[0144] 以上の構成により、上記第1実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ2として搭載した本カメラ1は、合焦用レンズ群を小型軽量化することで、鏡筒を大型化することなく高速なAF、AF時の静粛性を実現し、さらに、広角端状態から望遠端状態への変倍時の収差変動、ならびに無限遠物体から近距離物体への合焦時の収差変動を良好に抑え、良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2～上記第7実施例に係る変倍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。

### 符号の説明

[0145]	G 1	第1レンズ群	G 2	第2レンズ群
	G 3	第3レンズ群	G 4	第4レンズ群
	G 5	第5レンズ群	G F S	前側レンズ群
	G M 1	M 1レンズ群	G M 2	M 2レンズ群
	G R N	R Nレンズ群		
	I	像面	S	開口絞り

## 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前側レンズ群と、負の屈折力を有するM1レンズ群と、正の屈折力を有するM2レンズ群と、負の屈折力を有するRNレンズ群とを有し、

変倍時に、前記前側レンズ群と前記M1レンズ群の間隔が変化し、前記M1レンズ群と前記M2レンズ群の間隔が変化し、前記M2レンズ群と前記RNレンズ群の間隔が変化し、

無限遠物体から近距離物体への合焦の際、前記RNレンズ群が移動し、

前記M2レンズ群は、以下の条件式を満足するAレンズ群を有する変倍光学系。

$$1. \quad 1.0 < f_{vr} / f_{TM2} < 2.00$$

但し、

$f_{vr}$  : 前記Aレンズ群の焦点距離

$f_{TM2}$  : 望遠端状態における前記M2レンズ群の焦点距離

## [請求項2]

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記前側レンズ群が物体側へ移動する請求項1に記載の変倍光学系。

## [請求項3]

前記変倍時に、前記M1レンズ群中の最も物体側にあるレンズ群が像面に対して固定である請求項1もしくは2に記載の変倍光学系。

## [請求項4]

前記Aレンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとからなる請求項1～3のいずれかに記載の変倍光学系。

## [請求項5]

以下の条件式を満足する請求項4に記載の変倍光学系。

$$1. \quad 0.0 < n_{vrN} / n_{vrP} < 1.25$$

但し、

$n_{vrN}$  : 前記Aレンズ群内の負の屈折力を有するレンズの屈折率

$n_{vrP}$  : 前記Aレンズ群内の正の屈折力を有するレンズの屈折率

## [請求項6]

以下の条件式を満足する請求項4もしくは5に記載の変倍光学系。

$$0.30 < \nu_{vrN} / \nu_{vrP} < 0.90$$

但し、

$\nu_{vrN}$  :前記Aレンズ群内の負の屈折力を有するレンズのアップ  
数

$\nu_{vrP}$  :前記Aレンズ群内の正の屈折力を有するレンズのアップ  
数

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれかに記載の変倍光学系。

$$0.15 < (-f_{TM1}) / f_1 < 0.35$$

但し、

$f_{TM1}$  :望遠端状態における前記M1レンズ群の焦点距離

$f_1$  :前記前側レンズ群の焦点距離

[請求項8] 以下の条件式を満足する請求項1～7のいずれかに記載の変倍光学系。

$$0.20 < f_{TM2} / f_1 < 0.40$$

$f_1$  :前記前側レンズ群の焦点距離

[請求項9] 前記Aレンズ群は、手ブレ等による結像位置変位の補正を行うために光軸と直交する方向へ移動可能な防振レンズ群である請求項1～8のいずれかに記載の変倍光学系。

[請求項10] 前記RNレンズ群の像側に隣接して、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズを有する請求項1～9のいずれかに記載の変倍光学系。

[請求項11] 前記RNレンズ群の像側に隣接して、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとを有する請求項1～9のいずれかに記載の変倍光学系。

[請求項12] 以下の条件式を満足する請求項11に記載の変倍光学系。

$$0.70 < (-f_N) / f_P < 2.00$$

但し、

$f_N$  :前記RNレンズ群の像側にある最も負の屈折力が強いレンズ

の焦点距離

$f_P$  :前記RNレンズ群の像側にある最も正の屈折力が強いレンズ

の焦点距離

[請求項 13] 以下の条件式を満足する請求項 1～12 のいずれかに記載の変倍光学系。

$$1.80 < f_1 / f_w < 3.50$$

但し、

$f_w$  :広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

$f_1$  :前記前側レンズ群の焦点距離

[請求項 14] 以下の条件式を満足する請求項 1～13 のいずれかに記載の変倍光学系。

$$3.70 < f_1 / (-f_{TM1}) < 5.00$$

但し、

$f_{TM1}$  :望遠端状態における前記M1レンズ群の焦点距離

$f_1$  :前記前側レンズ群の焦点距離

[請求項 15] 以下の条件式を満足する請求項 1～14 のいずれかに記載の変倍光学系。

$$3.20 < f_1 / f_{TM2} < 5.00$$

但し、

$f_1$  :前記前側レンズ群の焦点距離

[請求項 16] 請求項 1～15 のいずれかに記載の変倍光学系を有する光学機器。

[請求項 17] 請求項 1～15 のいずれかに記載の変倍光学系と、前記変倍光学系によって形成される像を撮像する撮像部とを備える撮像機器。

[請求項 18] 物体側から順に、正の屈折力を有する前側レンズ群と、負の屈折力を有するM1レンズ群と、正の屈折力を有するM2レンズ群と、負の屈折力を有するRNレンズ群とを有して構成される変倍光学系の製造方法であって、

変倍時に、前記前側レンズ群とM1レンズ群の間隔が変化し、前記

M 1 レンズ群と前記 M 2 レンズ群の間隔が変化し、前記 M 2 レンズ群と前記 R N レンズ群の間隔が変化するように配置することを含み、

無限遠物体から近距離物体への合焦の際、前記 R N レンズ群が移動し、

前記 M 2 レンズ群は、以下の条件式を満足する A レンズ群を有する変倍光学系の製造方法。

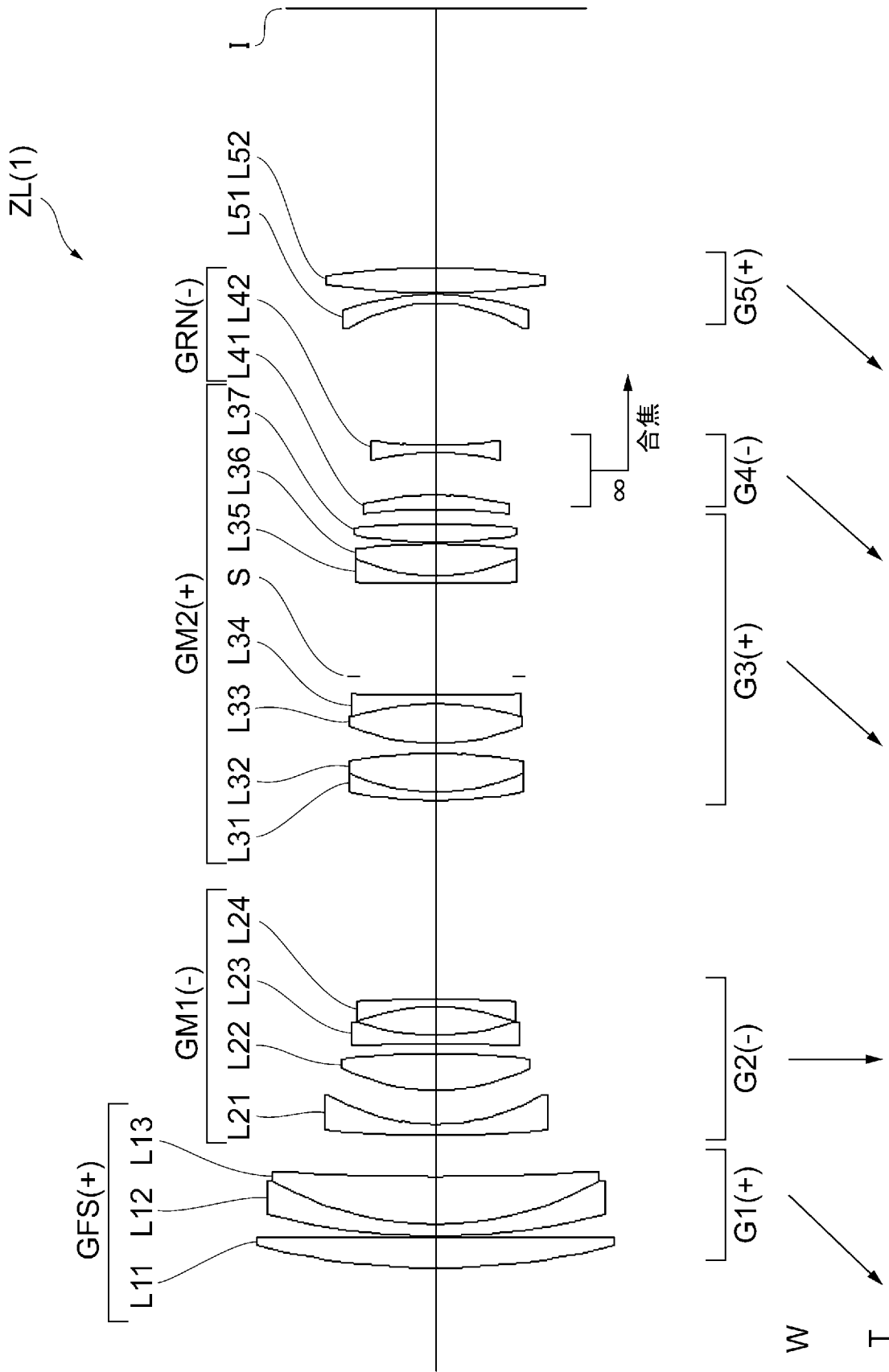
$$1. \quad 1.0 < f_{vr} / f_{TM2} < 2.00$$

但し、

$f_{vr}$  : 前記 A レンズ群の焦点距離

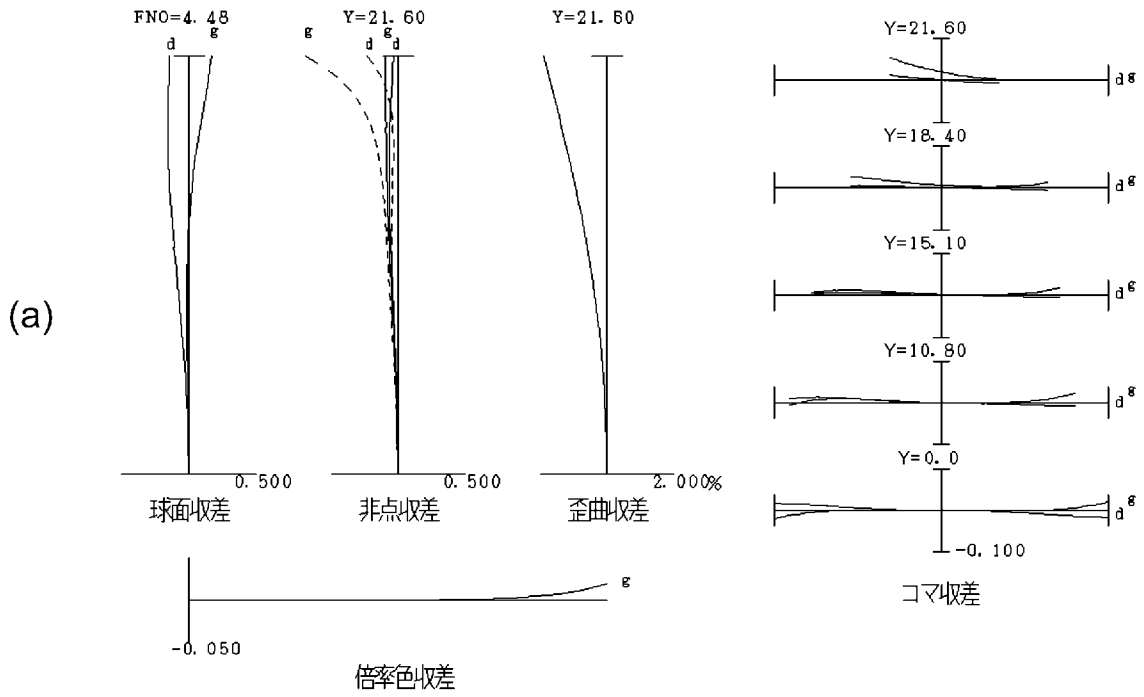
$f_{TM2}$  : 望遠端状態における前記 M 2 レンズ群の焦点距離

[図1]

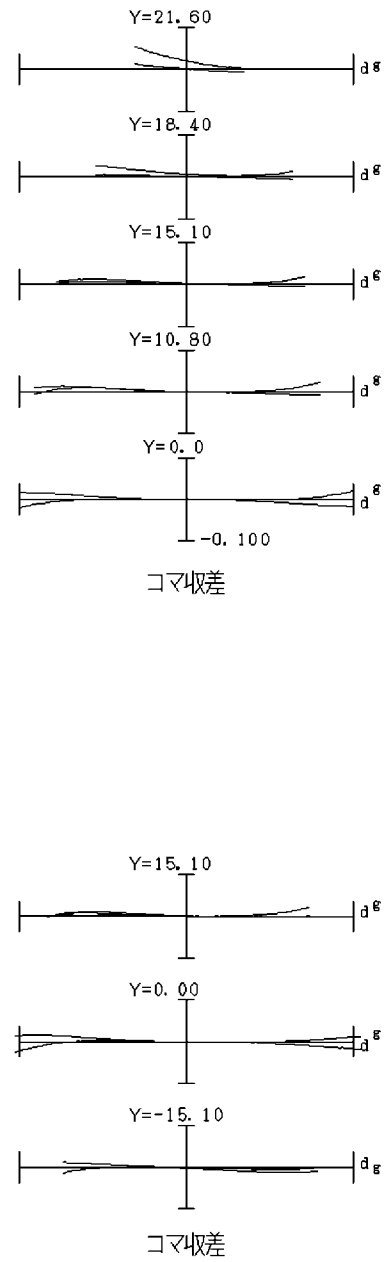




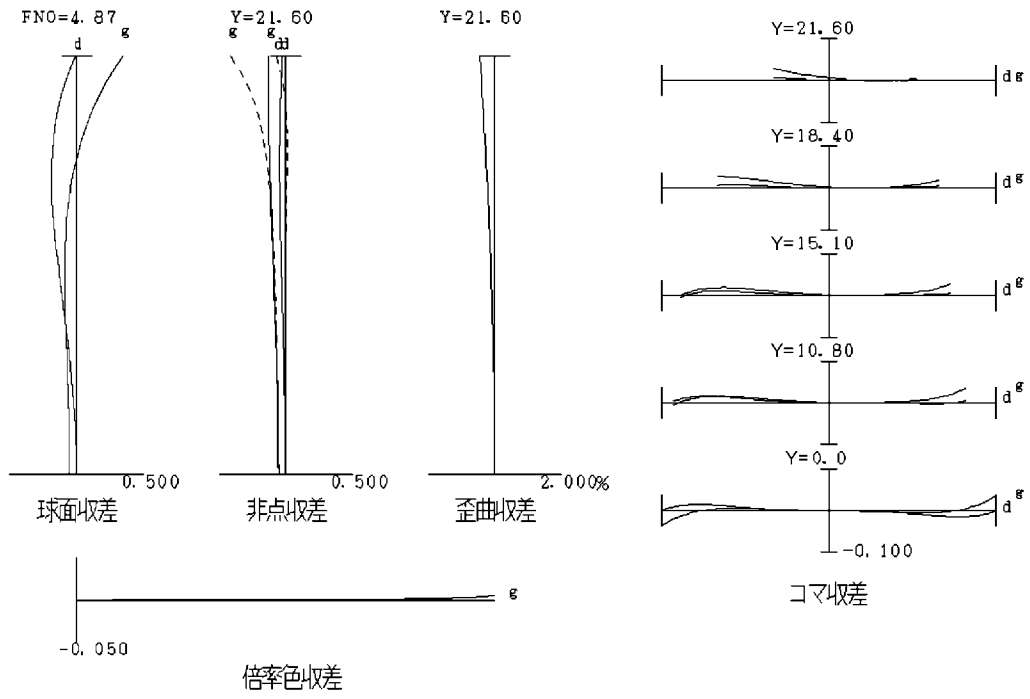
[図2]



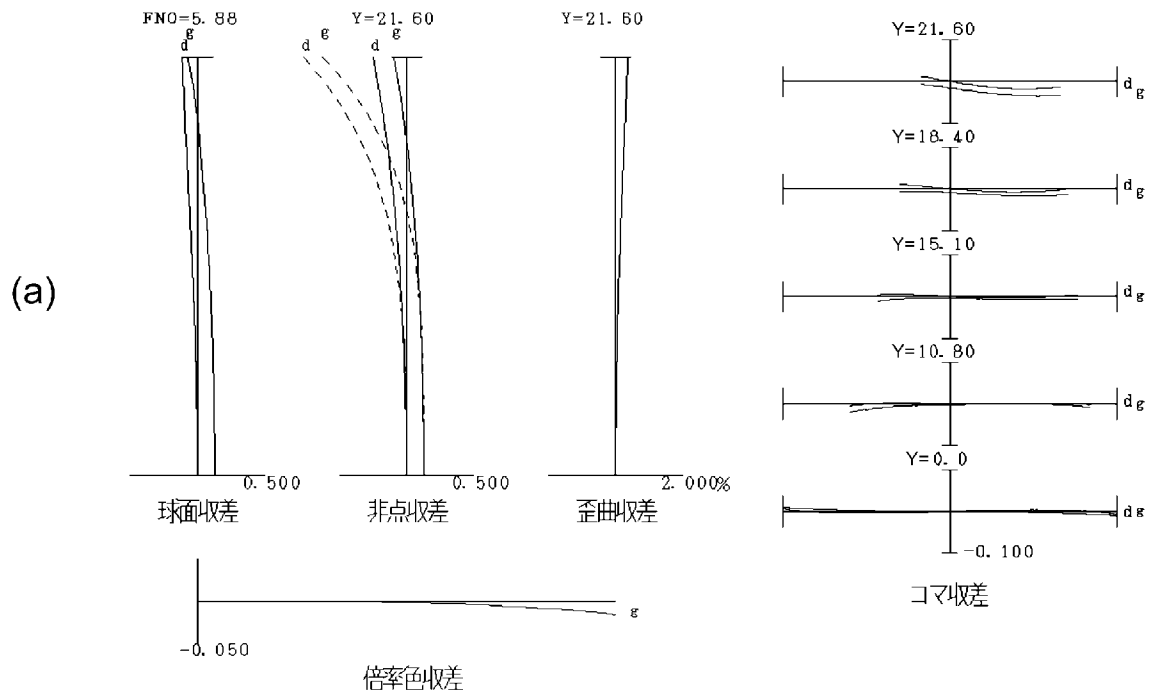
(b)



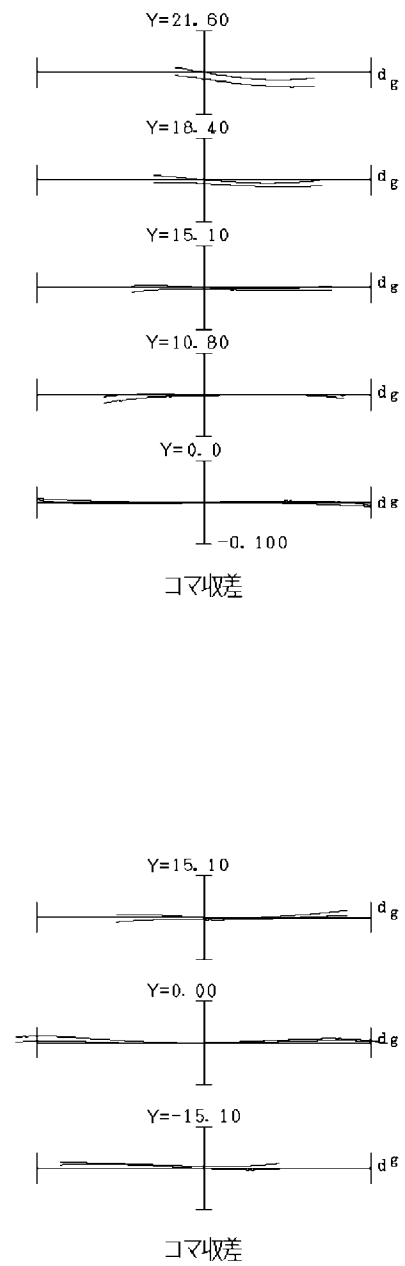
[図3]



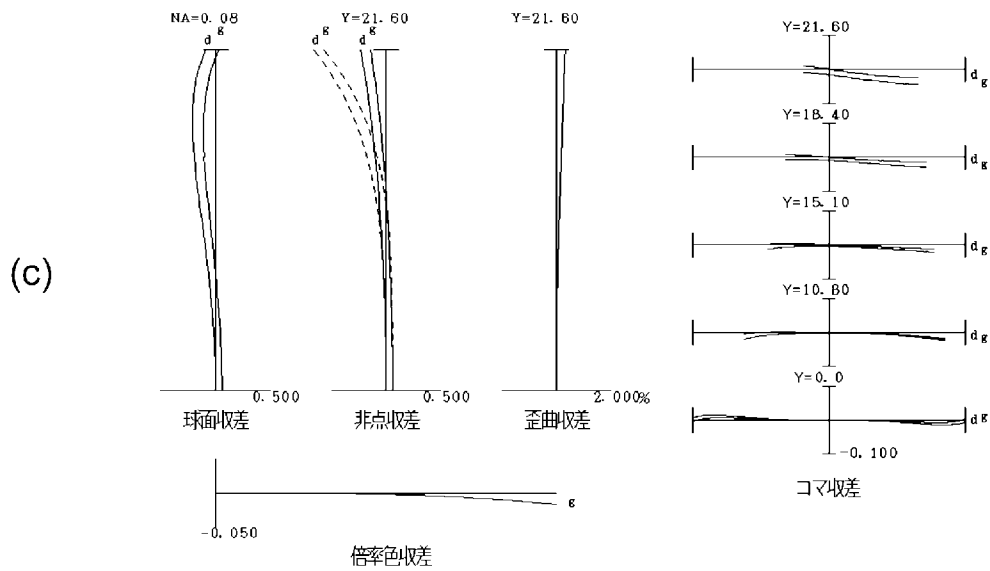
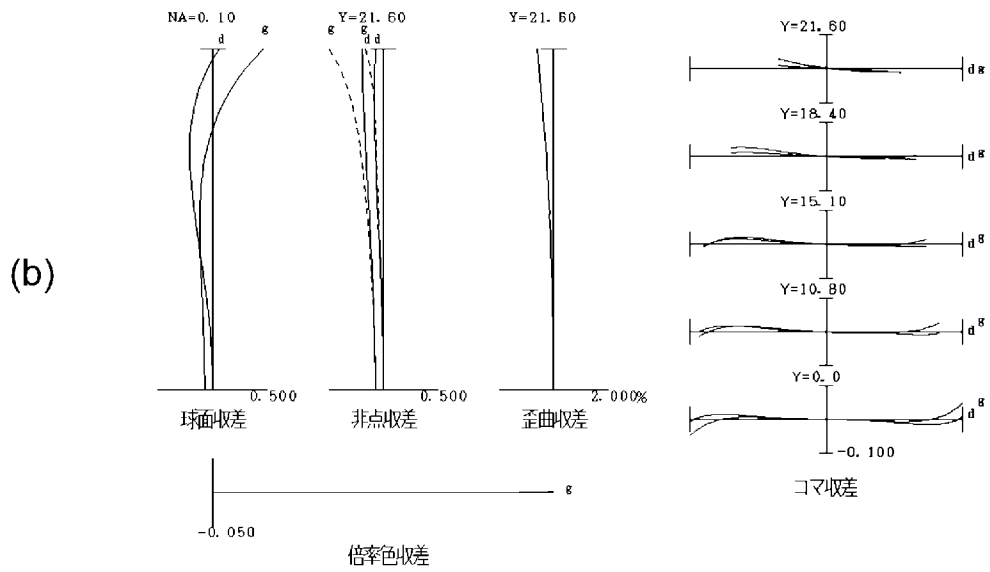
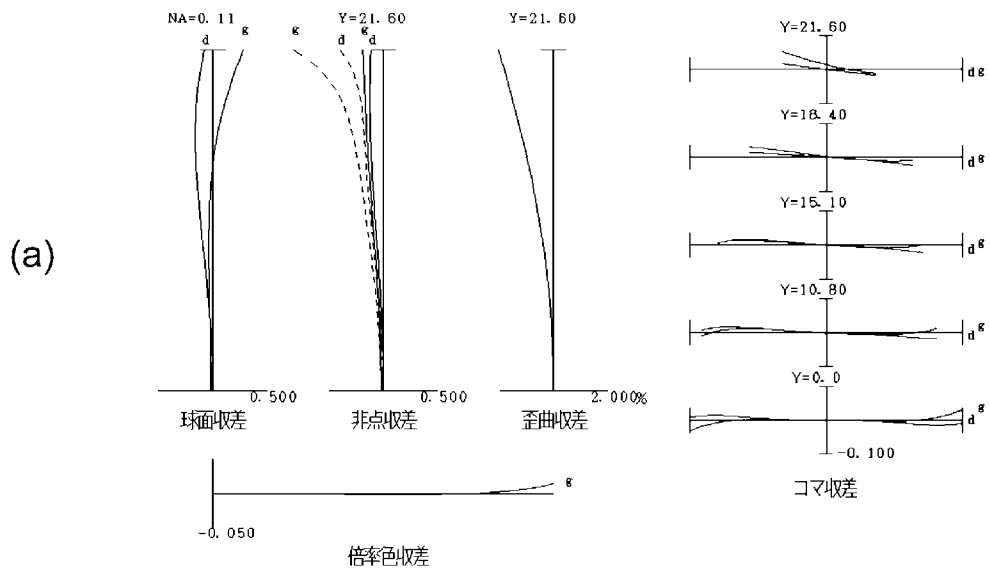
[図4]



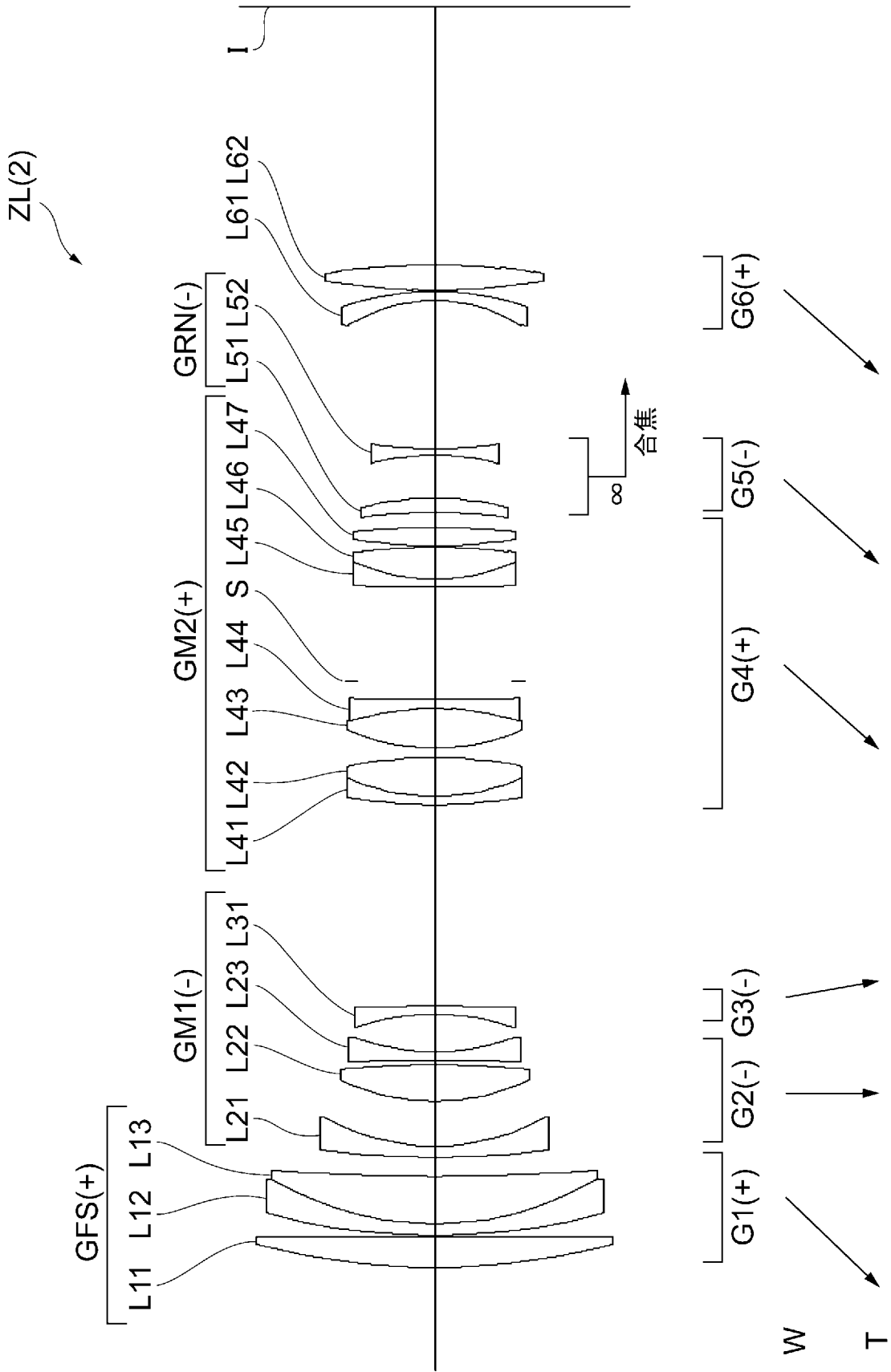
(b)



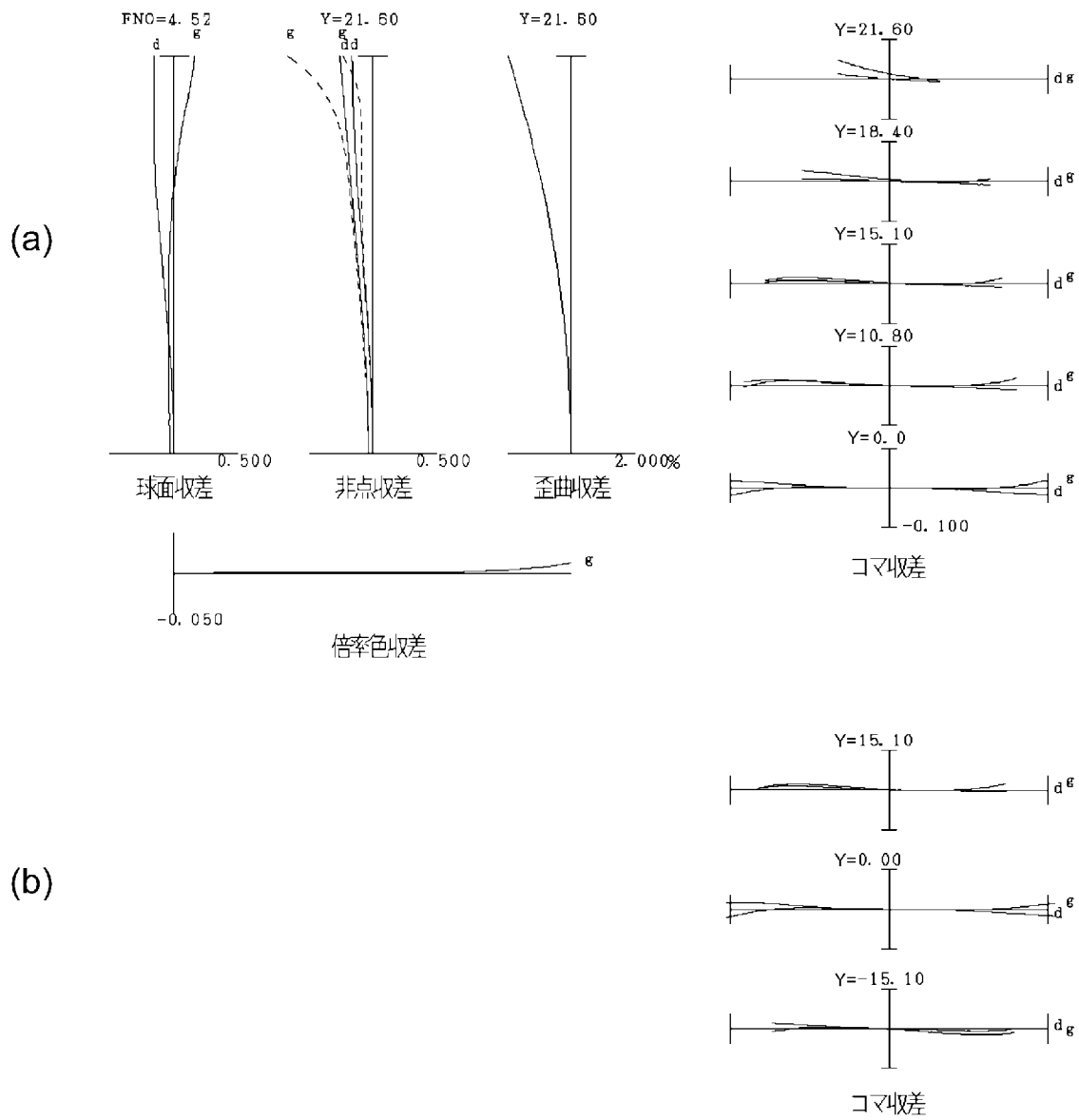
[図5]



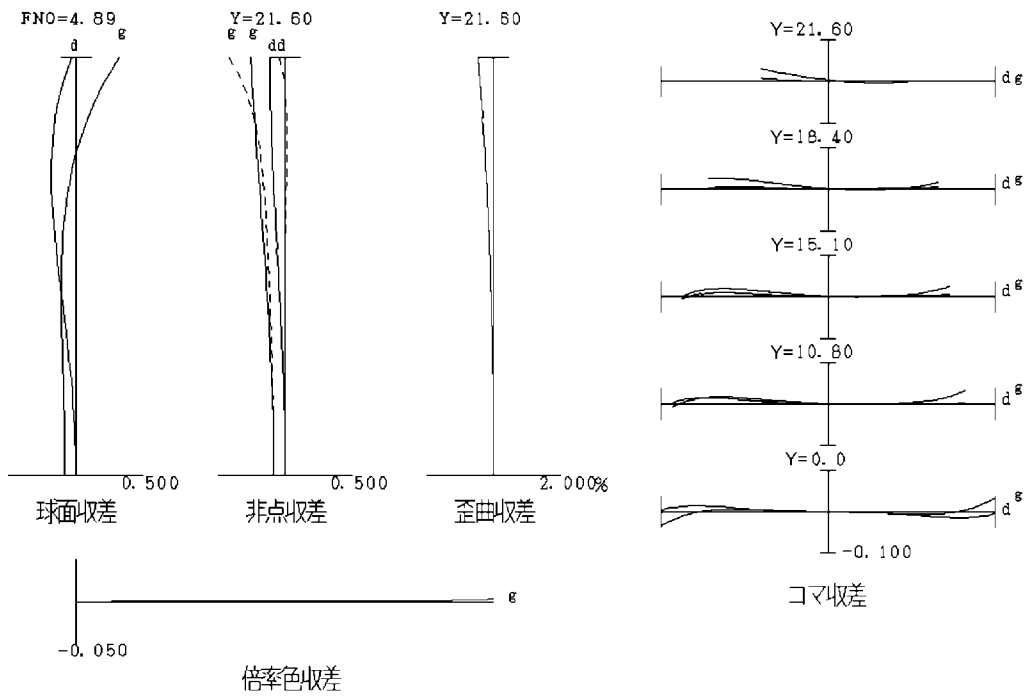
[図6]



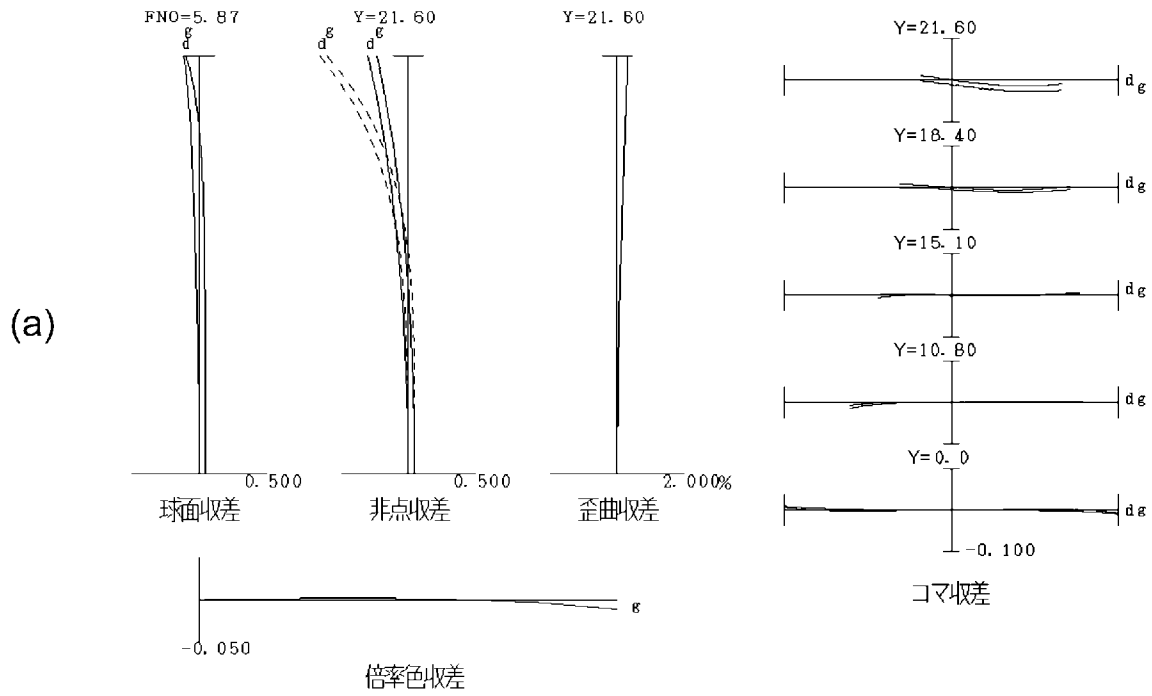
[図7]



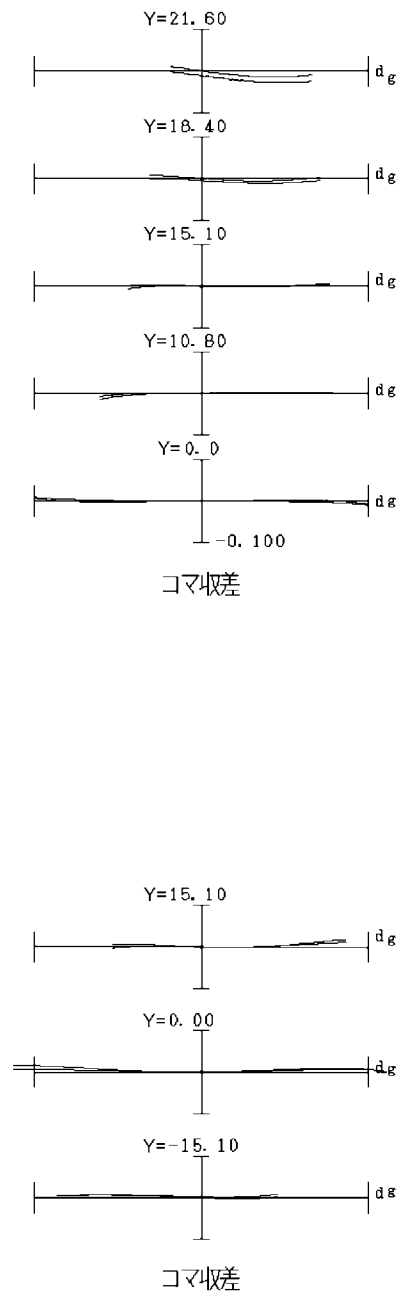
[図8]



[図9]

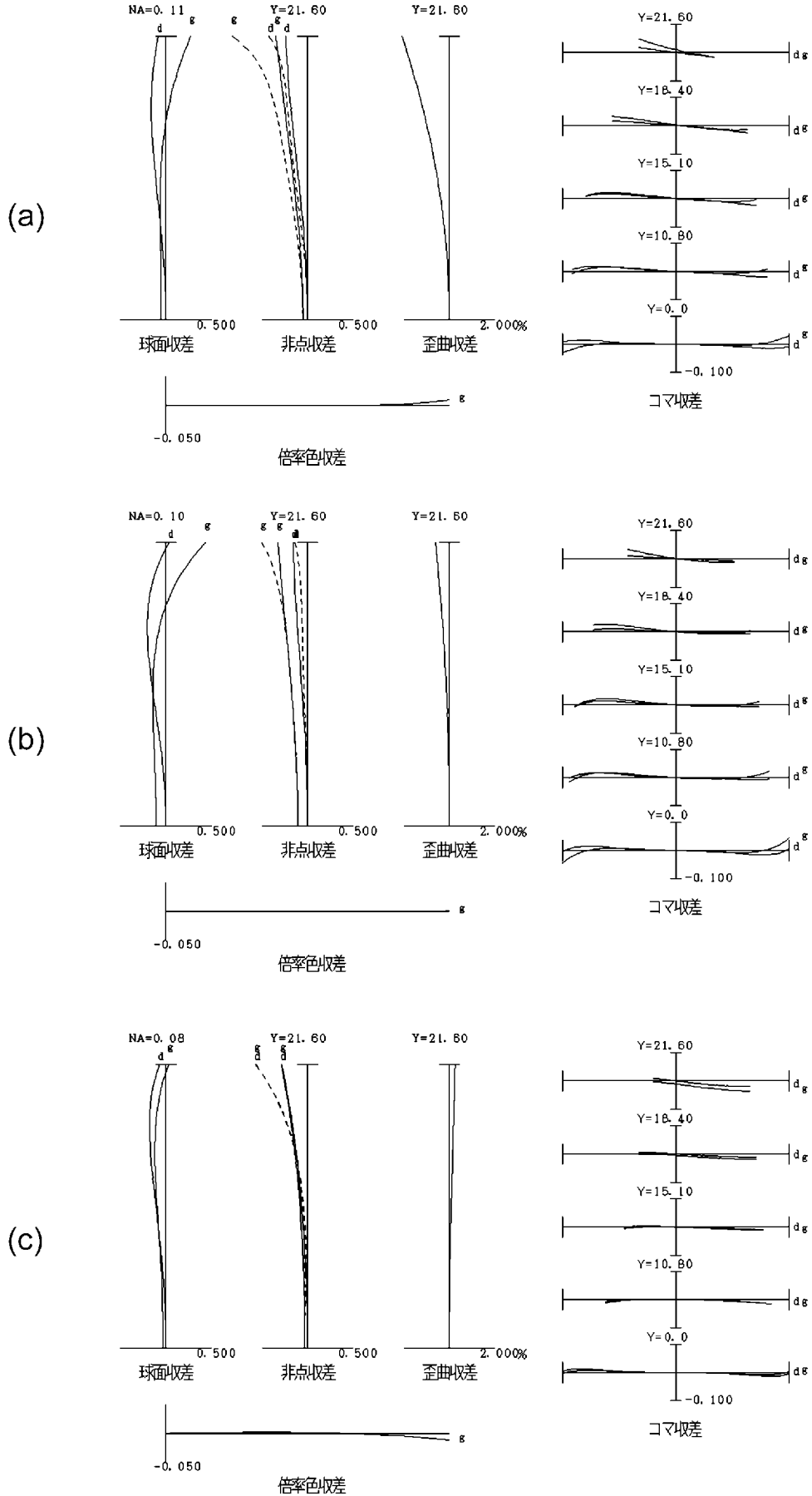


(b)

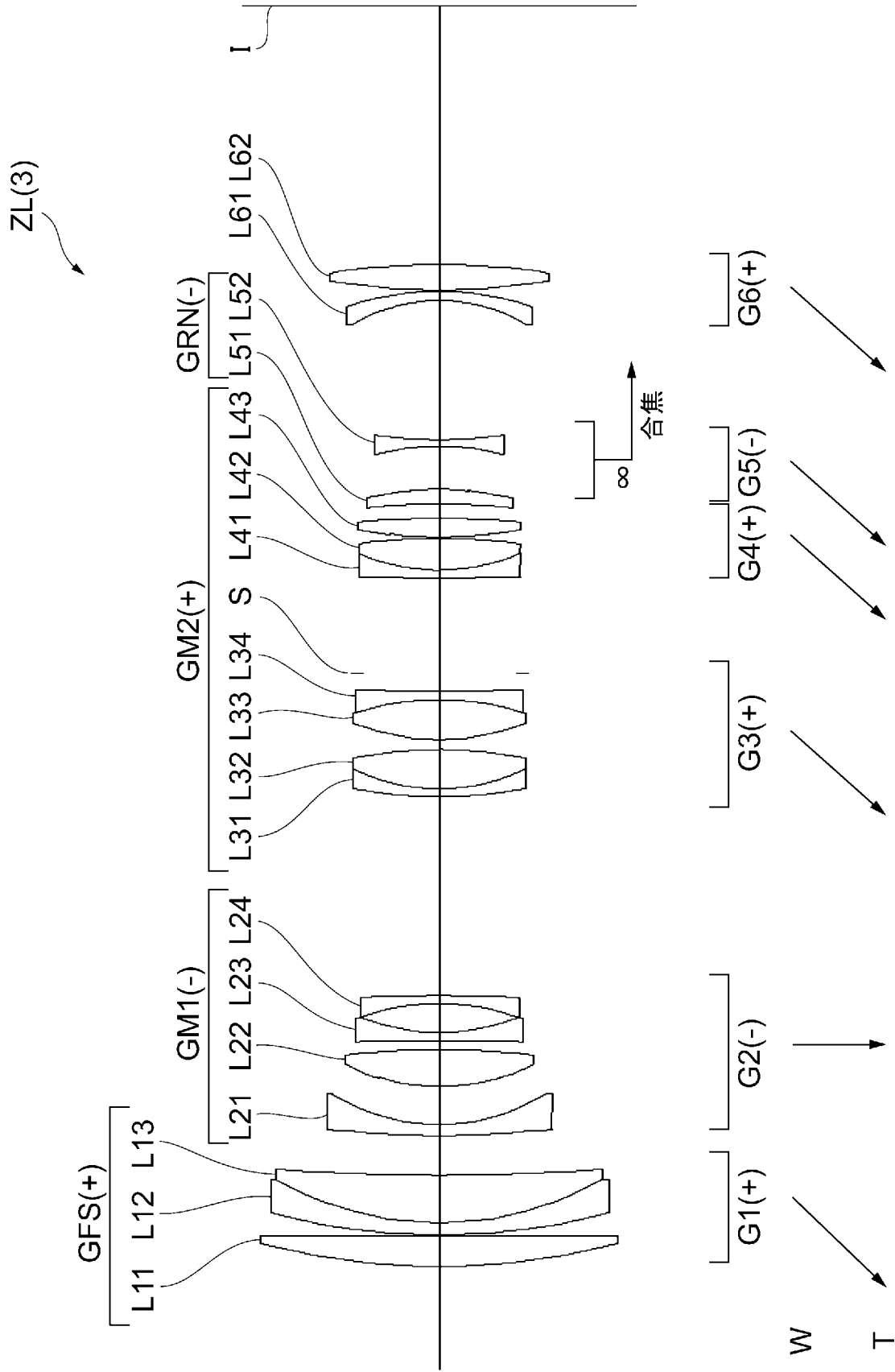




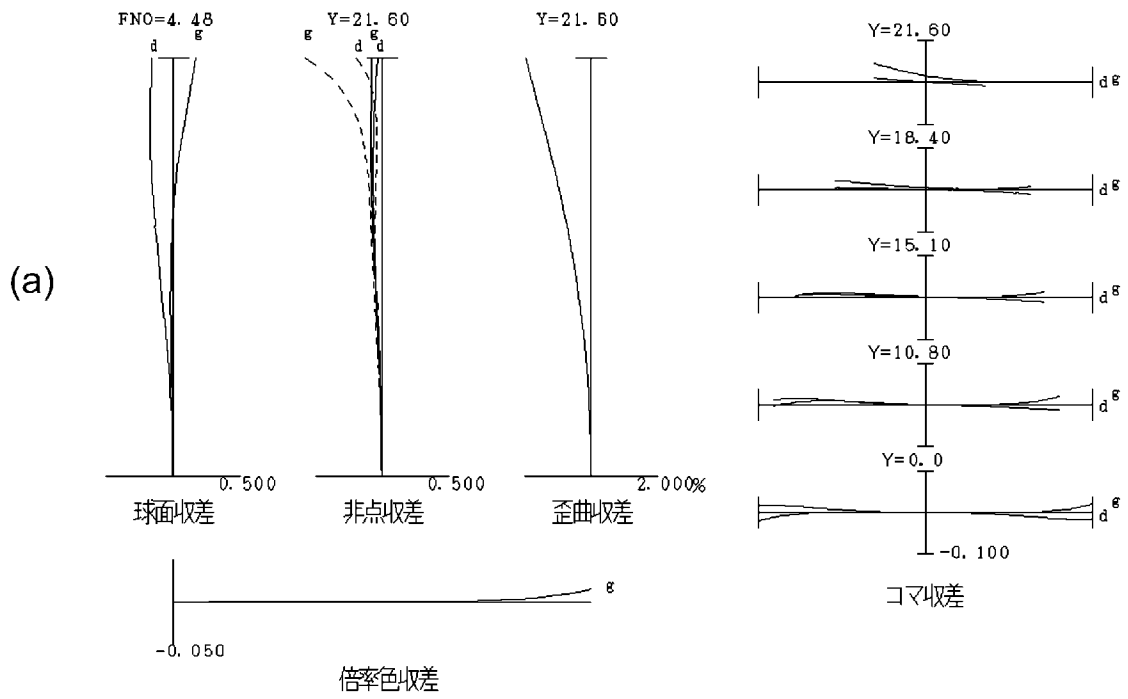
[図10]



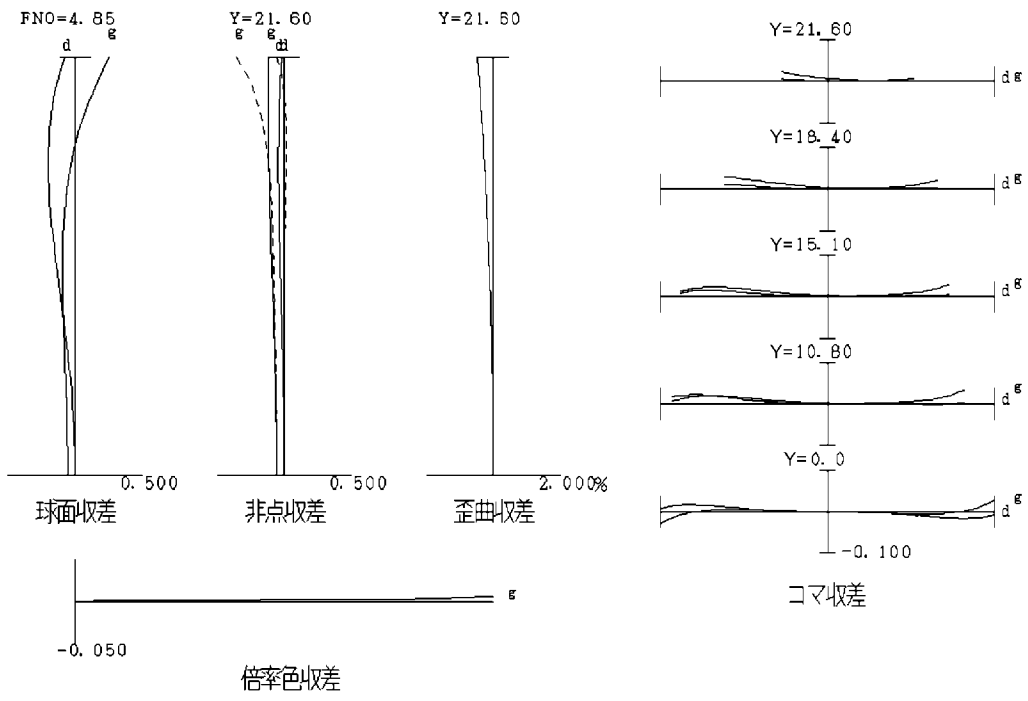
[図11]



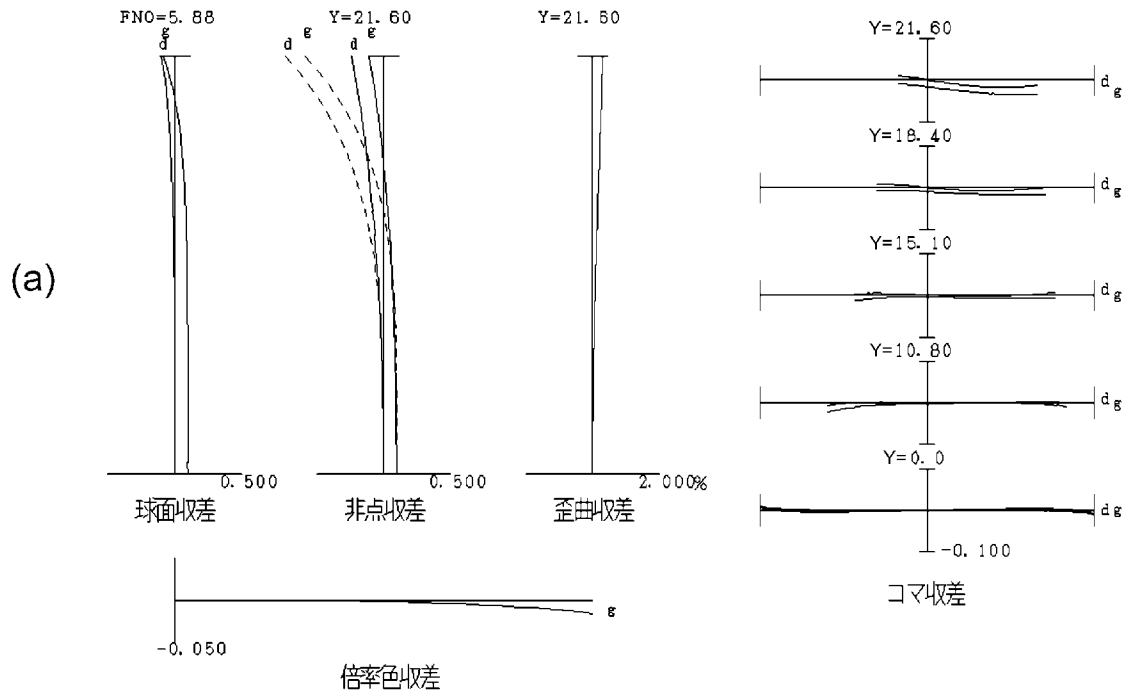
[図12]



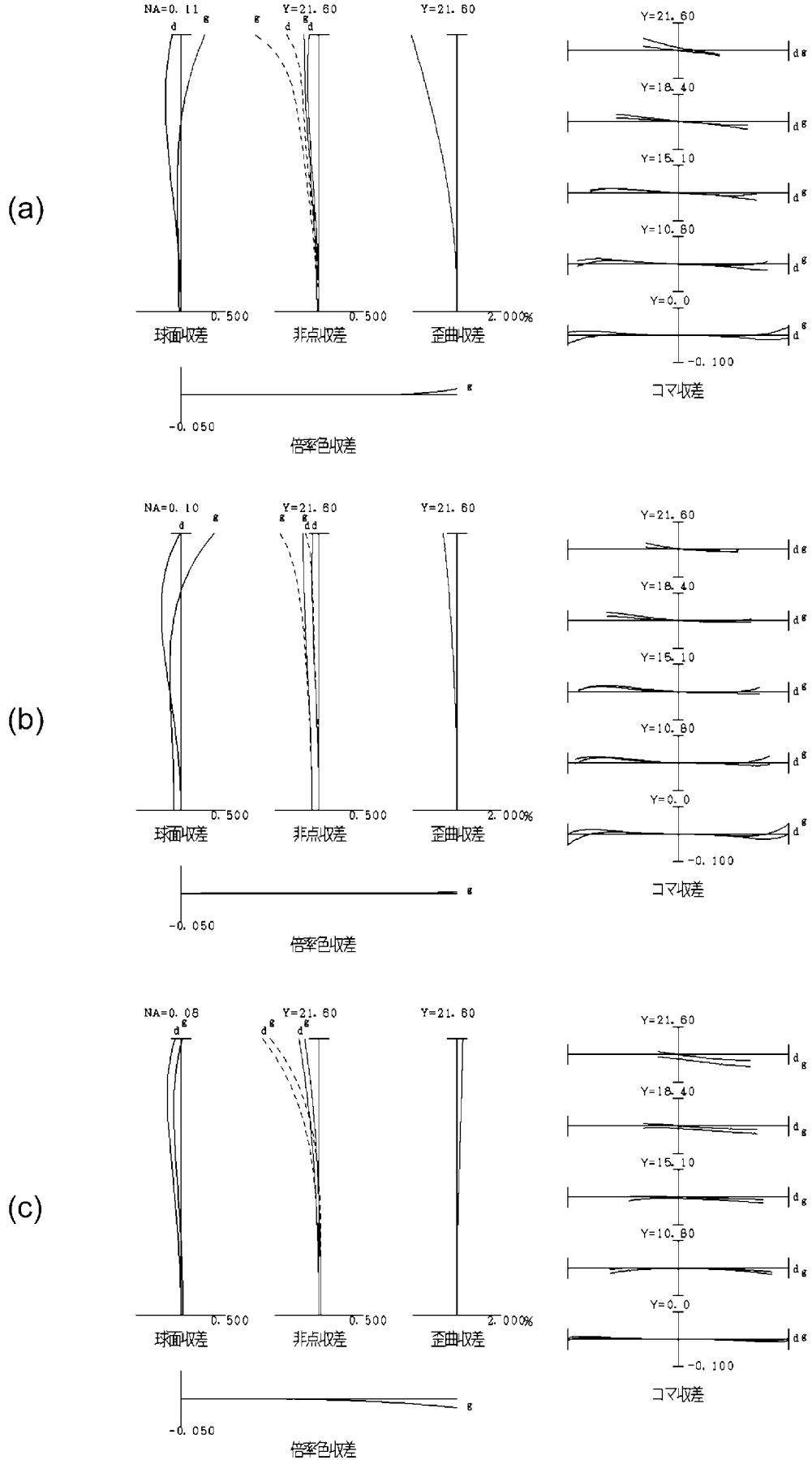
[図13]



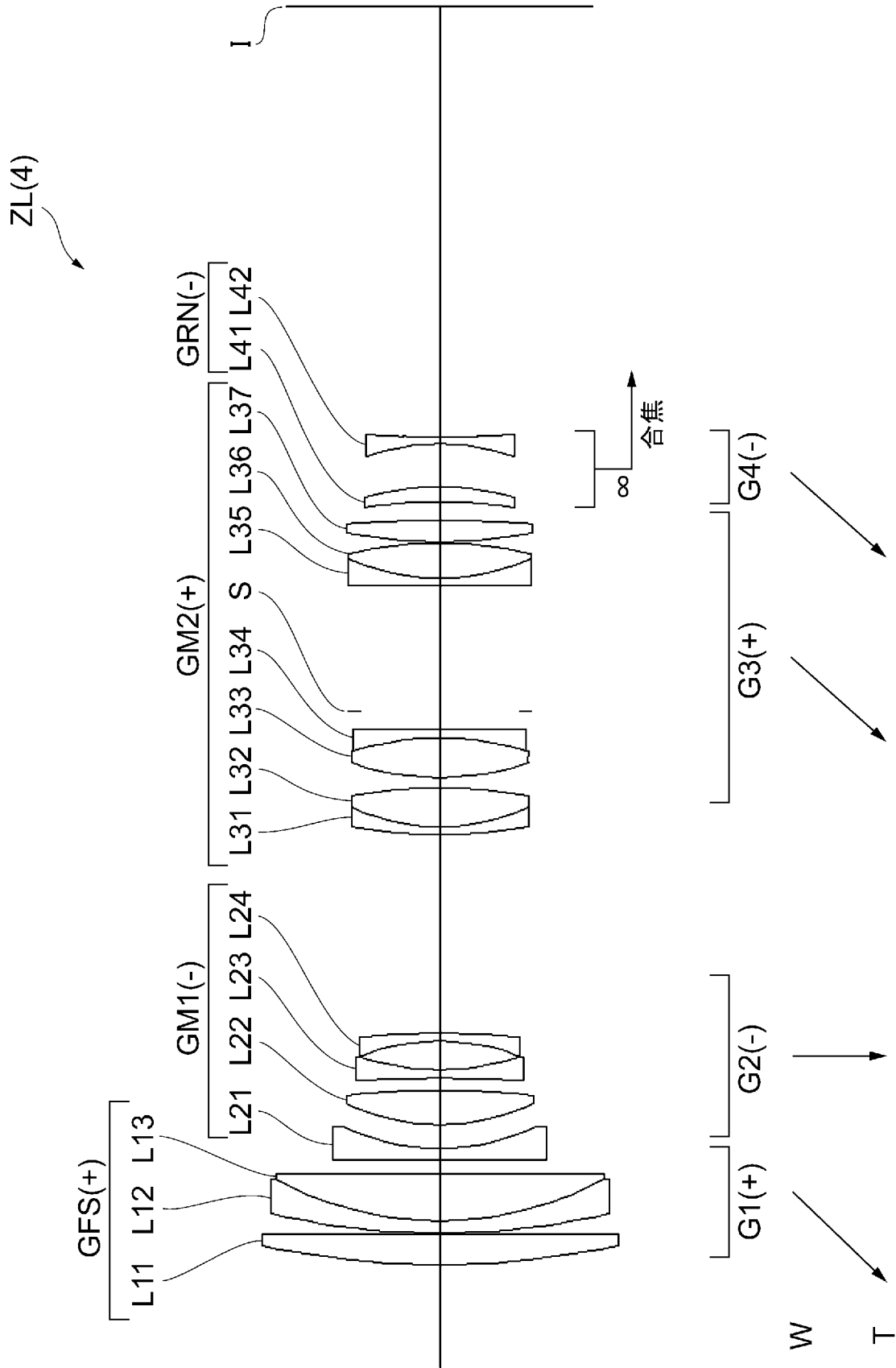
[図14]



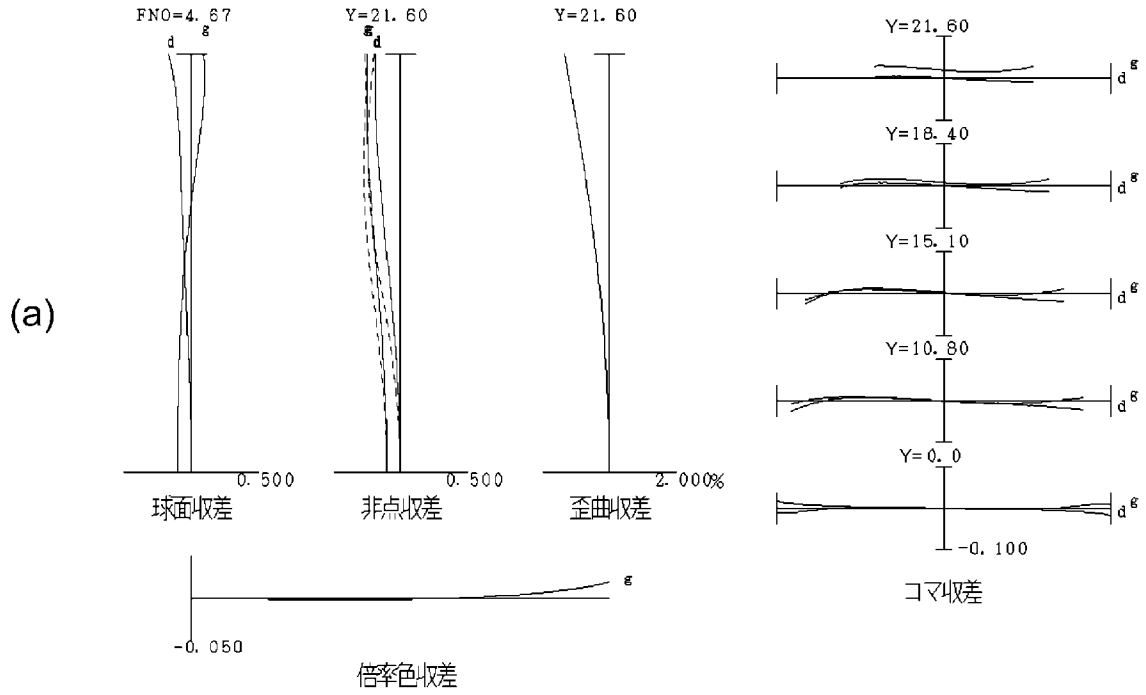
[図15]



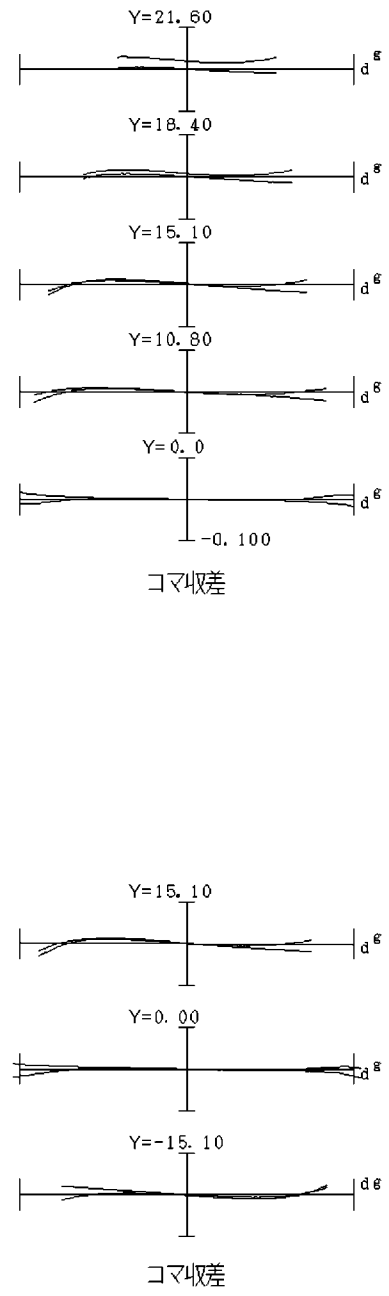
[図16]



[図17]

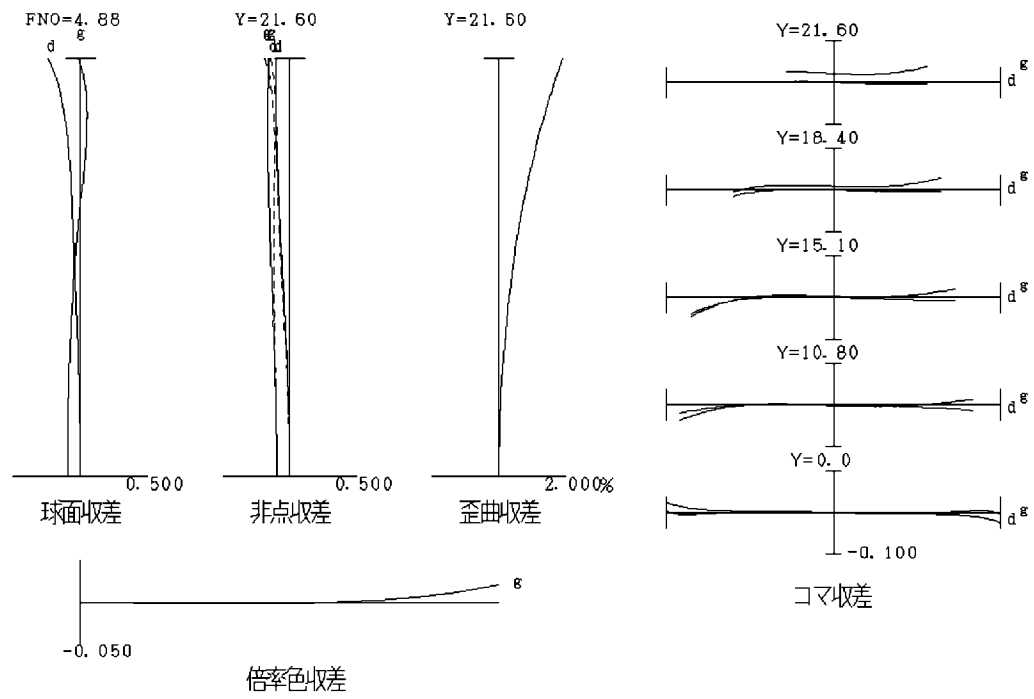


(b)

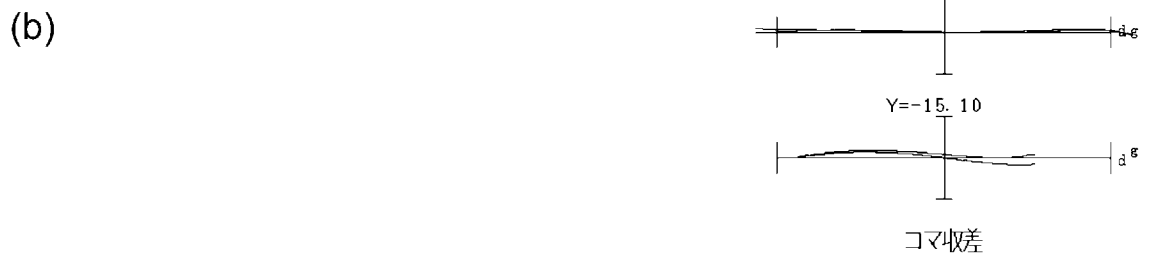
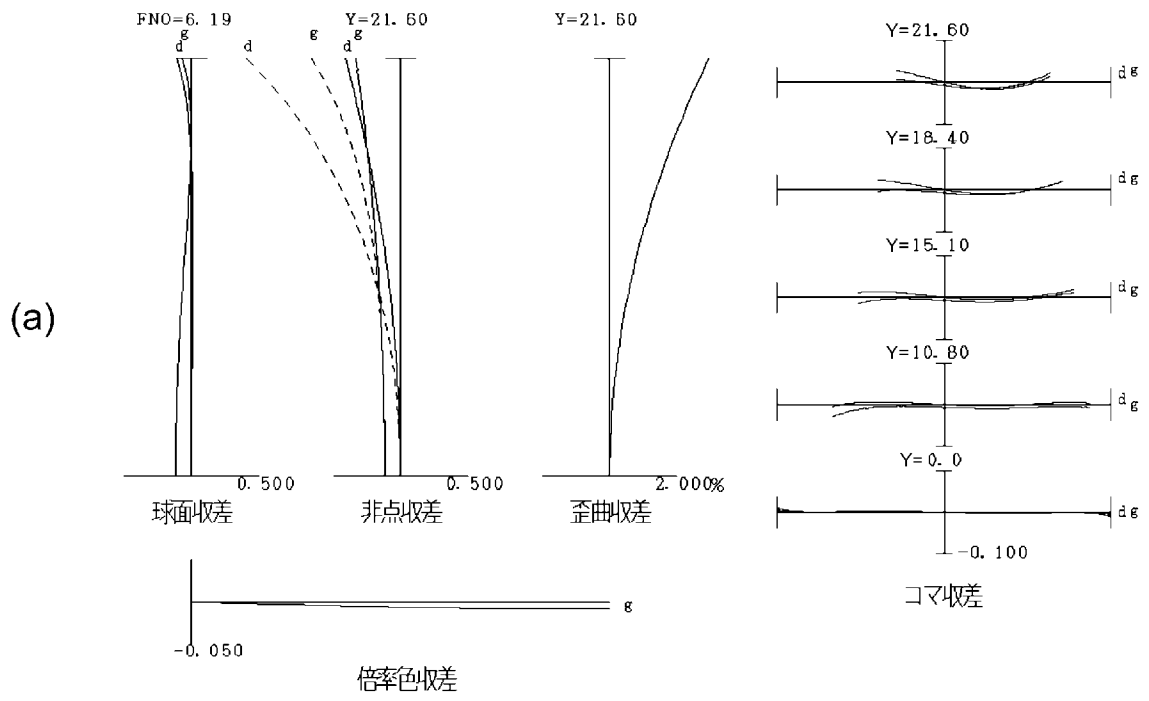




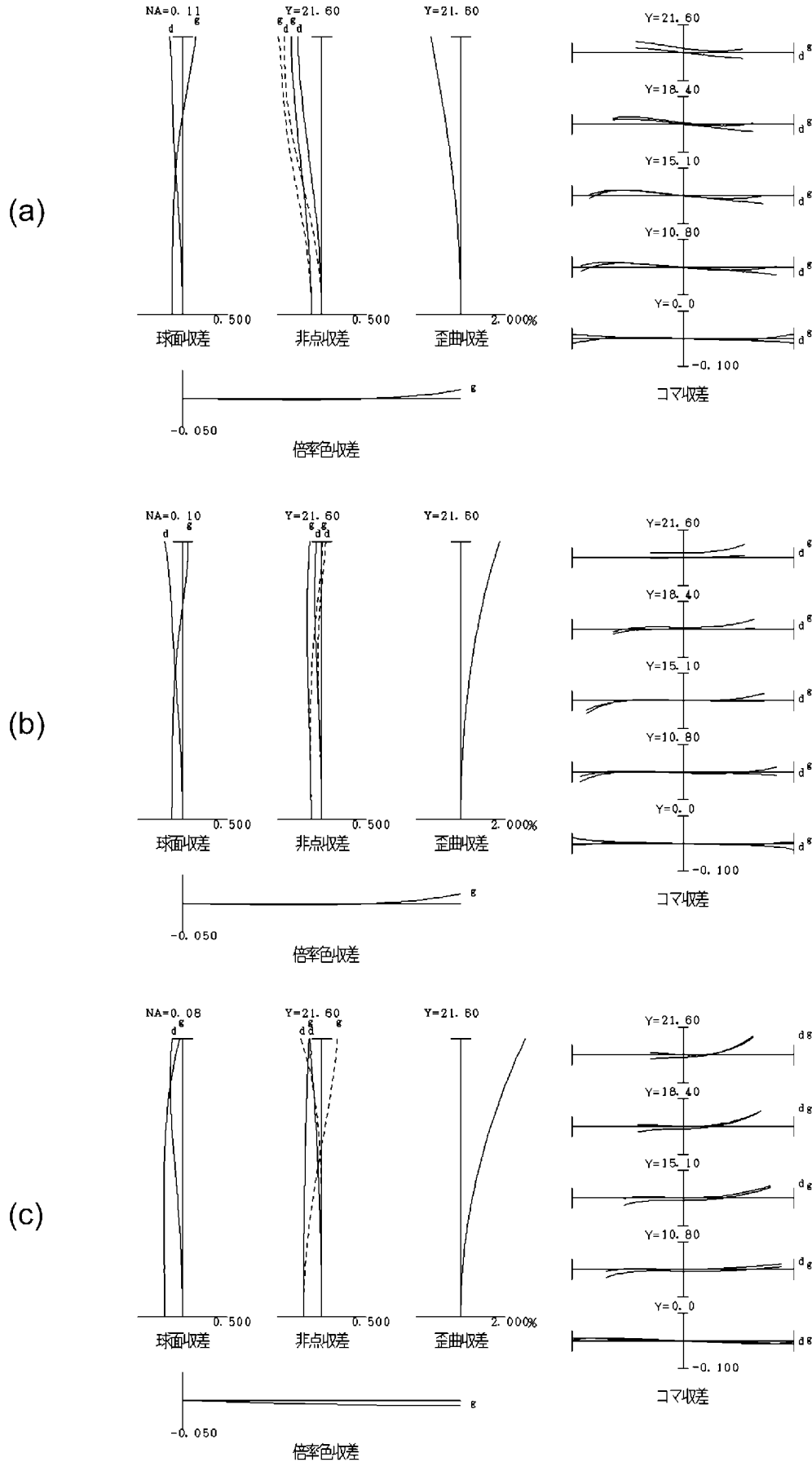
[図18]



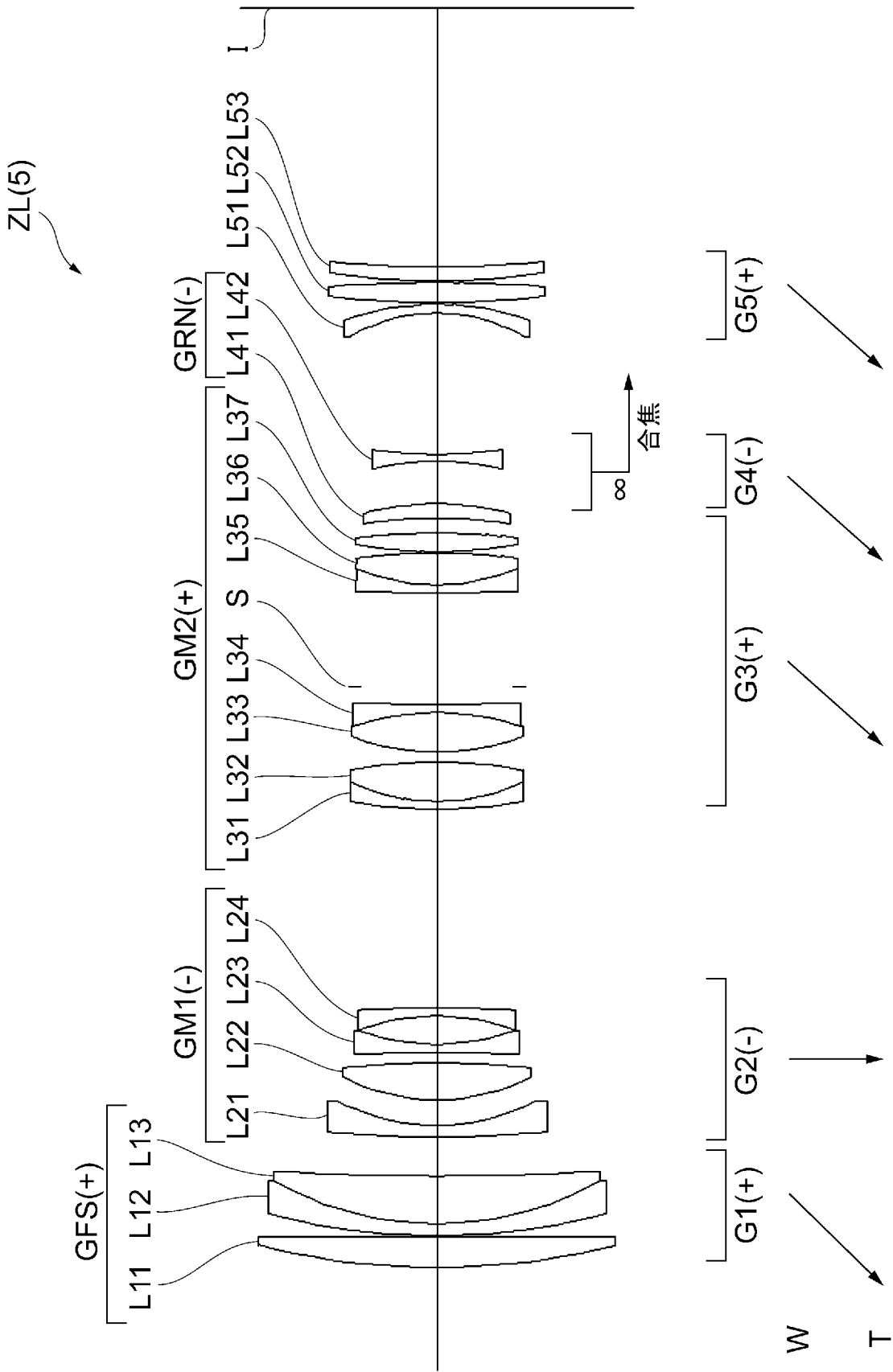
[図19]



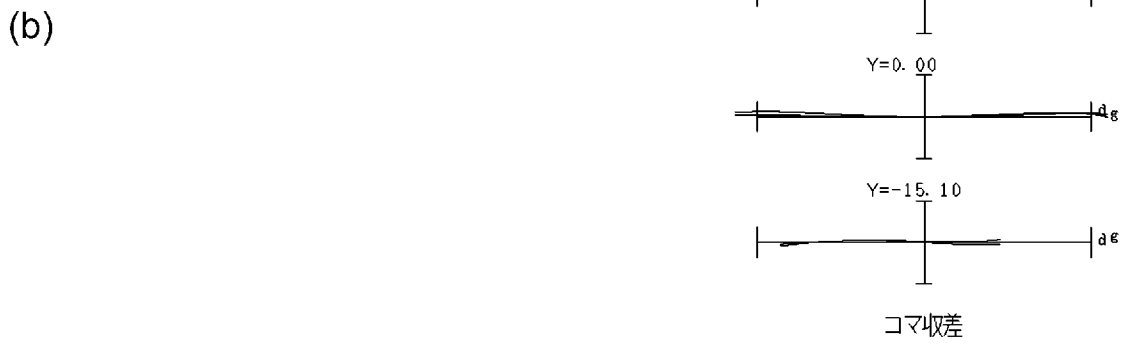
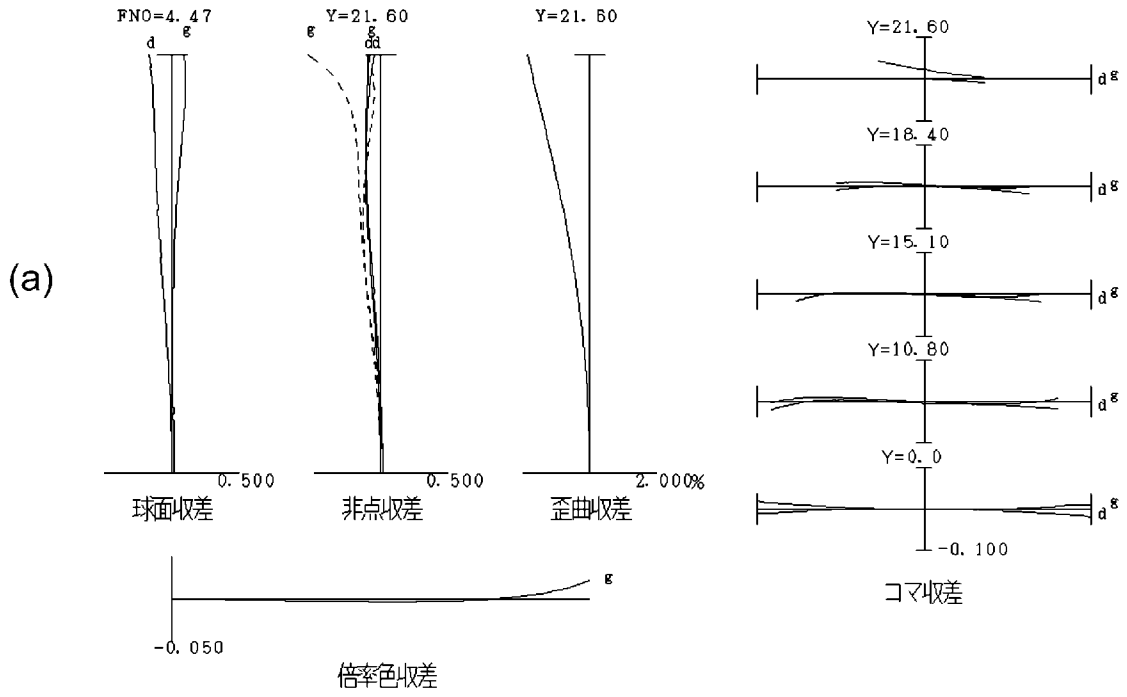
[図20]



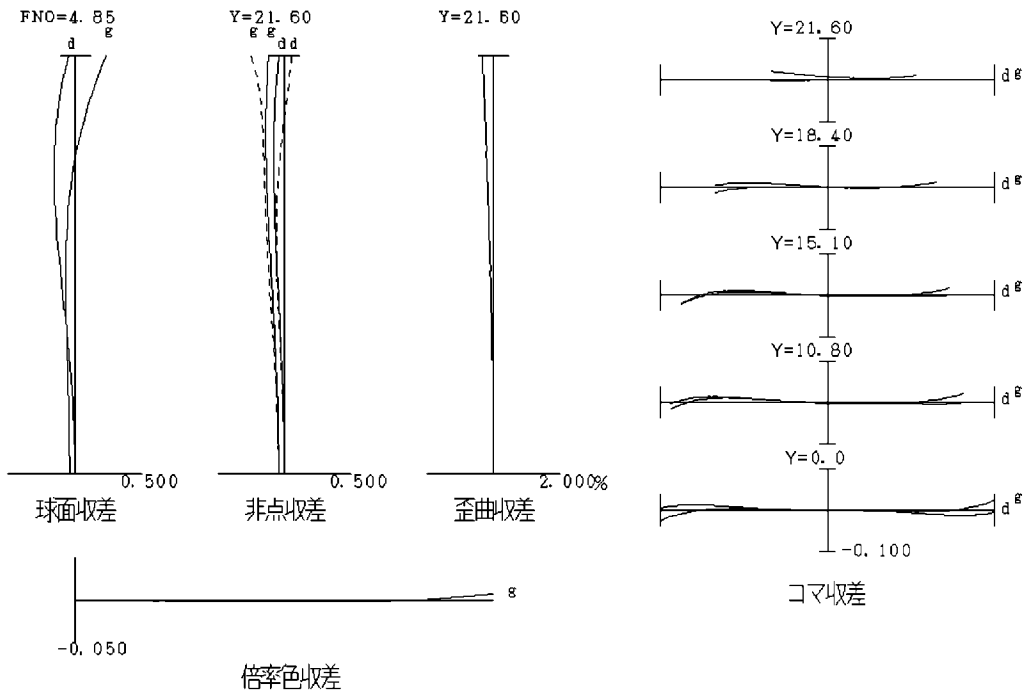
[図21]



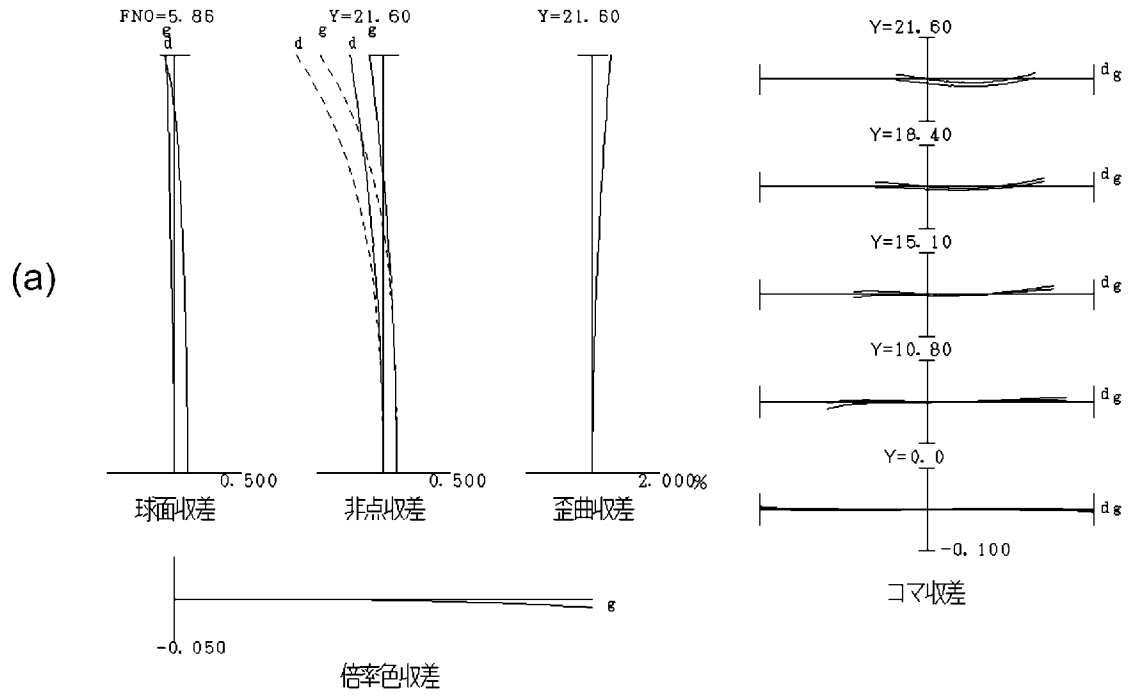
[図22]



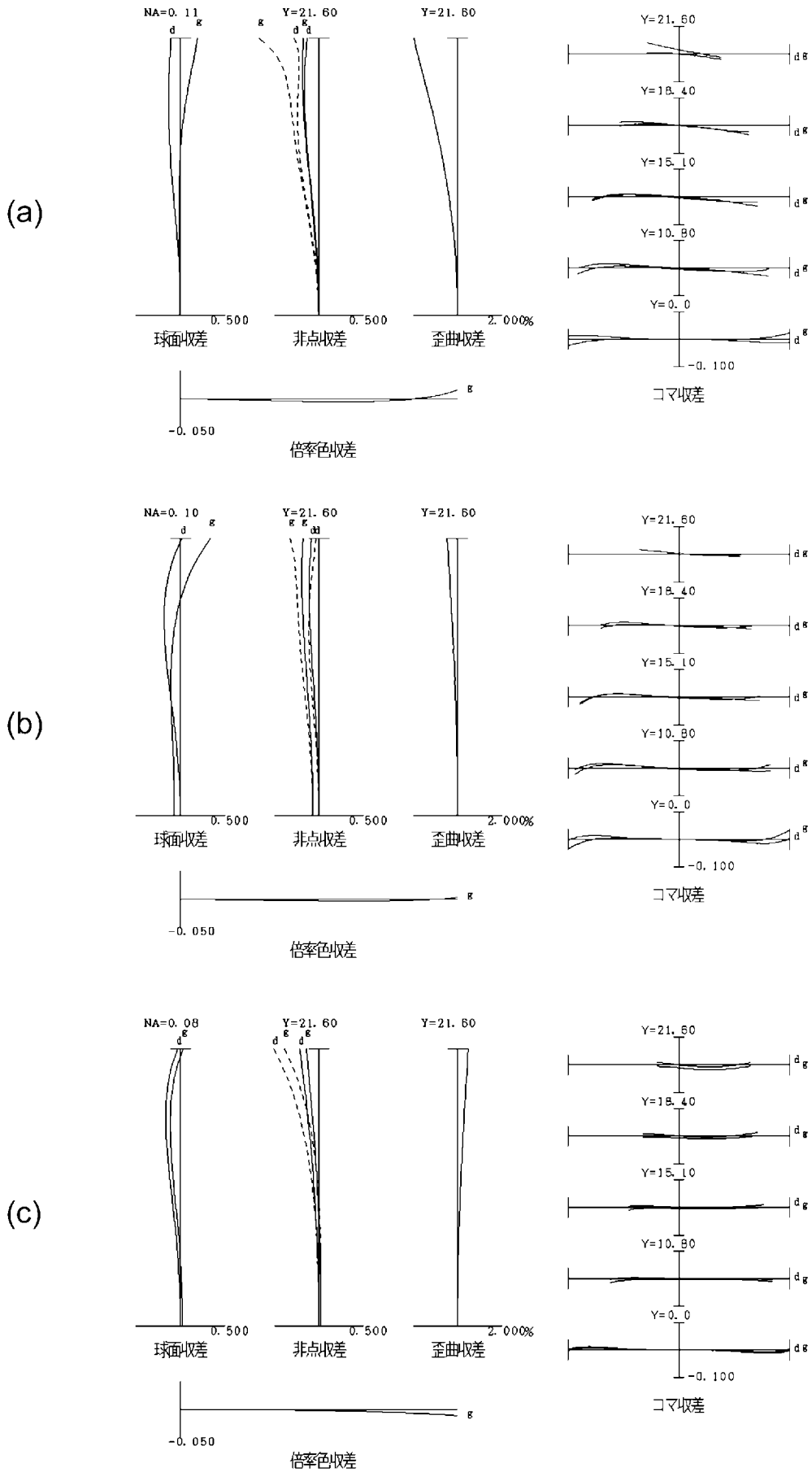
[図23]



[図24]

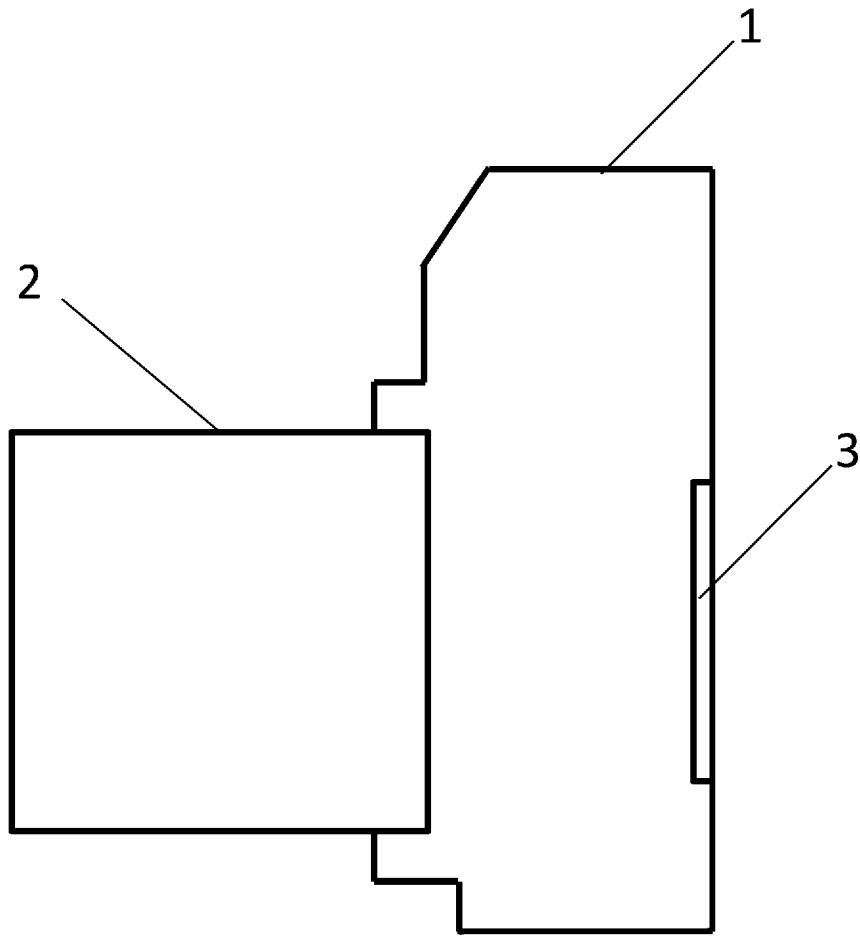


[図25]

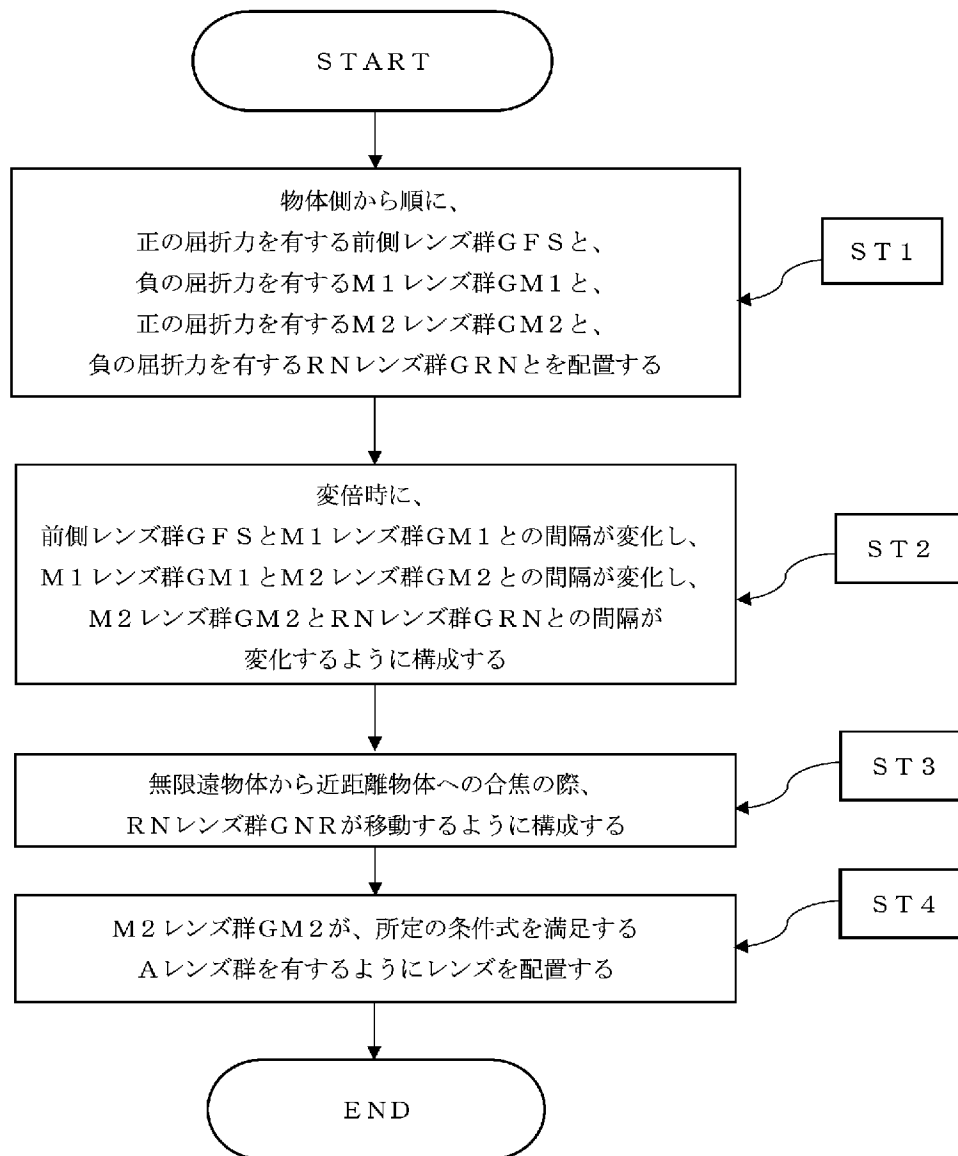




[図26]



[図27]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / J P 2 0 1 6 / 0 8 4 3 9 7

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B1 5/2 0 (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)

G 0 2 B 1 5 / 2 0

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2017	
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-201 7	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2017

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 A	JP 2012-47814 A (Panasonic Corp.), 08 March 2012 (08.03.2012), examples 5, 6, 10, 12 & US 2012/0050603 A1 numerical examples 5, 6, 10, 12	1, 7-9, 13-18 2-5, 10-12
X A	JP 2009-282398 A (Canon Inc.), 03 December 2009 (03.12.2009), example 3; paragraph [0045] & US 2009/0290232 A1 third numerical example; paragraph [0064] & EP 2124082 A1 & CN 101587233 A & AT 533078 T	1, 2, 4-6, 8, 9, 13, 15-18 3, 7, 10-12, 14

 Further documents are listed in the continuation of Box C.

— See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- earlier application or patent but published on or after the international filing date
- 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)
- document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- 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
- CD 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
- 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  
03 February 2017 (03.02.17)Date of mailing of the international search report  
14 February 2017 (14.02.17)Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/084397

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category: <sup>*</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 10-268195 A (Ni kon Corp .), 09 October 1998 (09.10.1998), example 5 ; paragraphs [0060] to [0062] & CN 1191321 A	1, 2, 7- 9, 13- 18 3-6, 10- 12
X A	JP 2009- 180844 A (Ni kon Corp .), 13 Augu st 2009 (13.08.2009), example 7 ; paragraph [0032] & US 2010/ 0284092 A I seventh example s ; paragraph [0067] & WO 2009/ 096536 A I & EP 2237095 A I & CN 101842730 A	1- 3, 7, 9, 14, 16- 18 4- 6, 8, 10- 13, 15
X A	JP 2012- 212106 A (Pana soni c Corp .), 01 November 2012 (01.11.2012), example 3 & US 2012/ 0242887 A I numer i cal example 3	1, 2, 7- 9, 11- 18 3- 6, 10
X A	JP 2009- 175202 A (Ni kon Corp .), 06 Augu st 2009 (06.08.2009), example s 2 to 4 & US 2009/ 0190220 A I example s 2 to 4 & EP 2083303 A I	1- 4, 9- 12, 16- 18 5- 8, 13- 15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G02B15/20 (2006.01)

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. G02B15/20

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 1971-2017年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2017年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2017年

国際調査で使用する電子データベース (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 A	JP 2012-47814 A (パナソニック株式会社) 2012.03.08, 実施例 5,6,10,12 & US 2012/0050603 AI, Numerical Example 5,6,10,12	1,7-9,13-18 2-6,10-12
X A	JP 2009-282398 A (キヤノン株式会社) 2009.12.03, 実施例3,[0045] & US 2009/0290232 AI, THIRD NUMERICAL EXAMPLE, [0064] & EP 2124082 AI & CN 101587233 A & AT 533078 T	1,2,4-6,8,9, 13,15-18 3,7,10-12,14

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)  
 b 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 03.02.2017  
 国際調査報告の発送日 14.02.2017

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) 堀井 康司 電話番号 ひ3-3581-1101 内線 3271	2V 3713
--	--	---------

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 10-268195 A (株式会社ニコン) 1998, 10. 09, 実施例 5, L0060]-[0062] & CN 1191321 A	1, 2, 7-9, 13-18 3-6, 10-12
X A	JP 2009-180844 A (株式会社ニコン) 2009. 08. 13, 実施例 7, [0032] & US 2010/0284092 AI, Seventh Example, [0067] & wo 2009/096536 AI & EP 2237095 AI & CN 101842730 A	I-3, 7, 9, 14, 1 6-18 4-6, 8, 10-13, 15
X A	JP 2012-212106 A (パナソニック株式会社) 2012. 11. 01, 実施例 3 & US 2012/0242887 AI, Numerical Example. 3	1, 2, 7-9, II- 18 3-6, 10
X A	JP 2009-175202 A (株式会社ニコン) 2009. 08. 06, 実施例 2-4 & US 2009/0190220 AI, Example 2-4 & EP 2083303 AI	1-4, 9-12, 16-18 5-8, 13-15