

(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7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/136747 A1

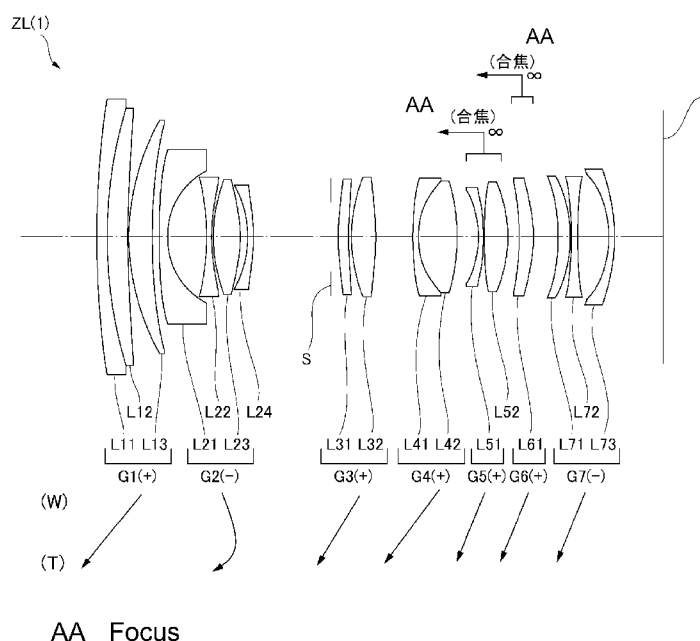
- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/047779
- (22) 国際出願日: 2018年12月26日(26.12.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 町田 幸介 (MACHIDA, Kosuke); 〒1086290 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, JO, JP, KE, KG, KH, 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,

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学機器および変倍光学系の製造方法

[図1]



(57) Abstract: This variable magnification optical system (ZL) has, in order from the object side, a first lens group (G1) having a positive refractive power, a second lens group (G2) having a negative refractive power, a third lens group (G3) having a positive refractive power, a fourth lens group (G4) having a positive refractive power, a fifth lens group (G5) having a positive refractive power, a sixth lens group (G6) having a positive refractive power, and a seventh lens group (G7) having a negative refractive power.

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))

(G7) having a negative refractive power, wherein the intervals between adjacent lens groups change when changing the magnification.

(57) 要約: 変倍光学系(Z L)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群(G 1)と、負の屈折力を有する第2レンズ群(G 2)と、正の屈折力を有する第3レンズ群(G 3)と、正の屈折力を有する第4レンズ群(G 4)と、正の屈折力を有する第5レンズ群(G 5)と、正の屈折力を有する第6レンズ群(G 6)と、負の屈折力を有する第7レンズ群(G 7)とを有し、変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学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この変倍光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、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）。変倍光学系においては、変倍または合焦の際の収差の変動を抑えることが求められている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-160944号公報

発明の概要

[0004] 第1の態様に係る変倍光学系は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群と、負の屈折力を有する第7レンズ群とを有し、変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0005] 第2の態様に係る光学機器は、上記変倍光学系を搭載して構成される。

[0006] 第3の態様に係る変倍光学系の製造方法は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群と、負の屈折力を有する第7レンズ群とを有した変倍光学系の製造方法であって、変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するよう、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]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)、図2 (B)、および図2 (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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図3]図3 (A)、図3 (B)、および図3 (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4]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5]図5 (A)、図5 (B)、および図5 (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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図6]図6 (A)、図6 (B)、および図6 (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7]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8]図8 (A)、図8 (B)、および図8 (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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図9]図9 (A)、図9 (B)、および図9 (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10]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11]図11 (A)、図11 (B)、および図11 (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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図12]図12 (A)、図12 (B)、および図12 (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13]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14]図14(A)、図14(B)、および図14(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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図15]図15(A)、図15(B)、および図15(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16]第6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)、図17(B)、および図17(C)はそれぞれ、第6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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図18]図18(A)、図18(B)、および図18(C)はそれぞれ、第6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19]第7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20]図20(A)、図20(B)、および図20(C)はそれぞれ、第7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無限遠合焦時の諸収差図である。

[図21]図21(A)、図21(B)、および図21(C)はそれぞれ、第7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22]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23]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

[0008] 以下、本実施形態に係る変倍光学系および光学機器について図を参照して説明する。まず、本実施形態に係る変倍光学系を備えたカメラ（光学機器）

を図22に基づいて説明する。このカメラ1は、図22に示すように撮影レンズ2として本実施形態に係る変倍光学系を備えたデジタルカメラである。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、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。

[0009] 次に、本実施形態に係る変倍光学系（撮影レンズ）について説明する。本実施形態に係る変倍光学系（ズームレンズ）ZLの一例としての変倍光学系ZL(1)は、図1に示すように、物体側から順に並んだ、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、正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と、負の屈折力を有する第7レンズ群G7とを有し、変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように構成される。

[0010] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、少なくとも5つのレンズ群を有し、変倍の際に各レンズ群の間隔が変化する。これにより、本実施形態によれば、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の収差の変動を抑えることが可能になる。また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、正屈折力を有する第5レンズ群と、正屈折力を有する第6レンズ群と、負屈折力を有する第7レンズ群とを有しているため、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の収差の変動を良好に抑えることができる。

[0011] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、図4に示す変倍光学系ZL(2)でもよく、図7に示す変倍光学系ZL(3)でもよく、図19に示す変倍光学系ZL(7)でもよい。

[0012] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

[0013] $1.00 < f_6 / (-f_7) < 6.00 \quad \dots (1)$

但し、 f_6 ：第6レンズ群G6の焦点距離

f_7 ：第7レンズ群G7の焦点距離

[0014] 条件式(1)は、第6レンズ群G6の焦点距離と第7レンズ群G7の焦点距離との比を規定するものである。条件式(1)を満足することで、広角端状態から望遠端状態への変倍の際のコマ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。

[0015] 条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、第7レンズ群G7の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(1)の上限値を5.80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なものとするために、条件式(1)の上限値を、5.60、5.40、5.20、5.00、4.80、4.60、4.40、4.20、4.00、さらに3.80に設定してもよい。

[0016] 条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、第6レンズ群G6の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(1)の下限値を1.10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なものとするために、条件式(1)の下限値を、1.20、1.30、1.40、1.50、1.60、1.70、1.80、1.90、さらに2.00に設定してもよい。

[0017] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

[0018] $0.80 < f_1 / (-f_7) < 5.00 \quad \dots (2)$

但し、 f_1 ：第1レンズ群G1の焦点距離

f_7 ：第7レンズ群G7の焦点距離

[0019] 条件式(2)は、第1レンズ群G1の焦点距離と第7レンズ群G7の焦点距離との比を規定するものである。条件式(2)を満足することで、広角端

状態から望遠端状態への変倍の際のコマ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。

[0020] 条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、第7レンズ群G7の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(2)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なものとするために、条件式(2)の上限値を、4.60、4.40、4.20、4.00、3.80、3.60、3.50、3.40、3.30、さらに3.20に設定してもよい。

[0021] 条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(2)の下限値を1.00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なものとするために、条件式(2)の下限値を、1.20、1.50、1.60、1.70、1.80、1.90、2.00、2.10、2.20、さらに2.30に設定してもよい。

[0022] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

[0023] $0.10 < f_2 / f_7 < 3.00 \quad \dots (3)$

但し、 f_2 ：第2レンズ群G2の焦点距離

f_7 ：第7レンズ群G7の焦点距離

[0024] 条件式(3)は、第2レンズ群G2の焦点距離と第7レンズ群G7の焦点距離との比を規定するものである。条件式(3)を満足することで、広角端状態から望遠端状態への変倍の際のコマ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。

[0025] 条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、第7レンズ群G7の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(3)の上限値を2.80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なものとするために、条件式（３）の上限値を、２．５０、２．３０、２．００、１．８０、１．５０、１．３０、１．００、０．９０、０．８０、さらに０．７０に設定してもよい。

[0026] 条件式（３）の対応値が下限値を下回ると、第２レンズ群Ｇ２の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際のコマ収差をはじめとする諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式（３）の下限値を０．１５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ことができる。本実施形態の効果をさらに確実なものとするために、条件式（３）の下限値を、０．２０、０．２５、０．３０、０．３５、０．４０、０．４２、０．４４、さらに０．４５に設定してもよい。

[0027] 本実施形態に係る変倍光学系ＺＬにおいて、第５レンズ群Ｇ５および第６レンズ群Ｇ６のうち少なくとも１つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であることが望ましい。このように、第５レンズ群Ｇ５または第６レンズ群Ｇ６を合焦レンズ群にすることで、合焦レンズ群を小型軽量化することができ、鏡筒が大型化することなく、高速で静粛性の高いオートフォーカスを実現することが可能になる。

[0028] 本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

[0029] $3.40 < f_1 / (-f_2) < 7.00 \quad \dots (4)$

但し、 f_1 ：第１レンズ群Ｇ１の焦点距離

f_2 ：第２レンズ群Ｇ２の焦点距離

[0030] 条件式（４）は、第１レンズ群Ｇ１の焦点距離と第２レンズ群Ｇ２の焦点距離との比を規定するものである。条件式（４）を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0031] 条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第２レンズ群Ｇ２の屈折力が強くなりすぎるため、変倍の際の球面収差をはじめとする諸収差の変動を抑

えることが困難になる。条件式（４）の上限値を６．８０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なものとするために、条件式（４）の上限値を、６．６０、６．５０、６．４０、６．３０、６．２０、６．１０、６．００、さらに５．９０に設定してもよい。

[0032] 条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、第１レンズ群Ｇ１の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式（４）の下限値を３．７０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なものとするために、条件式（４）の下限値を、４．００、４．２０、４．４０、４．５０、４．６０、４．８０、４．９０、５．００、５．１０、さらに５．２０に設定してもよい。

[0033] 本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下の条件式（５）～（６）を満足することが望ましい。

$$[0034] \quad 0.80 < f_1 / f_4 < 5.10 \quad \dots (5)$$

$$1.20 < f_4 / f_w < 6.80 \quad \dots (6)$$

但し、 f_1 ：第１レンズ群Ｇ１の焦点距離

f_4 ：第４レンズ群Ｇ４の焦点距離

f_w ：広角端状態における変倍光学系ＺＬの焦点距離

[0035] 条件式（５）は、第１レンズ群Ｇ１の焦点距離と第４レンズ群Ｇ４の焦点距離との比を規定するものである。条件式（５）を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0036] 条件式（５）の対応値が上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式（５）の上限値を４．５０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なものとするために、条件式（５）の上限値を、４．００、

3.50、3.00、2.50、2.00、1.80、1.65、1.60、さらに1.55に設定してもよい。

[0037] 条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式(5)の下限値を0.82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なものとするために、条件式(5)の下限値を、0.84、0.85、0.88、0.90、0.92、0.95、0.96、0.97、0.98、さらに1.00に設定してもよい。

[0038] 条件式(6)は、第4レンズ群G4の焦点距離と広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離との比を規定するものである。条件式(6)を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0039] 条件式(6)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が弱くなりすぎるため、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になる。条件式(6)の上限値を6.70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なものとするために、条件式(6)の上限値を、6.60、6.50、6.30、6.00、5.80、5.50、5.30、5.00、4.90、さらに4.80に設定してもよい。

[0040] 条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式(6)の下限値を1.50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なものとするために、条件式(6)の下限値を、2.00、2.50、2.80、2.90、3.00、3.10、3.20、3.30、3.40、さらに3.50に設定してもよい。

[0041] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下の条件式(7)を満足すること

が望ましい。

[0042] $0.20 < f_3 / f_4 < 2.50 \quad \dots (7)$

但し、 f_3 ：第3レンズ群G3の焦点距離

f_4 ：第4レンズ群G4の焦点距離

[0043] 条件式(7)は、第3レンズ群G3の焦点距離と第4レンズ群G4の焦点距離との比を規定するものである。条件式(7)を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0044] 条件式(7)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式(7)の上限値を2.40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なものとするために、条件式(7)の上限値を、2.30、2.20、2.10、2.00、1.90、1.80、1.50、1.30、1.00、さらに0.90に設定してもよい。

[0045] 条件式(7)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式(7)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さらに確実なものとするために、条件式(7)の下限値を、0.25、0.28、0.30、0.31、0.32、0.33、さらに0.34に設定してもよい。

[0046] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、合焦レンズ群は、3つ以下の単レンズからなることが望ましい。これにより、合焦レンズ群を小型軽量化することができる。

[0047] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群で

あり、合焦レンズ群のうち少なくとも1つは、負の屈折力を有する単レンズを有することが望ましい。これにより、無限遠物体から近距離物体への合焦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。

[0048] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、合焦レンズ群は、開口絞りSよりも像側に配置されることが望ましい。これにより、合焦レンズ群を小型軽量化することができる。

[0049] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、開口絞りSよりも像側に少なくとも4つのレンズ群が配置されることが望ましい。これにより、広角端状態から望遠端状態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可能になる。

[0050] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$[0051] \quad 0.20 < |f_F| / f_t < 4.00 \quad \dots (8)$$

但し、 f_F ：合焦レンズ群のうち最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離

f_t ：望遠端状態における変倍光学系ZLの焦点距離

[0052] 条件式(8)は、合焦レンズ群のうち最も屈折力が強い合焦レンズ群の焦点距離と、望遠端状態における変倍光学系ZLの焦点距離との比を規定するものである。条件式(8)を満足することで、鏡筒が大型化することなく、無限遠物体から近距離物体への合焦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。

[0053] 条件式(8)の対応値が上限値を上回ると、合焦レンズ群の屈折力が弱くなりすぎるため、合焦の際の合焦レンズ群の移動量が大きくなり、鏡筒が大型化する。条件式(8)の上限値を3.80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なものとするために、条件式(8)の上限値を、3.60、3.40、3

、2.0、3.00、2.80、2.60、2.40、2.20、さらに2.00に設定してもよい。

[0054] 条件式(8)の対応値が下限値を下回ると、合焦レンズ群の屈折力が強くなりすぎるため、合焦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になる。条件式(8)の下限値を0.23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なものとするために、条件式(8)の下限値を、0.25、0.28、0.30、0.33、さらに0.35に設定してもよい。

[0055] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有することが望ましい。これにより、広角端状態から望遠端状態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。

[0056] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有し、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

[0057] $1.00 < n_N / n_P < 1.35 \quad \dots (9)$

但し、 n_N ：接合レンズにおける負レンズの屈折率

n_P ：接合レンズにおける正レンズの屈折率

[0058] 条件式(9)は、第4レンズ群G4内の接合レンズにおける負レンズの屈折率と正レンズの屈折率との比を規定するものである。条件式(9)を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0059] 条件式(9)の対応値が上限値を上回ると、接合レンズにおける負レンズの屈折力が強くなりすぎるため、望遠端状態における球面収差の補正が過剰になり、広角端状態から望遠端状態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になる。条件式(9)の上限値を1.33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さらに確実なものとするために、条件式(9)の上限

値を、1.30、1.29、1.28、1.27、1.26、さらに1.25に設定してもよい。

[0060] 条件式(9)の対応値が下限値を下回ると、接合レンズにおける負レンズの屈折力が弱くなりすぎるため、望遠端状態における球面収差の補正が不足し、広角端状態から望遠端状態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になる。条件式(9)の下限値を1.02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なものとするために、条件式(9)の下限値を、1.05、1.08、1.10、1.11、1.12、1.13、1.14、1.15に設定してもよい。

[0061] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第4レンズ群G4は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有し、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

[0062] $0.20 < \nu N / \nu P < 0.85 \quad \dots (10)$

但し、 νN ：接合レンズにおける負レンズのアッベ数

νP ：接合レンズにおける正レンズのアッベ数

[0063] 条件式(10)は、第4レンズ群G4内の接合レンズにおける負レンズのアッベ数と正レンズのアッベ数との比を規定するものである。条件式(10)を満足することで、色収差を良好に補正することができる。

[0064] 条件式(10)の対応値が上限値を上回ると、接合レンズにおける正レンズのアッベ数が小さくなるため、色収差が過大に発生し、色収差を補正することが困難になる。条件式(10)の上限値を0.83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なものとするために、条件式(10)の上限値を、0.80、0.78、0.75、0.73、0.70、0.68、0.65、0.63、0.60、0.58、0.55、0.53、さらに0.50に設定してもよい。

[0065] 条件式(10)の対応値が下限値を下回ると、接合レンズにおける負レン

ズのアッペ数が小さくなるため、色収差の補正が過剰になる。条件式（１０）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さらに確実なものとするために、条件式（１０）の下限値を、０．２４、０．２５、０．２６、０．２７、０．２８、さらに０．２９に設定してもよい。

[0066] 本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下の条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$[0067] \quad f_1 / |f_{Rw}| < 5.00 \quad \dots (11)$$

但し、 f_1 ：第１レンズ群Ｇ１の焦点距離

f_{Rw} ：広角端状態における第４レンズ群Ｇ４よりも像側に配置されたレンズ群の合成焦点距離

[0068] 条件式（１１）は、第１レンズ群Ｇ１の焦点距離と、広角端状態における第４レンズ群Ｇ４よりも像側に配置されたレンズ群の合成焦点距離との比を規定するものである。条件式（１１）を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0069] 条件式（１１）の対応値が上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４よりも像側に配置されたレンズ群の合成の屈折力が強くなりすぎるため、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になる。条件式（１１）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なものとするために、条件式（１１）の上限値を、４．６０、４．４０、４．２０、４．００、３．８０、３．５０、３．００、２．８０、２．５０、２．３０、２．００、１．８０、さらに１．５０に設定してもよい。

[0070] 本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下の条件式（１２）を満足することが望ましい。

$$[0071] \quad 2\omega_w > 75^\circ \quad \dots (12)$$

但し、 ω_w ：広角端状態における変倍光学系ＺＬの半画角

[0072] 条件式(12)は、広角端状態における変倍光学系ZLの半画角を規定するものである。条件式(12)を満足することで、広い画角を有しながら、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の収差の変動を抑えることができる。条件式(12)の下限値を 76° 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なものとするために、条件式(12)の下限値を、 77° 、 78° 、 79° 、 80° 、 81° 、さらに 82° に設定してもよい。

[0073] 本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

[0074] $0.10 < BF_w / f_w < 1.00 \quad \dots (13)$

但し、 BF_w ：広角端状態における変倍光学系ZLのバックフォーカス

f_w ：広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離

[0075] 条件式(13)は、広角端状態における変倍光学系ZLのバックフォーカスと、広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離との比を規定するものである。条件式(13)を満足することで、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

[0076] 条件式(13)の対応値が上限値を上回ると、広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離に対してバックフォーカスが大きくなりすぎるため、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難になる。条件式(13)の上限値を0.95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ことができる。本実施形態の効果をさらに確実なものとするために、条件式(13)の上限値を、0.90、0.85、0.80、0.78、0.75、0.73、0.70、0.68、さらに0.65に設定してもよい。

[0077] 条件式(13)の対応値が下限値を下回ると、広角端状態における変倍光学系ZLの焦点距離に対してバックフォーカスが小さくなりすぎるため、広角端状態におけるコマ収差をはじめとする諸収差を補正することが困難になる。また、鏡筒のメカ部材を配置することが困難になる。条件式(13)の

下限値を0.15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ことができる。本実施形態の効果をさらに確実なものとするために、条件式(13)の下限値を、0.20、0.25、0.30、0.35、0.37、0.38、0.40、0.42、0.44、さらに0.45に設定してもよい。

[0078] 本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5および第6レンズ群G6のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、以下の条件式(14)を満足することが望ましい。

[0079] $0.00 < (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) < 8.00 \dots$
(14)

但し、 r_{R1} ：変倍光学系ZLの最も像側に配置されたレンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

r_{R2} ：変倍光学系ZLの最も像側に配置されたレンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[0080] 条件式(14)は、変倍光学系ZLの最も像側に配置されたレンズのシェイプファクターを規定するものである。条件式(14)を満足することで、広角端状態から望遠端状態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。

[0081] 条件式(14)の対応値が上限値を上回ると、変倍光学系ZLの最も像側に配置されたレンズのコマ収差の補正力が不足するため、変倍の際の諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(14)の上限値を7.50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なものとするために、条件式(14)の上限値を、7.00、6.80、6.50、6.30、6.00、5.80、5.50、5.30、さらに5.00に設定してもよい。

[0082] 条件式(14)の対応値が下限値を下回ると、変倍光学系ZLの最も像側に配置されたレンズのコマ収差の補正力が不足するため、変倍の際の諸収差の変動を抑えることが困難になる。条件式(14)の下限値を0.10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なものとするために、条件式(14)の下限値を、0.50、0.80、1.00、1.20、1.50、1.80、2.00、2.20、さらに2.50に設定してもよい。

[0083] 続いて、図23を参照しながら、本実施形態に係る変倍光学系ZL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、正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と、負の屈折力を有する第7レンズ群G7とを配置する(ステップST1)。そして、変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する(ステップST2)。このような製造方法によれば、鏡筒が大型化することなく、高速で静粛性の高いオートフォーカスを実現可能で、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の収差の変動および、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の収差の変動を抑えた変倍光学系を製造することが可能になる。

実施例

[0084] 以下、各実施例に係る変倍光学系ZLを図面に基づいて説明する。図1、図4、図7、図10、図13、図16、図19は、第1～第7実施例に係る変倍光学系ZL{ZL(1)～ZL(7)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。なお、第1～第3実施例および第7実施例は本実施形態に対応する実施例であり、第4～第6実施例は参考例である。各断面図には、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している。さらに、合焦レンズ群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。

[0085] これらの図(図1、図4、図7、図10、図13、図16、図19)において、各レンズ群を符号Gと数字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。

[0086] 以下に表1～表7を示すが、この内、表1は第1実施例、表2は第2実施例、表3は第3実施例、表4は第4実施例、表5は第5実施例、表6は第6実施例、表7は第7実施例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 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、g線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）を選んでいる。

[0087] [全体諸元]の表において、 f はレンズ全系の焦点距離、 FNO はFナンバー、 2ω は画角（単位は $^{\circ}$ （度）で、 ω が半画角である）、 Y_{max} は最大像高を示す。 TL は無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 は無遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面 I までの空気換算距離（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。また、[全体諸元]の表において、 f_{Rw} は、広角端状態における第4レンズ群よりも像側に配置されたレンズ群の合成焦点距離を示す。

[0088] [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、 ν_d は光学部材の材質のd線を基準とするアッペ数を、それぞれ示す。曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を、（絞り S ）は開口絞りを、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。レンズ面が非球面である場合には面番号に*印を付して曲率半径 R の欄には近軸曲率半径を示している。

[0089] 「非球面データ」の表には、「レンズ諸元」に示した非球面について、その形状を次式（A）で示す。X（y）は非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離（ザグ量）を、Rは基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第i次の非球面係数を示す。「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、1.234E-05 = 1.234×10^{-5} である。なお、2次の非球面係数 A_2 は0であり、その記載を省略している。

[0090]
$$X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} \dots (A)$$

[0091] 「レンズ群データ」の表には、各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。

[0092] 「可変間隔データ」の表には、「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。

[0093] 「条件式対応値」の表には、各条件式に対応する値を示す。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] （第1実施例）

第1実施例について、図1～図3および表1を用いて説明する。図1は、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。第1実施例に係る変倍光学系ZL（1）は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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G 4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群G 5 と、正の屈折力を有する第6レンズ群G 6 と、負の屈折力を有する第7レンズ群G 7 とから構成される。広角端状態（W）から望遠端状態（T）に変倍する際、第1～第7レンズ群G 1 ～G 7 がそれぞれ図1の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。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。

[0097] 第1レンズ群G 1 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 2 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3 とから構成される。

[0098] 第2レンズ群G 2 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1 と、両凹形状の負レンズL 2 2 と、両凸形状の正レンズ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。負メニスカスレンズL 2 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0099] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1 と、両凸形状の正レンズL 3 2 とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G 3 の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G 3 とともに移動する。正メニスカスレンズL 3 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0100] 第4レンズ群G 4 は、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 との接合正レンズから構成される。

[0101] 第5レンズ群G 5 は、物体側から順に並んだ、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。

[0102] 第6レンズ群G 6 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 1 から構成される。正メニスカスレンズL 6 1 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0103] 第7レンズ群G 7 は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メ

ニスカスレンズL 7 1 と、両凹形状の負レンズL 7 2 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 3 とから構成される。負レンズL 7 2 は、物体側のレンズ面が非球面である。第7レンズ群G 7 の像側に、像面I が配置される。

[0104] 本実施例では、第5レンズ群G 5 と第6レンズ群G 6 とをそれぞれ独立に物体側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G 5 は、第1の合焦レンズ群に該当し、第6レンズ群G 6 は、第2の合焦レンズ群に該当する。

[0105] 以下の表1に、第1実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0106] (表1)

[全体諸元]

変倍比 2.74

$f R w = -4993.677$

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
$F N O$	2.92	2.92	2.92
2ω	85.10	45.26	33.84
$Y m a x$	21.60	21.60	21.60
$T L$	139.35	158.45	169.16
$B F$	11.93	23.42	28.62

[レンズ諸元]

面番号	R	D	$n d$	νd
物体面	∞			
1	234.3873	2.500	1.84666	23.80
2	109.5180	5.200	1.75500	52.34
3	389.6852	0.200		
4	59.0627	5.700	1.77250	49.62

5	135.3649	D5 (可変)		
6*	218.4420	2.000	1.74389	49.53
7	18.6957	9.658		
8	-59.6856	1.300	1.77250	49.62
9	59.6856	0.442		
10	39.2099	6.400	1.72825	28.38
11	-48.6731	1.933		
12	-26.4065	1.300	1.61800	63.34
13	-71.7612	D13 (可変)		
14	∞	1.712		(絞り S)
15*	71.8876	2.500	1.69370	53.32
16	127.6411	0.716		
17	38.7492	5.900	1.59319	67.90
18	-105.4274	D18 (可変)		
19	67.0276	1.300	1.73800	32.33
20	19.5126	9.700	1.49782	82.57
21	-50.5609	D21 (可変)		
22	-23.9237	1.200	1.72047	34.71
23	-56.2081	0.200		
24	103.1749	5.900	1.59349	67.00
25	-33.0197	D25 (可変)		
26	-70.6288	3.500	1.79189	45.04
27*	-38.2153	D27 (可変)		
28	-43.9824	3.000	1.94595	17.98
29	-32.4253	0.200		
30*	-100.5837	1.500	1.85207	40.15
31	88.1634	7.847		
32	-25.2838	1.400	1.58913	61.22

33 -45.3661 BF

像面 ∞

[非球面データ]

第 6 面

$\kappa=1.0000$, $A4=5.27866E-06$, $A6=-5.41835E-09$

$A8=1.33113E-11$, $A10=-2.04736E-14$, $A12=2.05090E-17$

第 15 面

$\kappa=1.0000$, $A4=-4.55747E-06$, $A6=-1.40092E-10$

$A8=-8.81384E-13$, $A10=-8.42653E-15$, $A12=0.00000E+00$

第 27 面

$\kappa=1.0000$, $A4=1.09543E-05$, $A6=-2.36281E-08$

$A8=1.42728E-10$, $A10=-5.02724E-13$, $A12=7.51800E-16$

第 30 面

$\kappa=1.0000$, $A4=-2.18913E-06$, $A6=-2.29301E-08$

$A8=3.94582E-11$, $A10=-9.84200E-14$, $A12=0.00000E+00$

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	119.124
G2	6	-22.126
G3	14	40.880
G4	19	115.687
G5	22	124.717
G6	26	100.365
G7	28	-47.354

[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	1.780	21.220	30.246	1.780	21.220	30.246

D13	19.285	6.132	2.013	19.285	6.132	2.013
D18	9.167	3.866	1.493	9.167	3.866	1.493
D21	5.179	14.279	19.018	4.137	12.991	17.666
D25	2.679	3.515	2.616	3.249	4.079	3.027
D27	6.128	2.807	1.953	6.600	3.530	2.893

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_6 / (-f_7) = 2.119$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_1 / (-f_7) = 2.516$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_2 / f_7 = 0.467$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_1 / (-f_2) = 5.384$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_1 / f_4 = 1.030$$

$$\text{条件式 (6)} \quad f_4 / f_w = 4.674$$

$$\text{条件式 (7)} \quad f_3 / f_4 = 0.353$$

$$\text{条件式 (8)} \quad |f_F| / f_t = 1.837$$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.160$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.392$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 0.024$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.10$$

$$\text{条件式 (13)} \quad B_{Fw} / f_w = 0.482$$

$$\text{条件式 (14)} \quad (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) = 3.518$$

[0107] 図2 (A)、図2 (B)、および図2 (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無限遠合焦時の諸収差図である。図3 (A)、図3 (B)、および図3 (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。

[0108] 図2 (A)～図2 (C)の各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。球面収差図では最大口径に対応するFナンバーの値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高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。図3 (A) ~ 図3 (C) の各収差図において、NAは開口数、Yは像高をそれぞれ示す。球面収差図では最大口径に対応する開口数の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高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 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線(波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$)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、重複する説明は省略する。

[0109] 各諸収差図より、第1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。

[0110] (第2実施例)

第2実施例について、図4 ~ 図6 および表2を用いて説明する。図4は、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。第2実施例に係る変倍光学系ZL(2)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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、正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と、負の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1 ~ 第7レンズ群G1 ~ G7がそれぞれ図4の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0111] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

[0112] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レン

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。負メニスカスレンズL 2 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0113] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 3 1 と、両凸形状の正レンズL 3 2 とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G 3 の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G 3 とともに移動する。正レンズL 3 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0114] 第4レンズ群G 4 は、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 との接合正レンズから構成される。

[0115] 第5レンズ群G 5 は、物体側から順に並んだ、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。

[0116] 第6レンズ群G 6 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 1 から構成される。正メニスカスレンズL 6 1 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0117] 第7レンズ群G 7 は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 7 1 と、両凹形状の負レンズL 7 2 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 7 3 とから構成される。負レンズL 7 2 は、物体側のレンズ面が非球面である。第7レンズ群G 7 の像側に、像面Iが配置される。

[0118] 本実施例では、第5レンズ群G 5 と第6レンズ群G 6 とをそれぞれ独立に物体側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G 5 は、第1の合焦レンズ群に該当し、第6レンズ群G 6 は、第2の合焦レンズ群に該当する。

[0119] 以下の表2に、第2実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0120] (表2)

[全体諸元]

変倍比 2.74

f R w = -346.533

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.08	45.32	33.84
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	139.96	156.15	168.00
B F	11.76	26.07	29.33

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	282.3733	2.500	1.84666	23.80
2	123.2365	5.647	1.77250	49.62
3	1180.1775	0.200		
4	59.2907	4.310	1.81600	46.59
5	98.9987	D5 (可変)		
6*	205.3191	2.000	1.74389	49.53
7	19.2200	9.185		
8	-74.7032	1.300	1.83481	42.73
9	64.3697	0.324		
10	41.9771	5.683	1.78472	25.64
11	-72.0408	4.071		
12	-26.6709	1.300	1.60300	65.44
13	-52.5345	D13 (可変)		
14	∞	1.500		(絞り S)
15*	84.6431	3.039	1.58913	61.15
16	-4073.6051	0.200		
17	42.4140	5.438	1.59319	67.90
18	-143.7473	D18 (可変)		

19	74.9775	1.300	1.73800	32.33
20	20.9860	9.090	1.49782	82.57
21	-48.9247	D21 (可変)		
22	-23.9603	1.200	1.73800	32.33
23	-52.8529	0.955		
24	113.2572	5.800	1.59349	66.99
25	-32.1120	D25 (可変)		
26	-120.6162	3.500	1.74389	49.53
27*	-50.8923	D27 (可変)		
28	-61.4253	3.215	1.94595	17.98
29	-34.3446	0.200		
30*	-69.3409	1.500	1.85108	40.12
31	72.0715	6.683		
32	-23.1150	1.400	1.69680	55.52
33	-36.7553	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=4.34838E-06$, $A6=-2.30274E-09$

$A8=1.34342E-12$, $A10=2.08876E-15$, $A12=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-4.08736E-06$, $A6=2.82731E-09$

$A8=-1.71368E-11$, $A10=2.81580E-14$, $A12=0.00000E+00$

第27面

$\kappa=1.0000$, $A4=9.77330E-06$, $A6=-1.31611E-08$

$A8=7.02329E-11$, $A10=-1.28887E-13$, $A12=0.00000E+00$

第30面

$\kappa=1.0000$, $A4=-3.68898E-06$, $A6=-1.92901E-08$

A8=3.36794E-11, A10=-8.19805E-14, A12=0.00000E+00

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	133.226
G2	6	-23.579
G3	14	40.561
G4	19	115.254
G5	22	113.536
G6	26	115.868
G7	28	-42.726

[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	2.000	18.194	30.046	2.000	18.194	30.046
D13	21.479	6.645	2.000	21.479	6.645	2.000
D18	9.801	4.462	1.500	9.801	4.462	1.500
D21	5.195	13.414	18.760	4.220	12.328	17.590
D25	2.295	3.824	2.737	2.742	4.222	2.950
D27	5.890	2.000	2.087	6.417	2.689	3.043

[条件式対応値]

条件式 (1)	$f_6 / (-f_7) = 2.712$
条件式 (2)	$f_1 / (-f_7) = 3.118$
条件式 (3)	$f_2 / f_7 = 0.552$
条件式 (4)	$f_1 / (-f_2) = 5.650$
条件式 (5)	$f_1 / f_4 = 1.156$
条件式 (6)	$f_4 / f_w = 4.657$
条件式 (7)	$f_3 / f_4 = 0.352$
条件式 (8)	$ f_F / f_t = 1.706$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.160$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.392$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 0.384$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.08$$

$$\text{条件式 (13)} \quad B_{Fw} / f_w = 0.475$$

$$\text{条件式 (14)} \quad (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) = 4.389$$

[0121] 図5 (A)、図5 (B)、および図5 (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無限遠合焦時の諸収差図である。図6 (A)、図6 (B)、および図6 (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。各諸収差図より、第2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。

[0122] (第3実施例)

第3実施例について、図7～図9および表3を用いて説明する。図7は、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。第3実施例に係る変倍光学系ZL (3)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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、正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と、負の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第7レンズ群G1～G7がそれぞれ図7の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0123] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

- [0124] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側のレンズ面が非球面である。
- [0125] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G3とともに移動する。正メニスカスレンズL31は、物体側のレンズ面が非球面である。
- [0126] 第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合正レンズから構成される。
- [0127] 第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL51と、両凸形状の正レンズL52とから構成される。
- [0128] 第6レンズ群G6は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL61から構成される。正メニスカスレンズL61は、像側のレンズ面が非球面である。
- [0129] 第7レンズ群G7は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL71と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL72と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL73とから構成される。負メニスカスレンズL73は、物体側のレンズ面が非球面である。第7レンズ群G7の像側に、像面Iが配置される。
- [0130] 本実施例では、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6とをそれぞれ独立に物体側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G5は、第1の合焦レンズ群に該当し、第6レンズ群G6は、第2の合焦レンズ群に該当する。
- [0131] 以下の表3に、第3実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。
- [0132] (表3)

[全体諸元]

変倍比 3.33

 $f R w = -219.096$

	W	M	T
f	24.8	50.0	82.5
F N O	2.92	2.92	2.92
2ω	85.12	45.44	28.34
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	150.97	164.85	185.45
B F	11.75	21.93	30.78

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	νd
物体面	∞			
1	454.1335	2.500	1.94594	17.98
2	158.8346	5.629	1.81600	46.59
3	-1850.8518	0.200		
4	62.5732	5.149	1.81600	46.59
5	111.4228	D5 (可変)		
6*	143.7538	2.000	1.81600	46.59
7	20.1321	9.695		
8	-48.3009	2.346	1.88300	40.66
9	156.4679	0.200		
10	65.6396	6.565	1.80518	25.45
11	-42.2522	2.354		
12	-26.3896	1.200	1.69680	55.52
13	-61.8795	D13 (可変)		
14	∞	1.500		(絞り S)
15*	46.9137	2.985	1.81600	46.59

16	79.9069	0.200		
17	56.4482	6.543	1.49782	82.57
18	-69.0474	D18 (可変)		
19	78.4165	1.300	1.90366	31.27
20	26.6178	9.263	1.59319	67.90
21	-58.5857	D21 (可変)		
22	-29.0948	1.200	1.80100	34.92
23	-53.3089	2.957		
24	64.8393	6.500	1.48749	70.32
25	-36.2810	D25 (可変)		
26	-486.6338	2.667	1.58887	61.13
27*	-77.9833	D27 (可変)		
28	208.9420	1.200	1.90366	31.27
29	40.1016	3.903		
30	-103.6980	6.199	1.84666	23.80
31	-35.7067	3.104		
32*	-19.6292	1.500	1.81600	46.59
33	-40.5502	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=4.25283E-06$, $A6=-2.28156E-09$

$A8=-7.12258E-14$, $A10=7.16065E-15$, $A12=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-3.75837E-06$, $A6=9.56813E-10$

$A8=-1.31531E-12$, $A10=1.97978E-16$, $A12=0.00000E+00$

第27面

$\kappa=1.0000$, $A4=1.09037E-05$, $A6=-5.09501E-11$

$A8=-1.76649E-12, A10=1.58609E-14, A12=0.00000E+00$

第 3 2 面

$\kappa=1.0000, A4=1.01091E-05, A6=1.61408E-08$

$A8=3.76726E-12, A10=1.25182E-13, A12=0.00000E+00$

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	130.092
G2	6	-23.049
G3	14	44.414
G4	19	100.000
G5	22	98.812
G6	26	157.320
G7	28	-42.703

[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	2.000	21.323	36.906	2.000	21.323	36.906
D13	25.662	7.746	2.000	25.662	7.746	2.000
D18	9.597	5.312	1.500	9.597	5.312	1.500
D21	6.192	11.864	21.415	5.303	10.833	20.070
D25	2.000	3.105	2.000	2.411	3.415	2.346
D27	4.901	4.716	2.000	5.379	5.438	2.999

[条件式対応値]

条件式 (1) $f_6 / (-f_7) = 3.684$

条件式 (2) $f_1 / (-f_7) = 3.046$

条件式 (3) $f_2 / f_7 = 0.540$

条件式 (4) $f_1 / (-f_2) = 5.644$

条件式 (5) $f_1 / f_4 = 1.301$

$$\text{条件式 (6)} \quad f_4 / f_w = 4.040$$

$$\text{条件式 (7)} \quad f_3 / f_4 = 0.444$$

$$\text{条件式 (8)} \quad |f_F| / f_t = 1.907$$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.195$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.461$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 0.594$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.12$$

$$\text{条件式 (13)} \quad BF_w / f_w = 0.475$$

$$\text{条件式 (14)} \quad (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) = 2.877$$

[0133] 図8(A)、図8(A)、および図8(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無限遠合焦時の諸収差図である。図9(A)、図9(B)、および図9(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。各諸収差図より、第3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。

[0134] (第4実施例)

第4実施例について、図10～図12および表4を用いて説明する。図10は、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。第4実施例に係る変倍光学系ZL(4)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、負の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第6レンズ群G1～G6がそれぞれ図10の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0135] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メ

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

[0136] 第2レンズ群G 2 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 1 と、両凹形状の負レンズL 2 2 と、両凸形状の正レンズ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。負メニスカスレンズL 2 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0137] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1 と、両凸形状の正レンズL 3 2 とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G 3 の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G 3 とともに移動する。正メニスカスレンズL 3 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0138] 第4レンズ群G 4 は、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 との接合正レンズから構成される。

[0139] 第5レンズ群G 5 は、物体側から順に並んだ、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、物体側に凹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。正メニスカスレンズL 5 3 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0140] 第6レンズ群G 6 は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 6 1 と、両凹形状の負レンズL 6 2 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 6 3 とから構成される。負レンズL 6 2 は、物体側のレンズ面が非球面である。第6レンズ群G 6 の像側に、像面Iが配置される。

[0141] 本実施例では、第5レンズ群G 5 を物体側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G 5 は、合焦レンズ群に該当する。

[0142] 以下の表4に、第4実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0143] (表4)

[全体諸元]

変倍比 2.75

f R w = -356.649

	W	M	T
f	24.7	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.08	45.26	33.84
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	139.95	154.92	168.36
B F	11.75	26.42	30.21

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	500.0000	2.500	1.84666	23.80
2	128.5654	5.629	1.77250	49.62
3	1528.3565	0.200		
4	51.0685	4.893	1.81600	46.59
5	84.5957	D5 (可変)		
6*	150.2756	2.000	1.74389	49.53
7	19.5218	9.332		
8	-70.5990	1.300	1.83481	42.73
9	68.8663	0.377		
10	44.7171	5.665	1.78472	25.64
11	-66.3119	4.463		
12	-25.4625	1.300	1.60300	65.44
13	-54.4747	D13 (可変)		
14	∞	1.500		(絞り S)
15*	93.5557	2.758	1.58913	61.15

16	731.3943	0.200		
17	45.8800	5.212	1.59319	67.90
18	-126.9127	D18 (可変)		
19	57.2400	1.300	1.73800	32.33
20	21.3782	8.742	1.49782	82.57
21	-52.7685	D21 (可変)		
22	-23.6692	1.200	1.73800	32.33
23	-59.4644	0.200		
24	110.3346	5.800	1.59349	67.00
25	-32.1046	4.444		
26	-114.5585	3.326	1.74389	49.53
27*	-41.8456	D27 (可変)		
28	-51.0521	2.929	1.94594	17.98
29	-33.3238	0.200		
30*	-98.8101	1.500	1.85108	40.12
31	58.4711	6.329		
32	-25.4692	1.400	1.69680	55.52
33	-42.7921	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=4.65692E-06$, $A6=-1.64542E-09$

$A8=3.72186E-13$, $A10=4.82369E-15$, $A12=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-3.70657E-06$, $A6=3.18672E-09$

$A8=-1.82835E-11$, $A10=3.59863E-14$, $A12=0.00000E+00$

第27面

$\kappa=1.0000$, $A4=1.13375E-05$, $A6=-1.49475E-08$

A8=6.38011E-11, A10=-1.10074E-13, A12=0.00000E+00

第30面

$\kappa=1.0000$, A4=-5.84233E-06, A6=-2.49185E-08

A8=2.26680E-11, A10=-7.54165E-14, A12=0.00000E+00

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	136.259
G2	6	-23.493
G3	14	44.223
G4	19	90.807
G5	22	53.777
G6	28	-40.364

[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	2.000	16.966	30.403	2.000	16.966	30.403
D13	20.342	6.266	2.000	20.342	6.266	2.000
D18	10.475	3.778	2.048	10.475	3.778	2.048
D21	4.711	14.758	17.000	4.046	13.957	16.055
D27	5.973	2.030	2.000	6.639	2.831	2.945

[条件式対応値]

条件式(4) $f_1 / (-f_2) = 5.800$

条件式(5) $f_1 / f_4 = 1.501$

条件式(6) $f_4 / f_w = 3.669$

条件式(7) $f_3 / f_4 = 0.487$

条件式(8) $|f_F| / f_t = 0.792$

条件式(9) $n_N / n_P = 1.160$

条件式(10) $\nu_N / \nu_P = 0.392$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 0.382$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.08$$

$$\text{条件式 (13)} \quad BF_w / f_w = 0.475$$

$$\text{条件式 (14)} \quad (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) = 3.941$$

[0144] 図11(A)、図11(B)、および図11(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無限遠合焦時の諸収差図である。図12(A)、図12(B)、および図12(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。各諸収差図より、第4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。

[0145] (第5実施例)

第5実施例について、図13～図15および表5を用いて説明する。図13は、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。第5実施例に係る変倍光学系ZL(5)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第6レンズ群G1～G6がそれぞれ図13の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0146] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

[0147] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23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。負メニスカスレンズL 2 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0148] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1 と、両凸形状の正レンズL 3 2 とから構成される。開口絞りS は、第3レンズ群G 3 の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G 3 とともに移動する。正メニスカスレンズL 3 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0149] 第4レンズ群G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL 4 1 と、両凹形状の負レンズL 4 2 と両凸形状の正レンズL 4 3 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 4 4 とから構成される。正レンズL 4 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。正レンズL 4 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0150] 第5レンズ群G 5 は、物体側から順に並んだ、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、両凹形状の負レンズL 5 3 とから構成される。負レンズL 5 3 は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0151] 第6レンズ群G 6 は、両凸形状の正レンズL 6 1 から構成される。第6レンズ群G 6 の像側に、像面I が配置される。

[0152] 本実施例では、第5レンズ群G 5 を像面I 側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G 5 は、合焦レンズ群に該当する。

[0153] 以下の表5 に、第5実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0154] (表5)

[全体諸元]

変倍比 2.75

$f R w = -45.339$

	W	M	T
f	24.7	50.0	67.9

F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.16	45.24	34.12
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	134.73	154.61	169.45
B F	13.56	26.94	34.84

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	10957.4900	2.500	1.84666	23.80
2	273.2507	3.923	1.59319	67.90
3	-4164.8091	0.200		
4	97.8909	5.850	1.81600	46.59
5	1686.5488	D5 (可変)		
6*	500.0000	2.000	1.67798	54.89
7	19.6217	7.571		
8	-119.4257	1.200	1.59319	67.90
9	74.2767	0.211		
10	36.8572	5.028	1.85000	27.03
11	146.1931	4.217		
12	-25.9063	1.200	1.60300	65.44
13	-48.3220	D13 (可変)		
14	∞	1.500		(絞り S)
15*	31.8609	3.346	1.79504	28.69
16	60.3817	1.288		
17	65.3208	3.503	1.49782	82.57
18	-22831.8850	D18 (可変)		
19*	52.1943	4.361	1.82098	42.50
20	-99.8775	0.663		

21	-484.1811	1.200	1.85478	24.80
22	19.0497	8.079	1.49782	82.57
23	-86.9834	3.675		
24	61.0249	5.155	1.80604	40.74
25*	-60.8291	D25 (可変)		
26	-310.5249	2.912	1.94594	17.98
27	-59.5174	0.200		
28	-155.6589	1.200	1.77250	49.62
29	30.4299	6.880		
30*	-54.7368	1.300	1.95150	29.83
31	317.1233	D31 (可変)		
32	72.1520	4.819	1.83481	42.73
33	-315.4491	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=5.57412E-06$, $A6=-5.71627E-09$

$A8=9.08385E-12$, $A10=-4.74214E-15$, $A12=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-5.90450E-06$, $A6=3.98445E-09$

$A8=-4.29920E-11$, $A10=9.10161E-14$, $A12=0.00000E+00$

第19面

$\kappa=1.0000$, $A4=-5.71112E-06$, $A6=-6.16170E-10$

$A8=2.42198E-11$, $A10=-5.71940E-14$, $A12=0.00000E+00$

第25面

$\kappa=1.0000$, $A4=2.37352E-06$, $A6=-6.63258E-09$

$A8=-2.39696E-11$, $A10=1.99908E-14$, $A12=0.00000E+00$

第30面

$$\kappa=1.0000, A4=-6.17314E-06, A6=-3.26346E-08$$

$$A8=1.32620E-10, A10=-6.33629E-13, A12=0.00000E+00$$

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	139.410
G2	6	-23.353
G3	14	51.116
G4	19	31.271
G5	26	-24.892
G6	32	70.741

[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	2.000	21.443	31.758	2.000	21.443	31.758
D13	19.908	6.376	2.000	19.908	6.376	2.000
D18	9.100	3.184	2.000	9.100	3.184	2.000
D25	3.162	2.189	2.000	3.569	2.602	2.454
D31	3.023	10.499	12.881	2.616	10.087	12.426

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (4)} \quad f_1 / (-f_2) = 5.970$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_1 / f_4 = 4.458$$

$$\text{条件式 (6)} \quad f_4 / f_w = 1.263$$

$$\text{条件式 (7)} \quad f_3 / f_4 = 1.635$$

$$\text{条件式 (8)} \quad |f_F| / f_t = 0.367$$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.238$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.300$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 3.075$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.16$$

条件式 (13) $BF_w / f_w = 0.548$

[0155] 図14(A)、図14(B)、および図14(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無限遠合焦時の諸収差図である。図15(A)、図15(B)、および図15(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。各諸収差図より、第5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。

[0156] (第6実施例)

第6実施例について、図16～図18および表6を用いて説明する。図16は、第6実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第6実施例に係る変倍光学系ZL(6)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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と、正の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第7レンズ群G1～G7がそれぞれ図16の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0157] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成される。

[0158] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側のレンズ

面が非球面である。

[0159] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G3とともに移動する。正メニスカスレンズL31は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0160] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL41と、両凹形状の負レンズL42と両凸形状の正レンズL43との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL44とから構成される。正レンズL41は、物体側のレンズ面が非球面である。正レンズL44は、像側のレンズ面が非球面である。

[0161] 第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凹形状の負レンズL52と、両凹形状の負レンズL53とから構成される。負レンズL53は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0162] 第6レンズ群G6は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL61から構成される。

[0163] 第7レンズ群G7は、両凸形状の正レンズL71から構成される。第7レンズ群G7の像側に、像面Iが配置される。

[0164] 本実施例では、第5レンズ群G5を像面I側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G5は、合焦レンズ群に該当する。

[0165] 以下の表6に、第6実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0166] (表6)

[全体諸元]

変倍比 2.74

$f R w = -40.687$

W

M

T

f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.96	2.98	2.99
2 ω	85.16	45.20	34.12
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	138.57	158.72	174.45
B F	13.13	25.93	34.76

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	800.0000	2.500	1.84666	23.80
2	214.4014	3.846	1.59319	67.90
3	1317.1215	0.200		
4	112.4262	5.452	1.81600	46.59
5	6769.9563	D5 (可変)		
6*	500.0000	2.000	1.67798	54.89
7	20.1483	7.488		
8	-122.7141	1.200	1.59319	67.90
9	65.7886	0.272		
10	36.9186	6.199	1.85000	27.03
11	167.8314	4.151		
12	-26.0907	1.200	1.60300	65.44
13	-47.5468	D13 (可変)		
14	∞	1.500		(絞り S)
15*	34.4078	3.172	1.79504	28.69
16	61.0992	1.040		
17	57.2334	3.808	1.49782	82.57
18	-5887.8063	D18 (可変)		
19*	56.4489	4.200	1.82098	42.50

20	-110.1792	0.505		
21	-291.5983	1.200	1.85478	24.80
22	21.3003	9.632	1.49782	82.57
23	-65.8810	3.027		
24	55.5374	5.156	1.80604	40.74
25*	-64.8934	D25 (可変)		
26	-368.5041	2.887	1.94594	17.98
27	-62.4504	0.200		
28	-158.4306	1.200	1.77250	49.62
29	31.1763	6.060		
30*	-91.4544	1.300	1.95150	29.83
31	81.4249	D31 (可変)		
32	57.0897	2.149	1.80518	25.45
33	69.0085	D33 (可変)		
34	73.7084	4.702	1.64000	60.19
35	-314.5384	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=4.89442E-06$, $A6=-5.03173E-09$

$A8=9.04508E-12$, $A10=-5.83062E-15$, $A12=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-5.12384E-06$, $A6=3.61548E-09$

$A8=-3.66003E-11$, $A10=7.76731E-14$, $A12=0.00000E+00$

第19面

$\kappa=1.0000$, $A4=-5.21485E-06$, $A6=-8.93869E-10$

$A8=2.28848E-11$, $A10=-5.34780E-14$, $A12=0.00000E+00$

第25面

$\kappa=1.0000, A4=3.45860E-06, A6=-6.25344E-09$

$A8=-1.37950E-11, A10=2.51017E-14, A12=0.00000E+00$

第30面

$\kappa=1.0000, A4=-6.74203E-06, A6=-2.42770E-08$

$A8=5.92492E-11, A10=-3.49332E-13, A12=0.00000E+00$

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	152.425
G2	6	-24.007
G3	14	52.775
G4	19	30.001
G5	26	-24.147
G6	32	379.967
G7	34	93.748

[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	2.000	22.083	33.118	2.000	22.083	33.118
D13	20.464	6.484	2.000	20.464	6.484	2.000
D18	9.842	3.320	2.000	9.842	3.320	2.000
D25	2.978	2.225	2.053	3.339	2.586	2.447
D31	2.915	10.198	13.200	2.555	9.837	12.806
D33	1.000	2.234	1.084	1.000	2.234	1.084

[条件式対応値]

条件式(4) $f_1 / (-f_2) = 6.349$

条件式(5) $f_1 / f_4 = 5.081$

条件式(6) $f_4 / f_w = 1.212$

条件式(7) $f_3 / f_4 = 1.759$

$$\text{条件式 (8)} \quad |f_F| / f_t = 0.356$$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.238$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.300$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 3.746$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.16$$

$$\text{条件式 (13)} \quad B_{Fw} / f_w = 0.530$$

[0167] 図17(A)、図17(B)、および図17(C)はそれぞれ、第6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無限遠合焦時の諸収差図である。図18(A)、図18(B)、および図18(C)はそれぞれ、第6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。各諸収差図より、第6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。

[0168] (第7実施例)

第7実施例について、図19～図21および表7を用いて説明する。図19は、第7実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す図である。第7実施例に係る変倍光学系ZL(7)は、物体側から順に並んだ、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、開口絞りS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、正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と、負の屈折力を有する第7レンズ群G7とから構成される。広角端状態(W)から望遠端状態(T)に変倍する際、第1～第7レンズ群G1～G7がそれぞれ図19の矢印で示す方向に移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0169] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから

構成される。

[0170] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成される。負メニスカスレンズL21は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0171] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成される。開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側近傍に設けられ、変倍の際、第3レンズ群G3とともに移動する。正メニスカスレンズL31は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0172] 第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合正レンズから構成される。

[0173] 第5レンズ群G5は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL51と、両凸形状の正レンズL52とから構成される。

[0174] 第6レンズ群G6は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL61から構成される。正メニスカスレンズL61は、像側のレンズ面が非球面である。

[0175] 第7レンズ群G7は、物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL71と、両凹形状の負レンズL72と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL73から構成される。第7レンズ群G7の像側に、像面Iが配置される。負レンズL72は、物体側のレンズ面が非球面である。

[0176] 本実施例では、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6とをそれぞれ独立に物体側へ移動させることにより、遠距離物体から近距離物体（無限遠物体から有限距離物体）への合焦が行われる。すなわち、第5レンズ群G5は、第1の合焦レンズ群に該当し、第6レンズ群G6は、第2の合焦レンズ群に該当する。

[0177] 以下の表7に、第7実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0178] (表 7)

[全体諸元]

変倍比 2.74

f R w =4055.914

	W	M	T
f	24.8	50.0	67.9
F N O	2.92	2.92	2.92
2 ω	85.10	45.24	33.84
Y m a x	21.60	21.60	21.60
T L	139.31	158.27	168.76
B F	11.75	23.48	28.76

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	189.0188	2.500	1.84666	23.80
2	98.2637	5.200	1.75500	52.33
3	281.1360	0.200		
4	58.7593	5.700	1.77250	49.62
5	135.0000	D5 (可変)		
6*	221.1138	2.000	1.74389	49.53
7	18.6091	9.662		
8	-58.7660	1.300	1.77250	49.62
9	58.7660	0.506		
10	39.8268	6.400	1.72825	28.38
11	-48.5880	1.773		
12	-26.6513	1.300	1.61800	63.34
13	-70.7180	D13 (可変)		
14	∞	1.702		

(絞り S)

15*	71.3000	2.500	1.69370	53.32
16	121.5261	0.202		
17	38.6117	5.900	1.59319	67.90
18	-111.3842	D18 (可変)		
19	66.4297	1.300	1.73800	32.33
20	19.7070	9.700	1.49782	82.57
21	-49.1811	D21 (可変)		
22	-23.7160	1.200	1.72047	34.71
23	-55.5303	0.200		
24	103.5406	5.980	1.59349	67.00
25	-32.7186	D25 (可変)		
26	-75.1626	3.736	1.79189	45.04
27*	-39.1303	D27 (可変)		
28	-44.6016	3.000	1.94594	17.98
29	-32.9994	0.201		
30*	-101.4301	1.500	1.85207	40.15
31	85.4850	7.927		
32	-25.8904	1.400	1.58913	61.22
33	-45.0397	BF		

像面 ∞

[非球面データ]

第6面

$\kappa=1.0000$, $A4=5.47971E-06$, $A6=-6.22095E-09$

$A8=1.44104E-11$, $A10=-2.08855E-14$, $A12=2.01910E-17$

第15面

$\kappa=1.0000$, $A4=-4.50985E-06$, $A6=2.81159E-10$

$A8=-2.63745E-12$, $A10=-4.80538E-15$, $A12=0.00000E+00$

第27面

$\kappa=1.0000, A4=1.09182E-05, A6=-2.25976E-08$

$A8=1.43325E-10, A10=-4.96895E-13, A12=6.77820E-16$

第30面

$\kappa=1.0000, A4=-2.19229E-06, A6=-2.44256E-08$

$A8=6.38954E-11, A10=-1.65927E-13, A12=0.00000E+00$

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	118.121
G2	6	-21.898
G3	14	41.497
G4	19	109.585
G5	22	123.527
G6	26	98.560
G7	28	-47.807

[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	1.800	21.061	29.930	1.800	21.061	29.930
D13	19.119	6.127	2.000	19.119	6.127	2.000
D18	9.354	3.967	1.500	9.354	3.967	1.500
D21	5.286	14.229	18.845	4.337	12.953	17.517
D25	2.861	3.580	2.713	3.291	4.145	3.115
D27	6.143	2.841	2.028	6.662	3.552	2.955

[条件式対応値]

条件式(1) $f_6 / (-f_7) = 2.062$

条件式(2) $f_1 / (-f_7) = 2.471$

条件式(3) $f_2 / f_7 = 0.458$

条件式(4) $f_1 / (-f_2) = 5.394$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_1 / f_4 = 1.078$$

$$\text{条件式 (6)} \quad f_4 / f_w = 4.428$$

$$\text{条件式 (7)} \quad f_3 / f_4 = 0.379$$

$$\text{条件式 (8)} \quad |f_F| / f_t = 1.819$$

$$\text{条件式 (9)} \quad n_N / n_P = 1.160$$

$$\text{条件式 (10)} \quad \nu_N / \nu_P = 0.392$$

$$\text{条件式 (11)} \quad f_1 / |f_{Rw}| = 0.029$$

$$\text{条件式 (12)} \quad 2\omega_w = 85.10$$

$$\text{条件式 (13)} \quad B_{Fw} / f_w = 0.475$$

$$\text{条件式 (14)} \quad (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) = 3.704$$

[0179] 図20(A)、図20(B)、および図20(C)はそれぞれ、第7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無限遠合焦時の諸収差図である。図21(A)、図21(C)、および図21(C)はそれぞれ、第7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。各諸収差図より、第7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。

[0180] 各実施例によれば、鏡筒が大型化することなく、高速で静粛性の高いオートフォーカスを実現可能で、広角端状態から望遠端状態への変倍の際の収差の変動および、無限遠物体から近距離物体への合焦の際の収差の変動を抑えた変倍光学系を実現することができる。

[0181] ここで、上述の第1～第3実施例および第7実施例は本実施形態の一具体例を示しているものであり、本実施形態はこれらに限定されるものではない。

[0182] なお、以下の内容は、本実施形態に係る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。

[0183] 変倍光学系の数値実施例として6群構成のものと7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、8群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、変倍光学系の最も物体側や最も像面側に、レンズまた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。

[0184] レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工および組立調整が容易になり、加工および組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。

[0185] レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に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構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0186] 開口絞りは、第2レンズ群と第3レンズ群との間に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

[0187] 各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し、コントラストの高い光学性能を達成するために、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良い。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。

符号の説明

[0188]	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 6	第6レンズ群
	G 7	第7レンズ群		
	I	像面	S	開口絞り

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群と、負の屈折力を有する第7レンズ群とを有し、

変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する変倍光学系。

[請求項2] 以下の条件式を満足する請求項1に記載の変倍光学系。

$$1.00 < f_6 / (-f_7) < 6.00$$

但し、 f_6 ：前記第6レンズ群の焦点距離

f_7 ：前記第7レンズ群の焦点距離

[請求項3] 以下の条件式を満足する請求項1または2に記載の変倍光学系。

$$0.80 < f_1 / (-f_7) < 5.00$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_7 ：前記第7レンズ群の焦点距離

[請求項4] 以下の条件式を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.10 < f_2 / f_7 < 3.00$$

但し、 f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

f_7 ：前記第7レンズ群の焦点距離

[請求項5] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群である請求項1～4のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項6] 以下の条件式を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$3.40 < f_1 / (-f_2) < 7.00$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.80 < f_1 / f_4 < 5.10$$

$$1.20 < f_4 / f_w < 6.80$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_4 ：前記第4レンズ群の焦点距離

f_w ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項8] 以下の条件式を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.20 < f_3 / f_4 < 2.50$$

但し、 f_3 ：前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 ：前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項9] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、
前記合焦レンズ群は、3つ以下の単レンズからなる請求項1～8のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項10] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、
前記合焦レンズ群のうち少なくとも1つは、負の屈折力を有する単レンズを有する請求項1～9のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項11] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、
前記合焦レンズ群は、開口絞りよりも像側に配置される請求項1～10のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項12] 開口絞りよりも像側に少なくとも4つのレンズ群が配置される請求項1～11のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項13] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、

以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.20 < |f_F| / f_t < 4.00$$

但し、 f_F ：前記合焦レンズ群のうち最も屈折力が強い前記合焦レンズ群の焦点距離

f_t ：望遠端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項14] 前記第4レンズ群は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有する請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項15] 前記第4レンズ群は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有し、以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.00 < n_N / n_P < 1.35$$

但し、 n_N ：前記接合レンズにおける前記負レンズの屈折率

n_P ：前記接合レンズにおける前記正レンズの屈折率

[請求項16] 前記第4レンズ群は、負レンズと正レンズとの接合レンズを有し、以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 15 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.20 < \nu_N / \nu_P < 0.85$$

但し、 ν_N ：前記接合レンズにおける前記負レンズのアッベ数

ν_P ：前記接合レンズにおける前記正レンズのアッベ数

[請求項17] 以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 16 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$f_1 / |f_{Rw}| < 5.00$$

但し、 f_1 ：前記第1レンズ群の焦点距離

f_{Rw} ：広角端状態における前記第4レンズ群よりも像側に配置されたレンズ群の合成焦点距離

[請求項18] 以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 17 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$2\omega_w > 75^\circ$$

但し、 ω_w ：広角端状態における前記変倍光学系の半画角

[請求項19] 以下の条件式を満足する請求項1～18のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.10 < BF_w / f_w < 1.00$$

但し、 BF_w ：広角端状態における前記変倍光学系のバックフォーカス

f_w ：広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項20] 前記第5レンズ群および前記第6レンズ群のうち少なくとも1つは、合焦の際に移動する合焦レンズ群であり、

以下の条件式を満足する請求項1～19のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.00 < (r_{R2} + r_{R1}) / (r_{R2} - r_{R1}) < 8.00$$

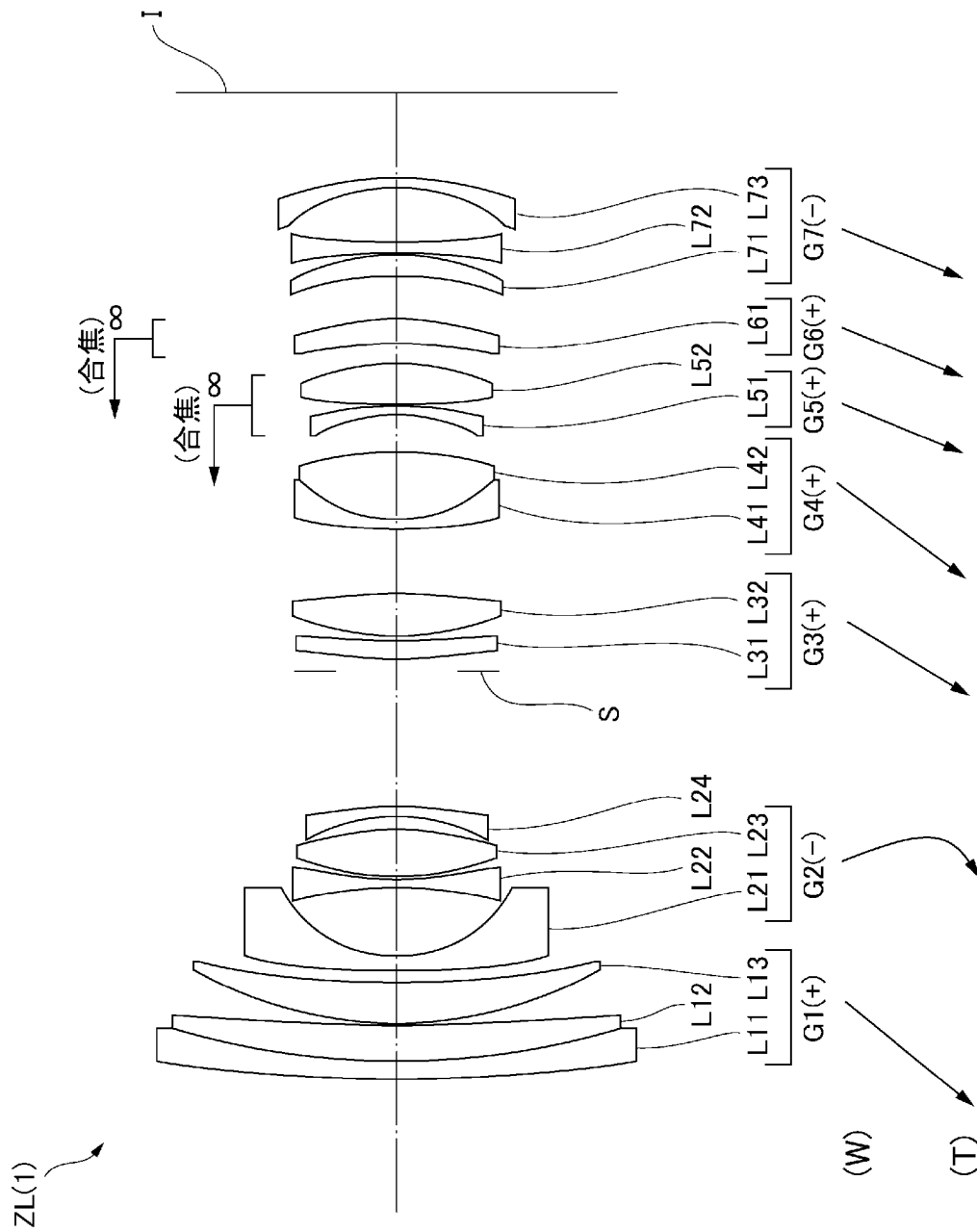
但し、 r_{R1} ：前記変倍光学系の最も像側に配置されたレンズにおける物体側のレンズ面の曲率半径

r_{R2} ：前記変倍光学系の最も像側に配置されたレンズにおける像側のレンズ面の曲率半径

[請求項21] 請求項1～20のいずれかに記載の変倍光学系を搭載して構成される光学機器。

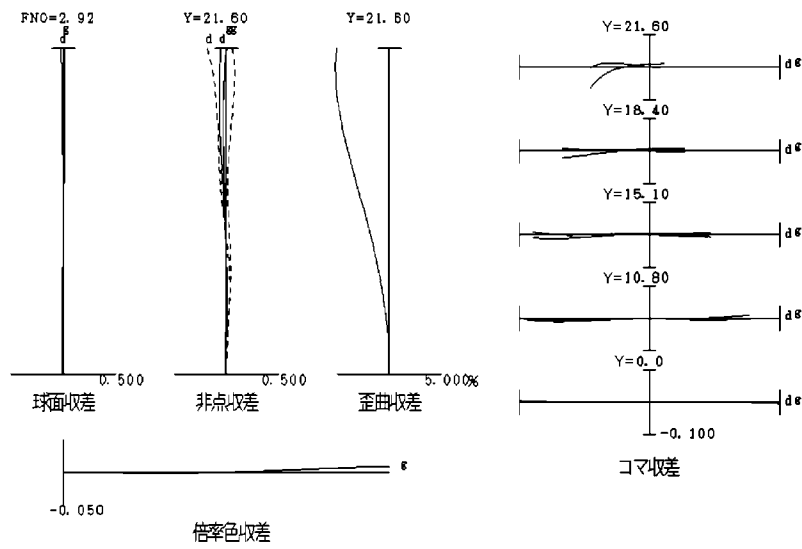
[請求項22] 物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、正の屈折力を有する第6レンズ群と、負の屈折力を有する第7レンズ群とを有した変倍光学系の製造方法であって、
変倍の際に、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように、
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する変倍光学系の製造方法。

[図1]

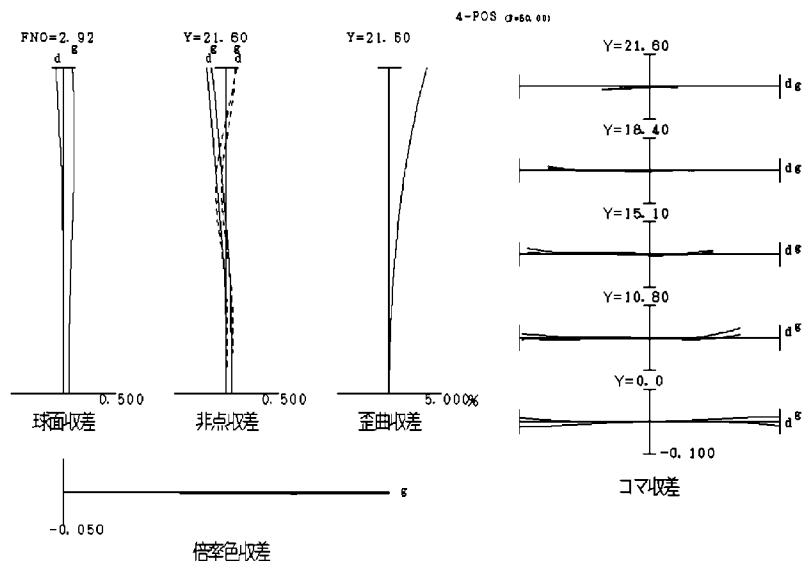


[図2]

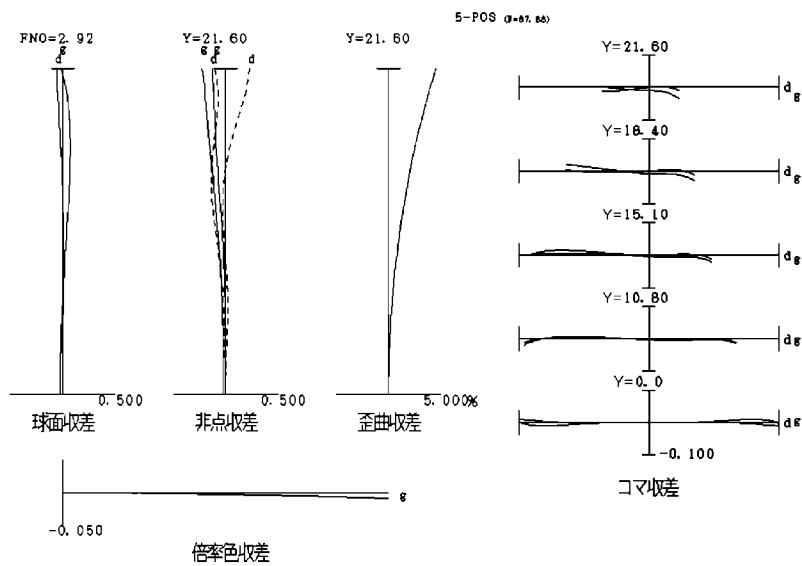
(A)



(B)

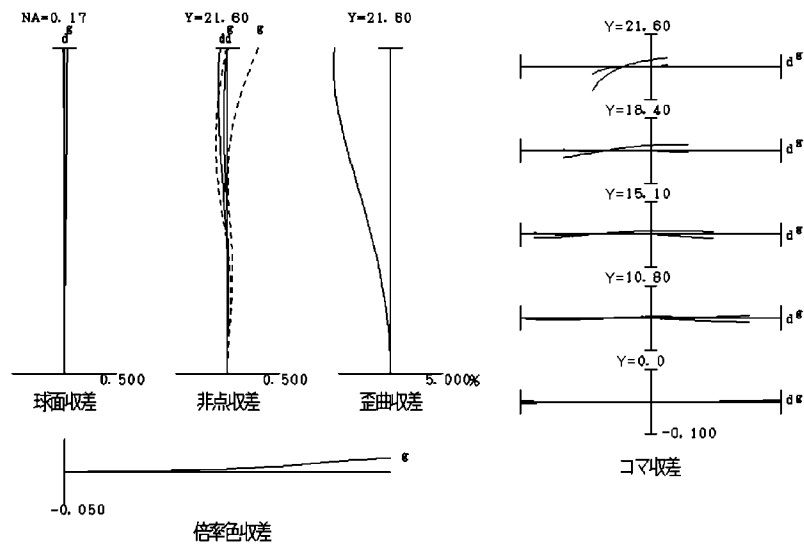


(C)

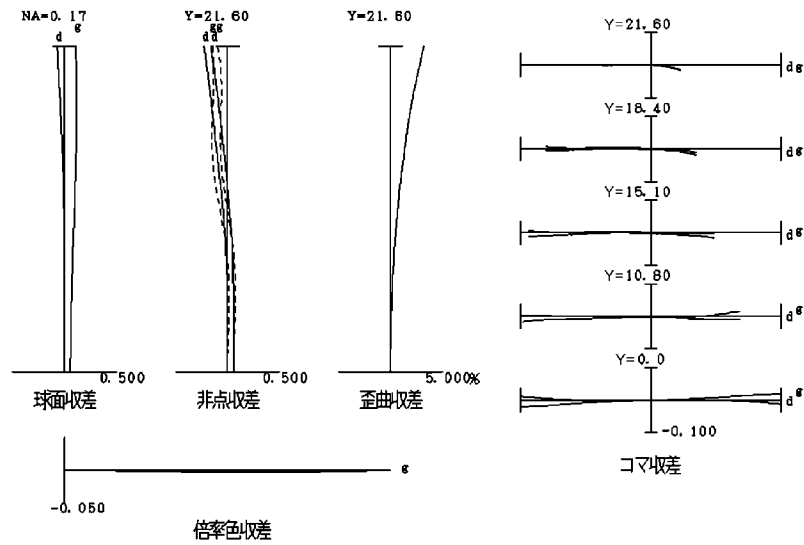


[図3]

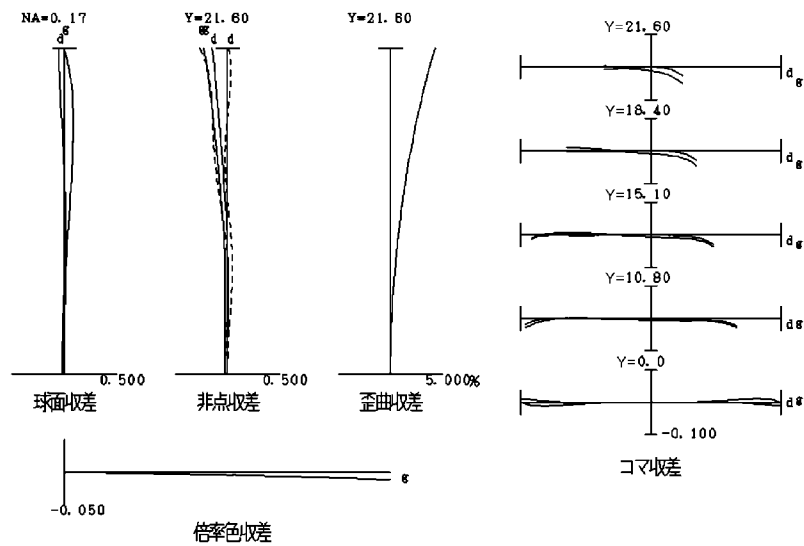
(A)



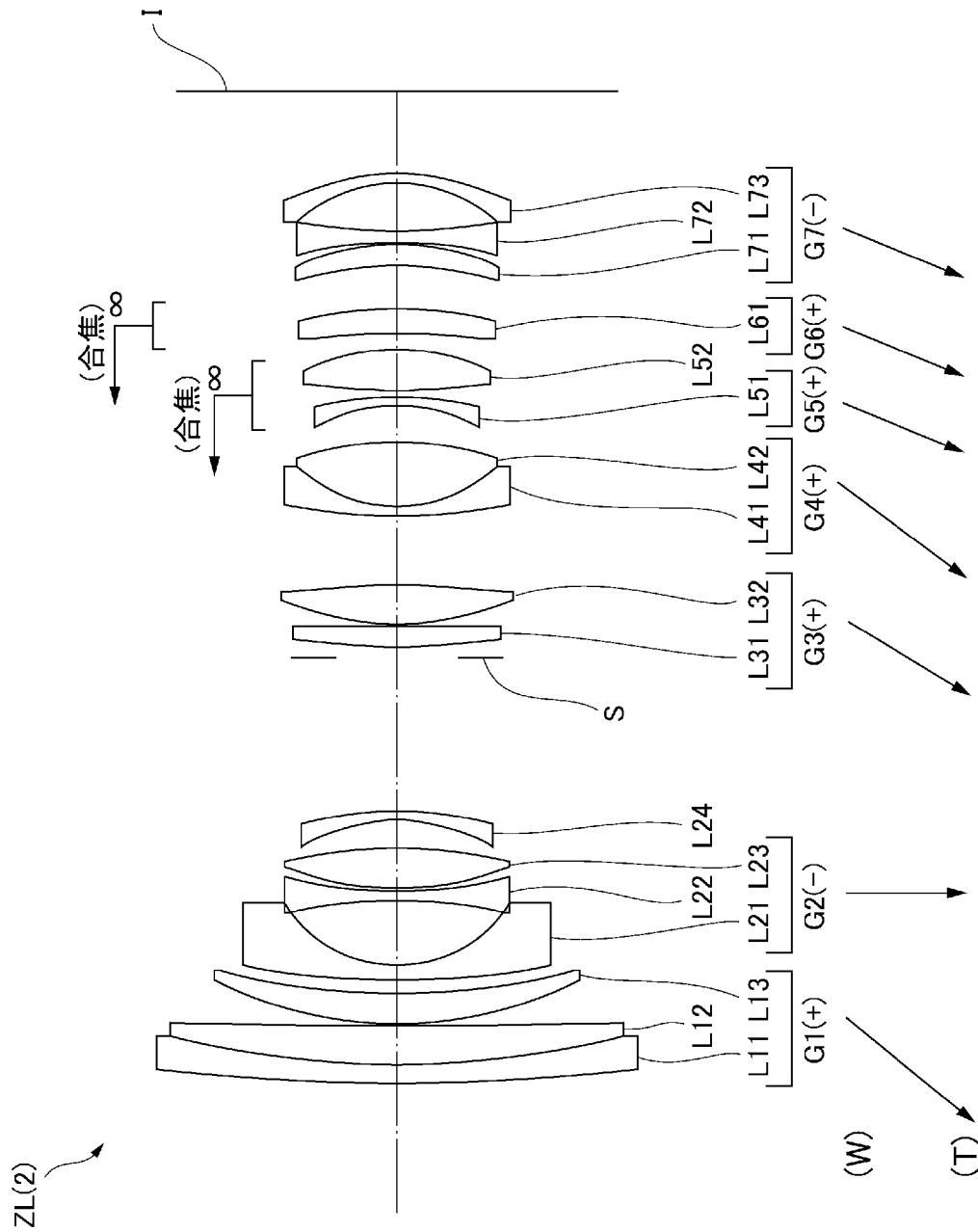
(B)



(C)

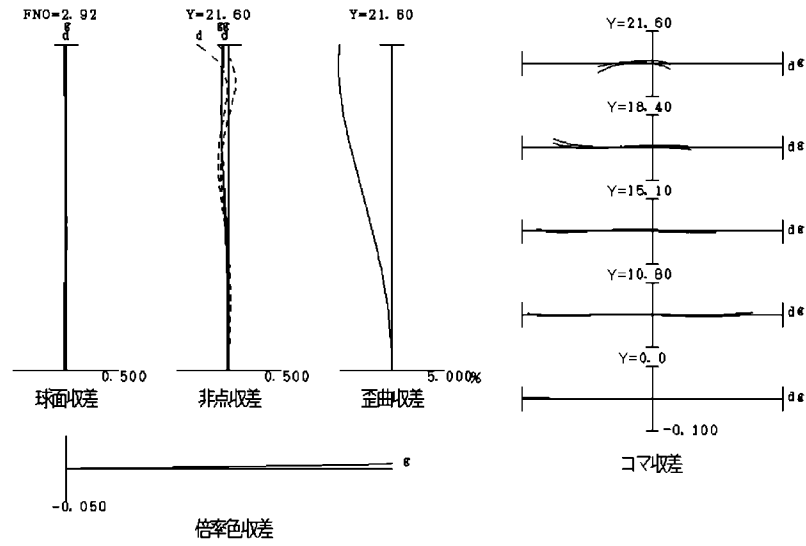


[図4]

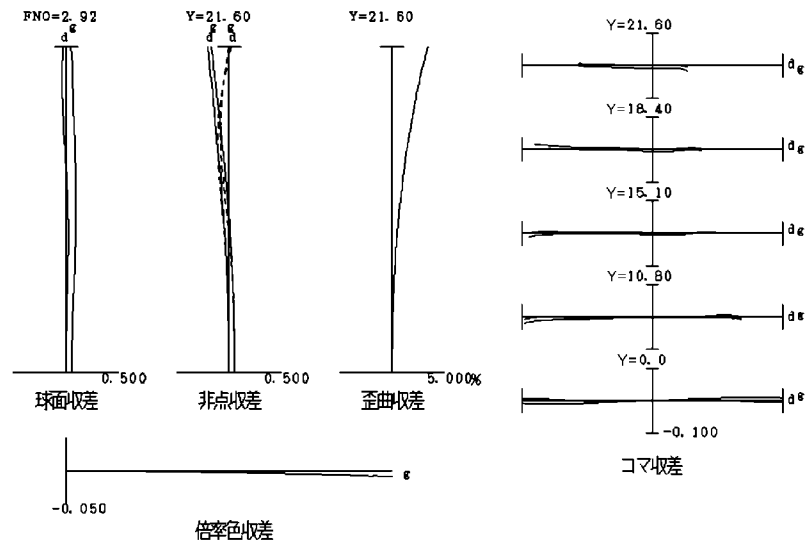


[図5]

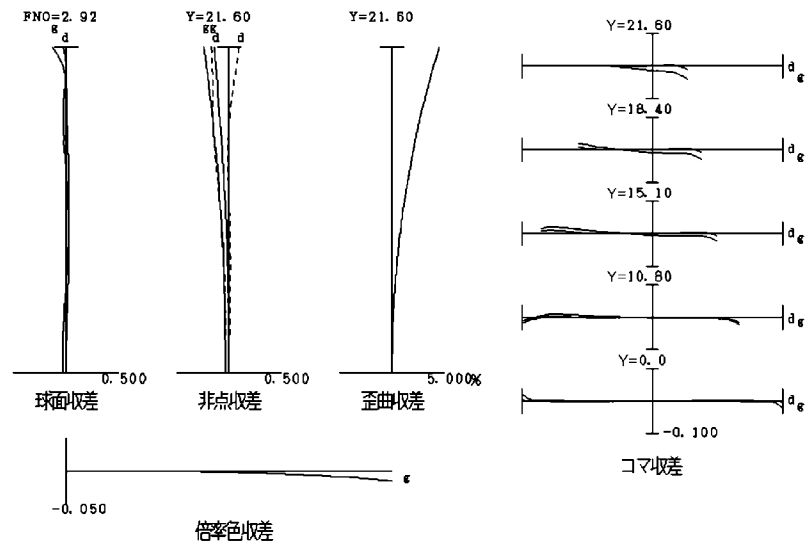
(A)



(B)

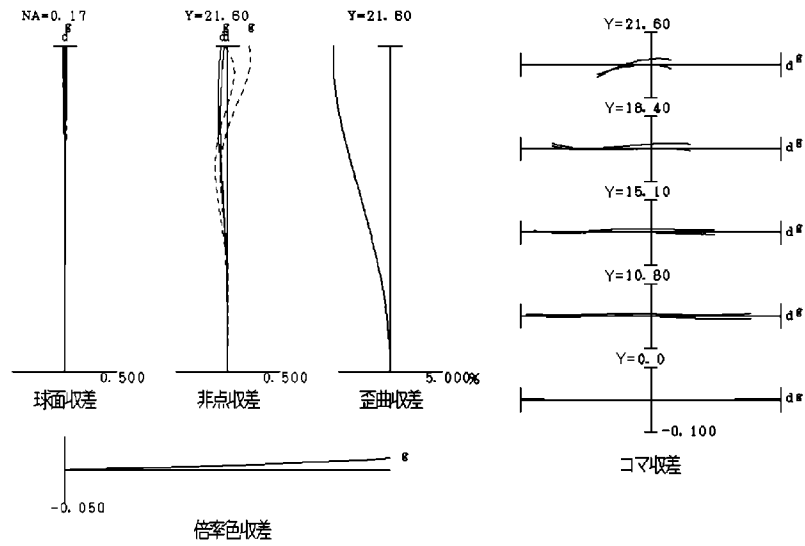


(C)

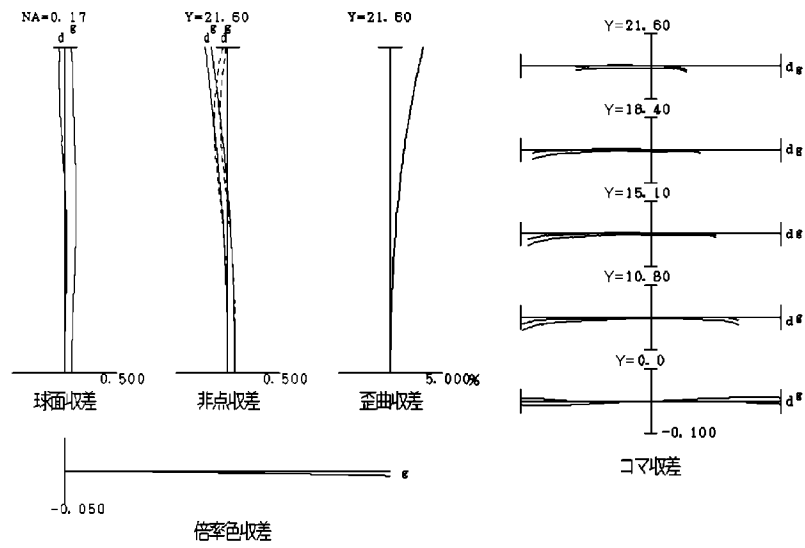


[図6]

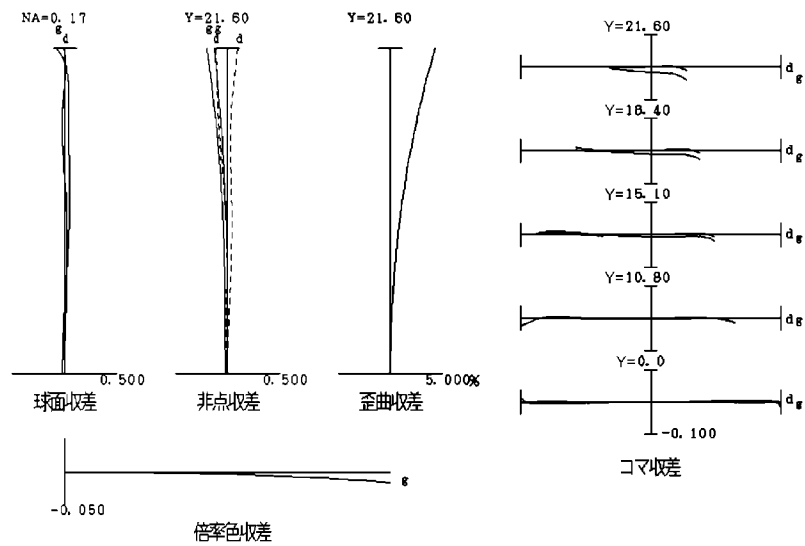
(A)



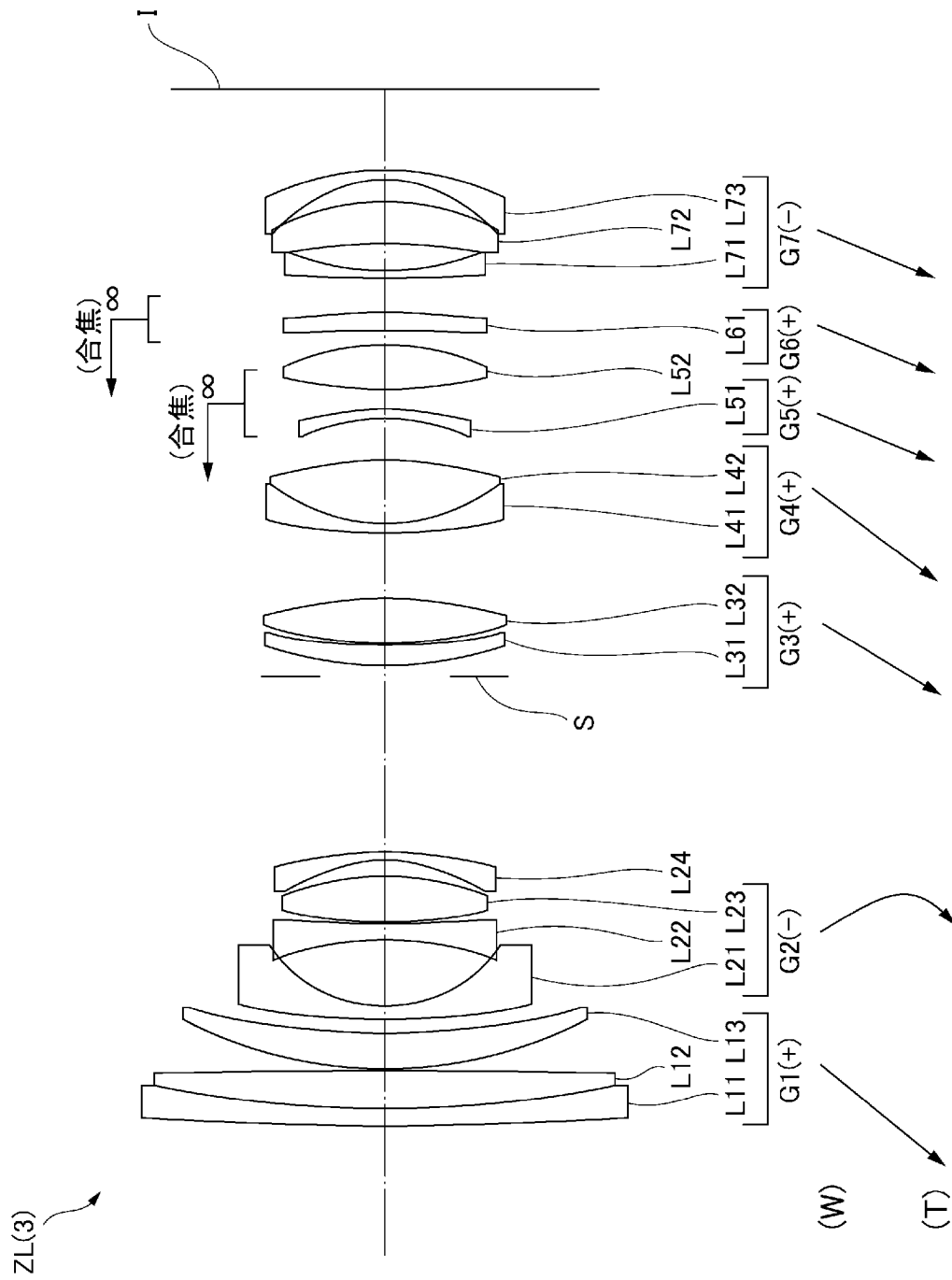
(B)



(C)

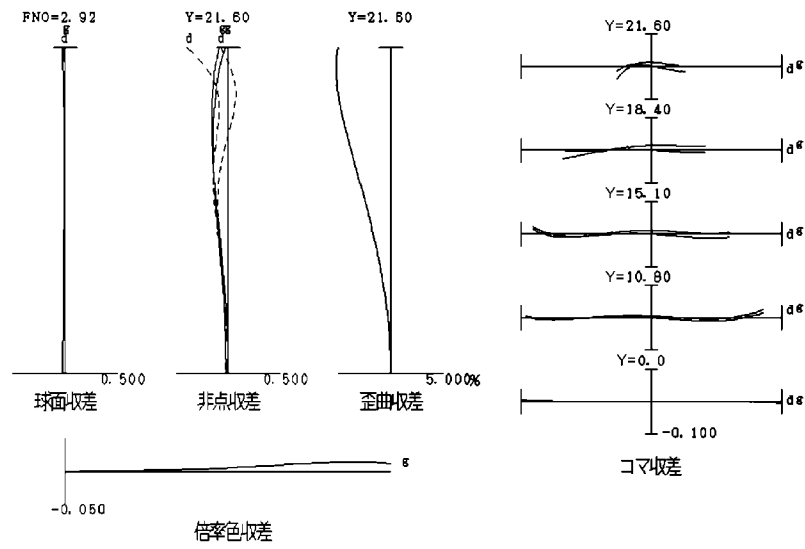


[図7]

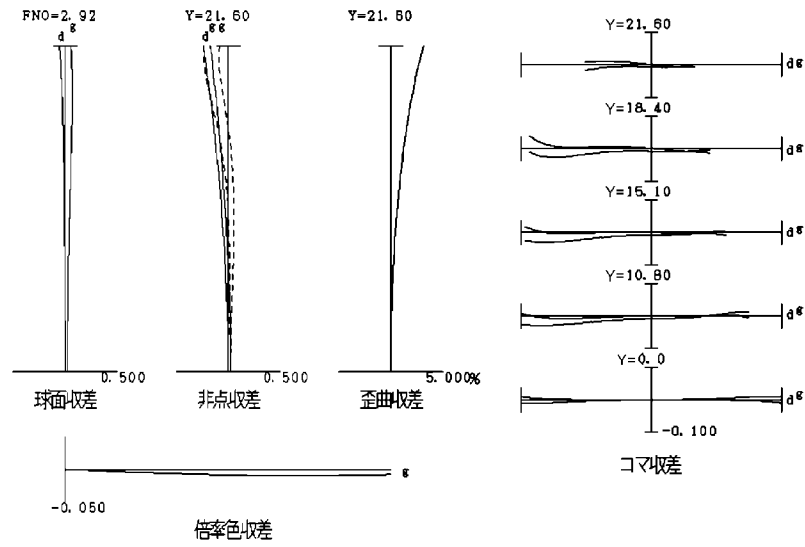


[図8]

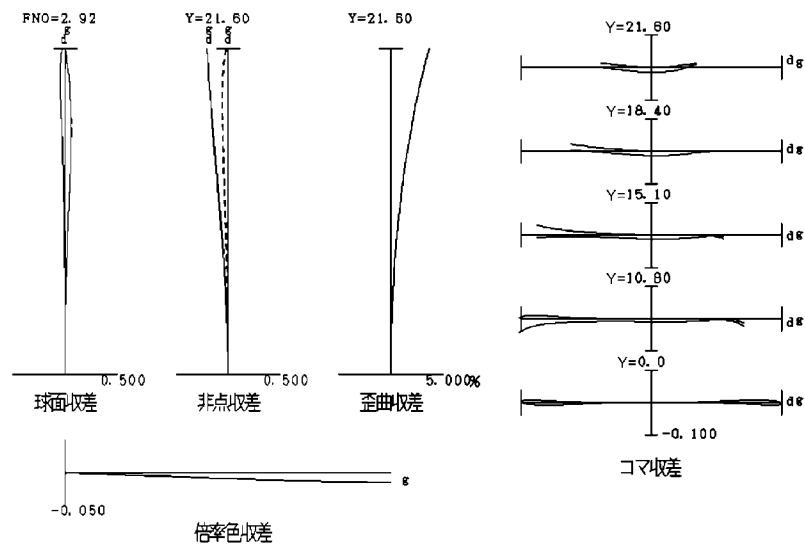
(A)



(B)

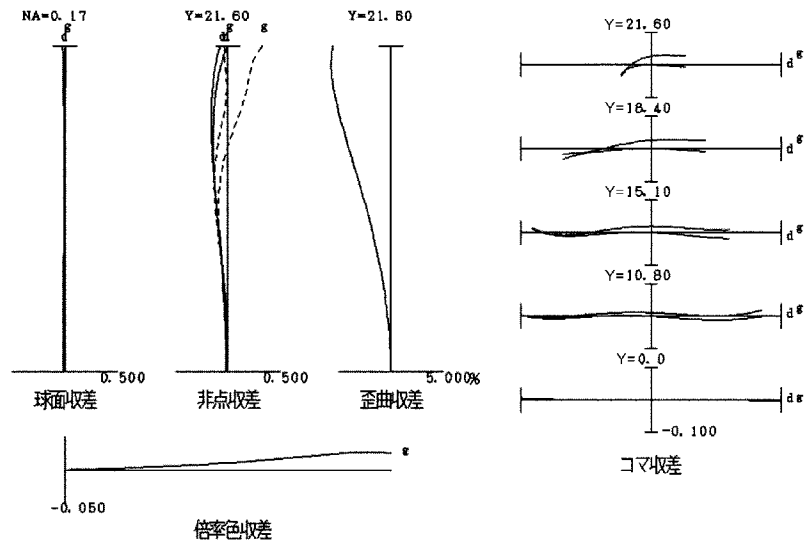


(C)

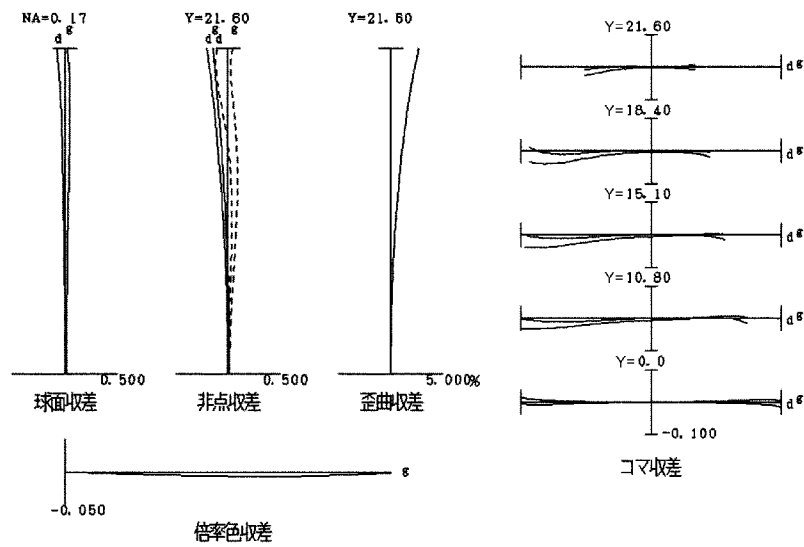


[図9]

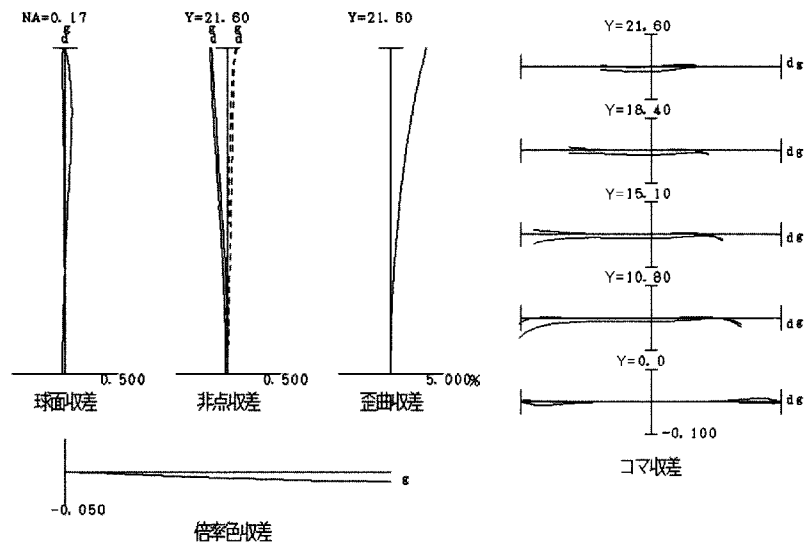
(A)



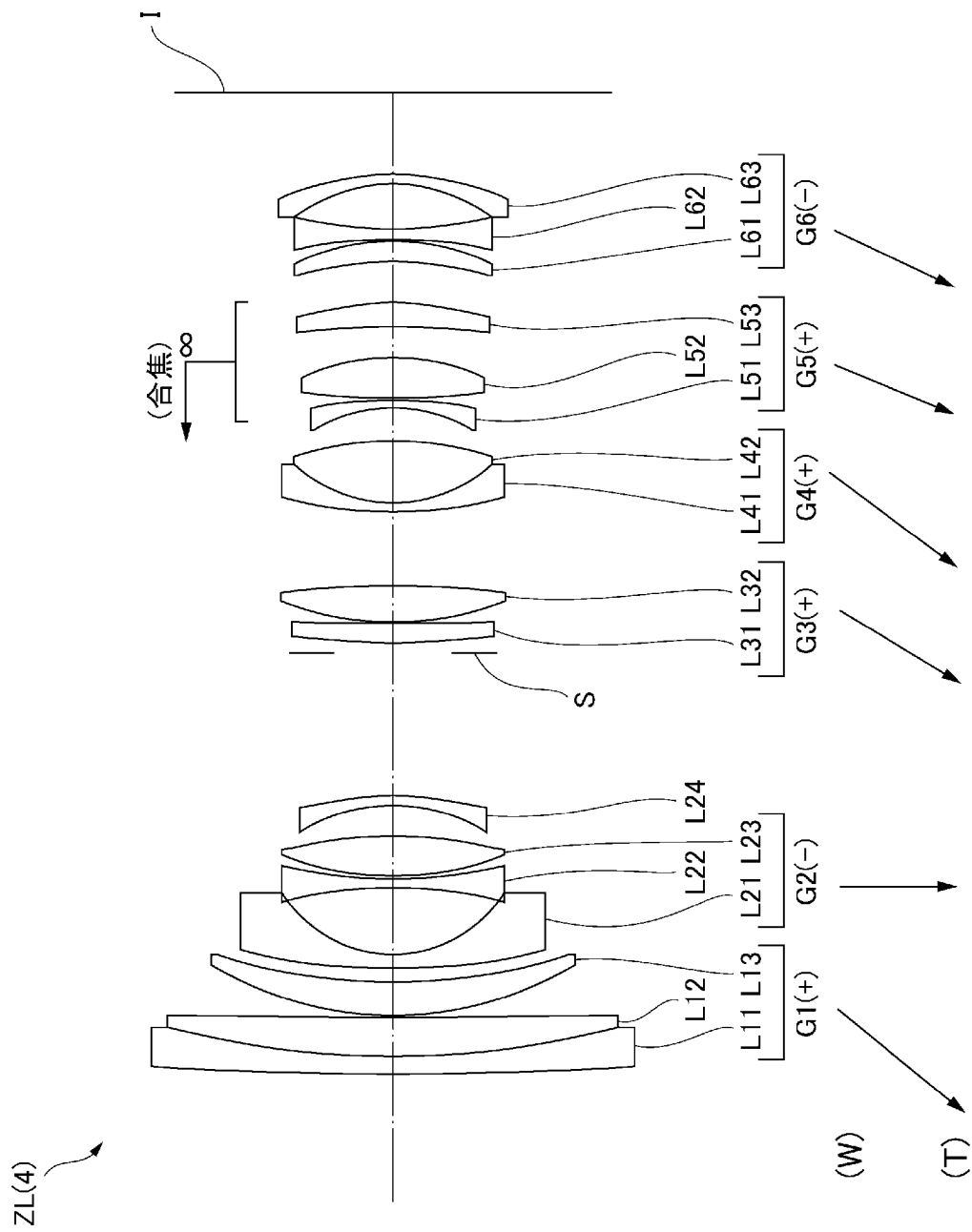
(B)



(C)

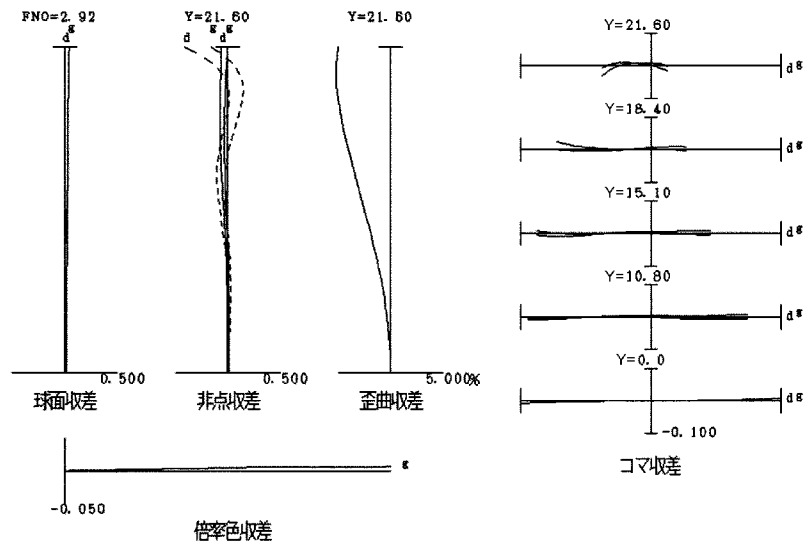


[図10]

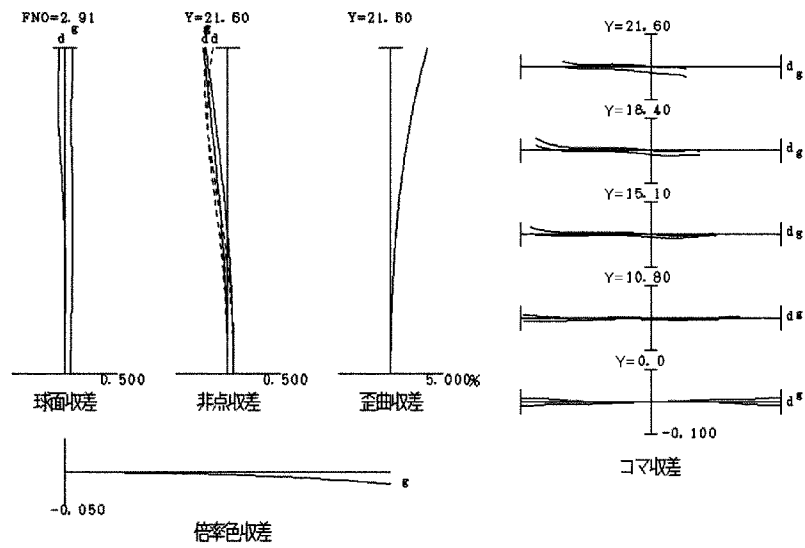


[図11]

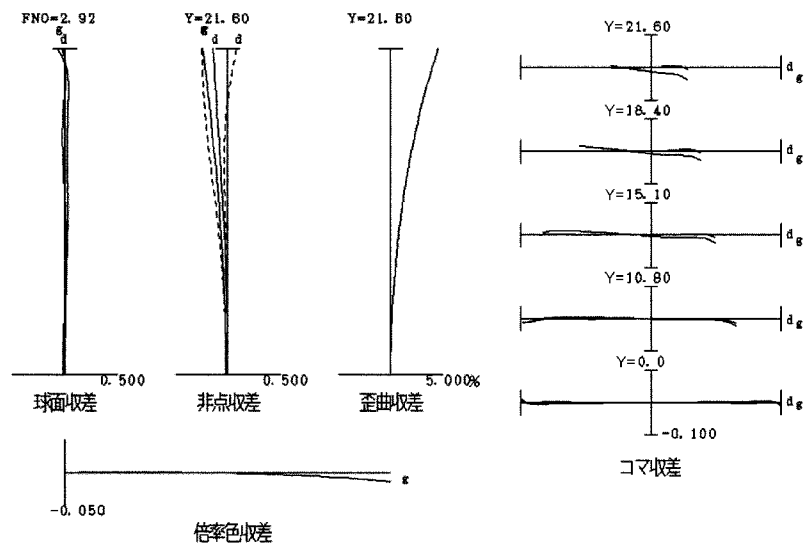
(A)



(B)

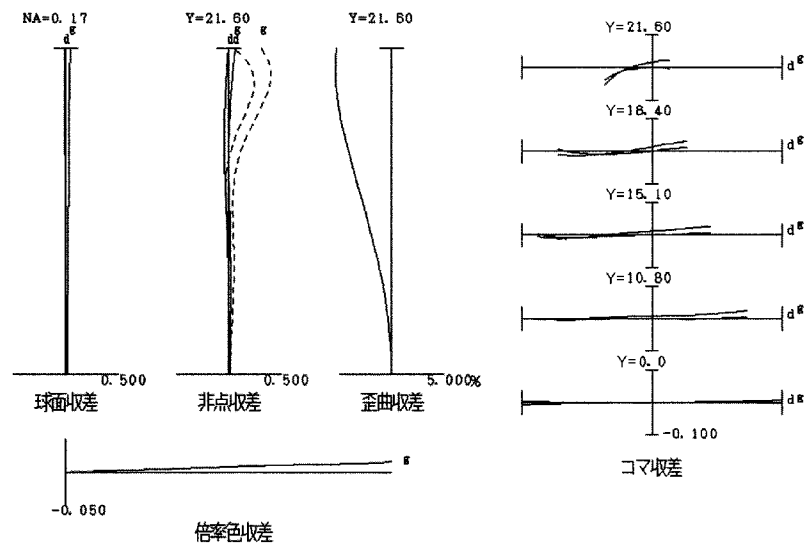


(C)

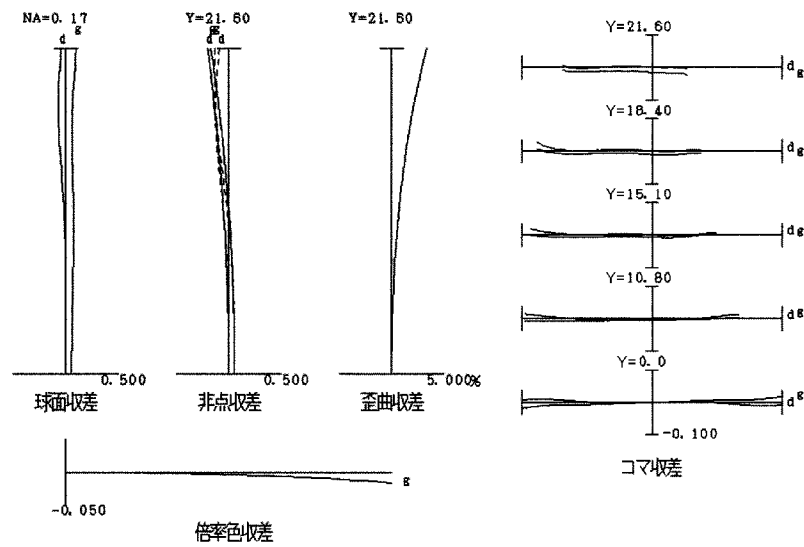


[図12]

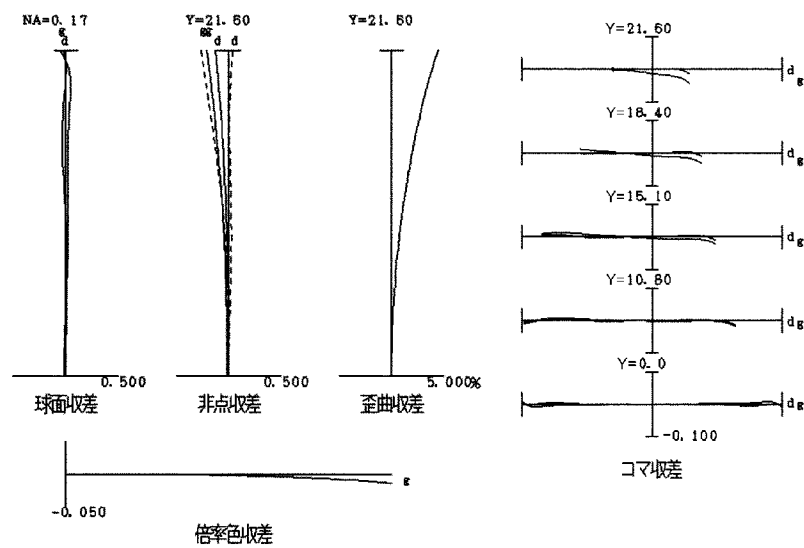
(A)



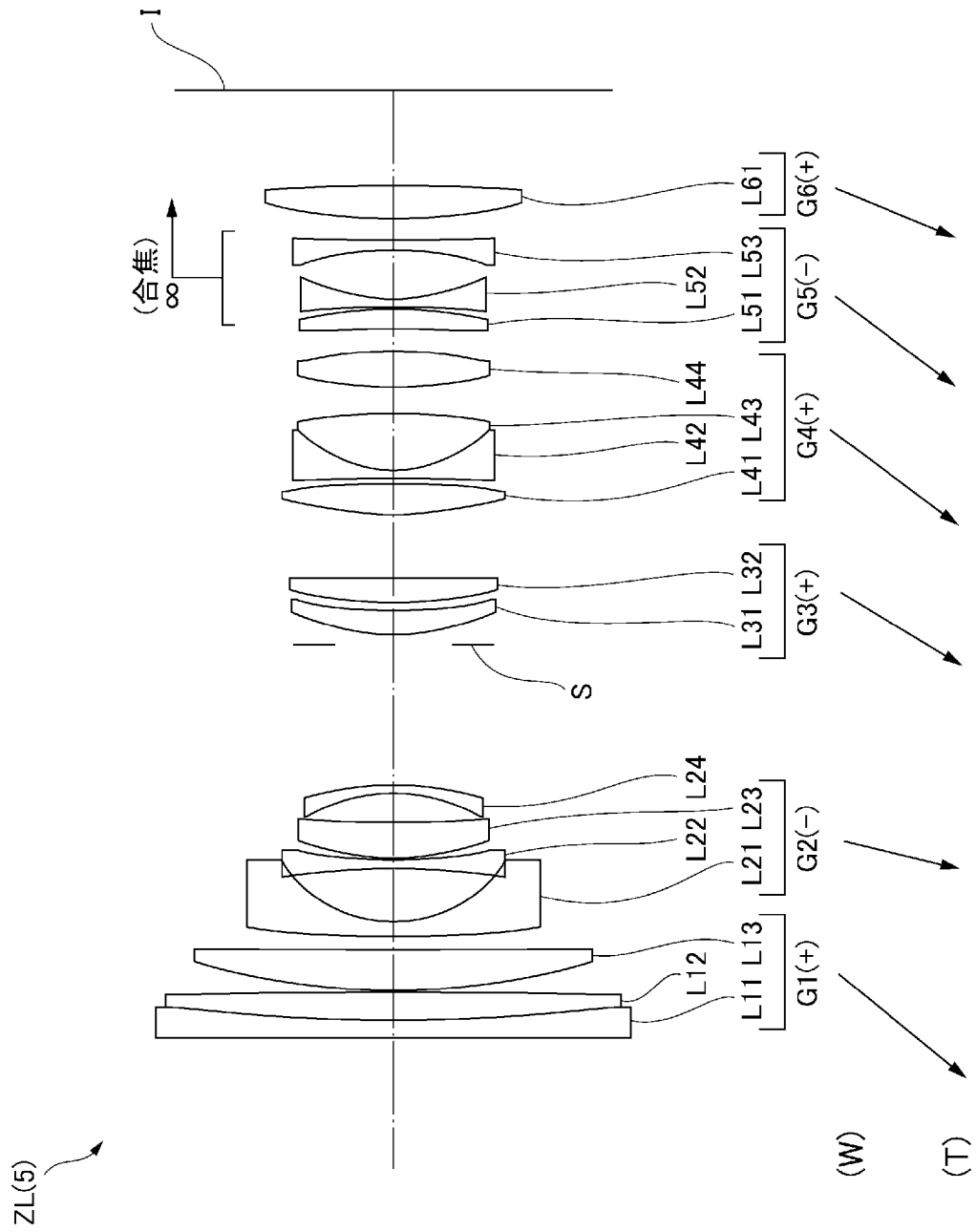
(B)



(C)

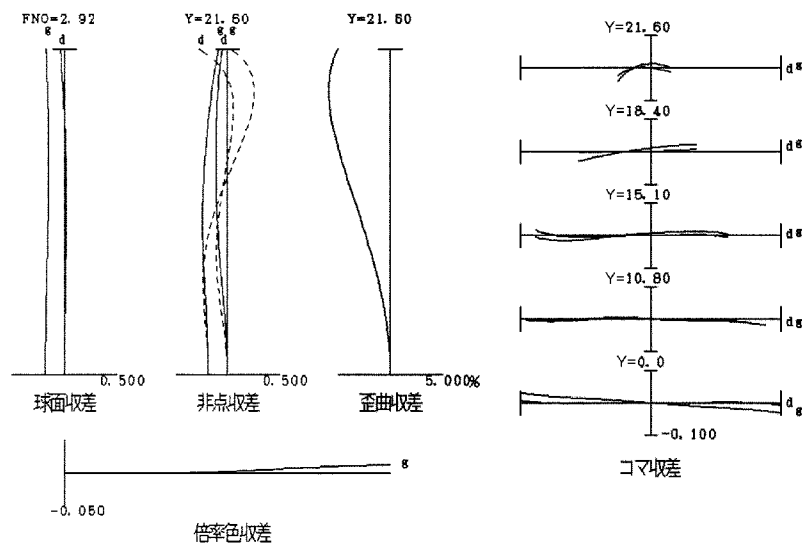


[図13]

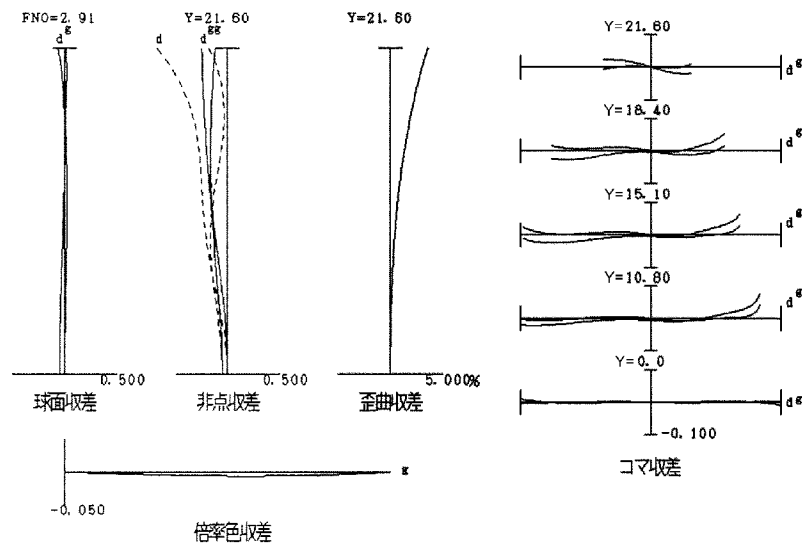


[図14]

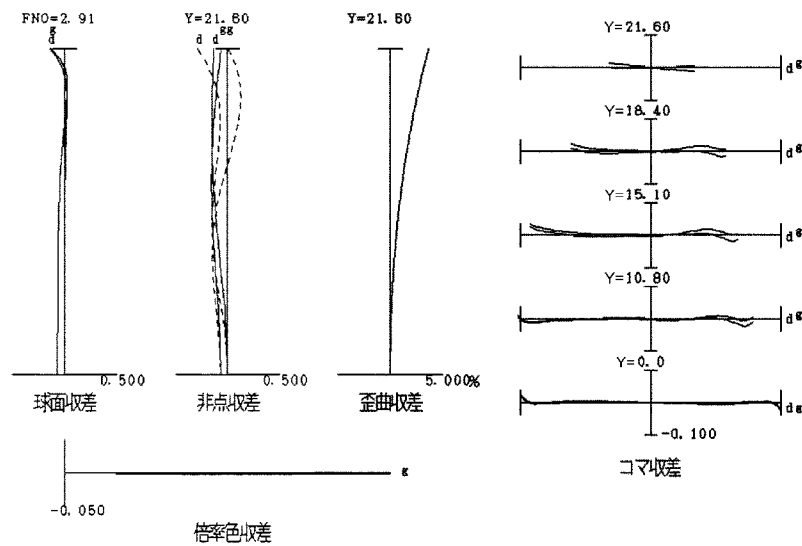
(A)



(B)

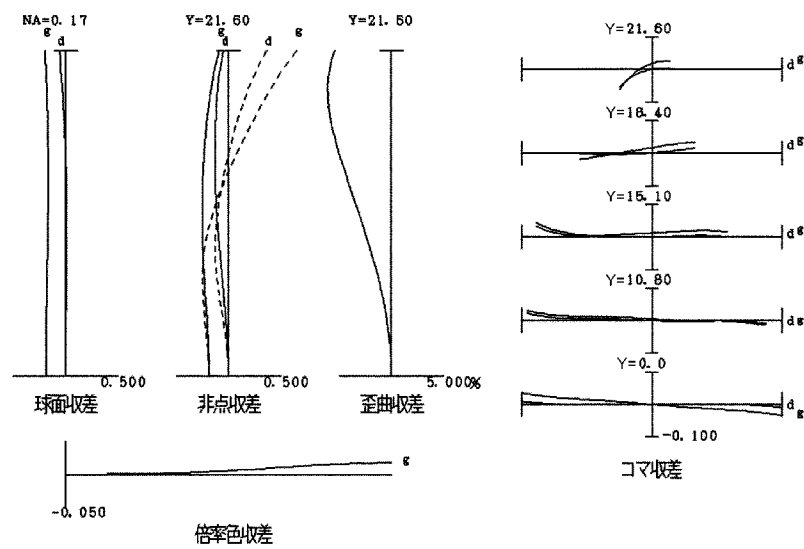


(C)

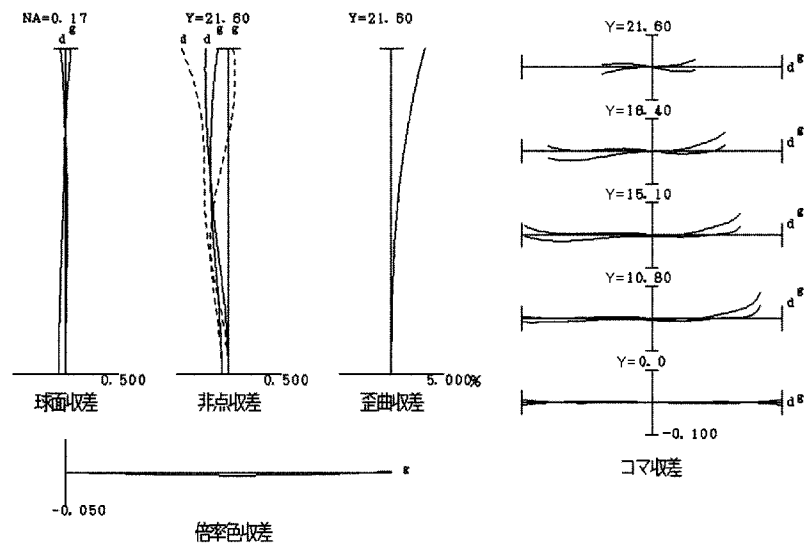


[図15]

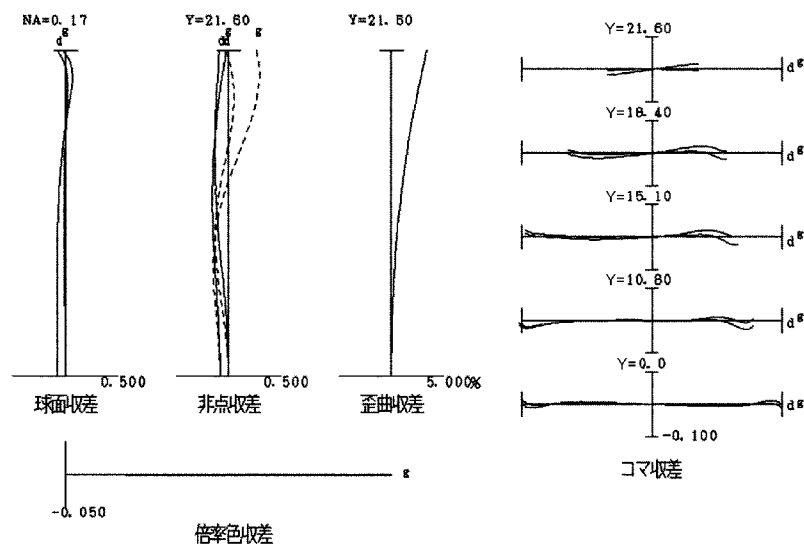
(A)



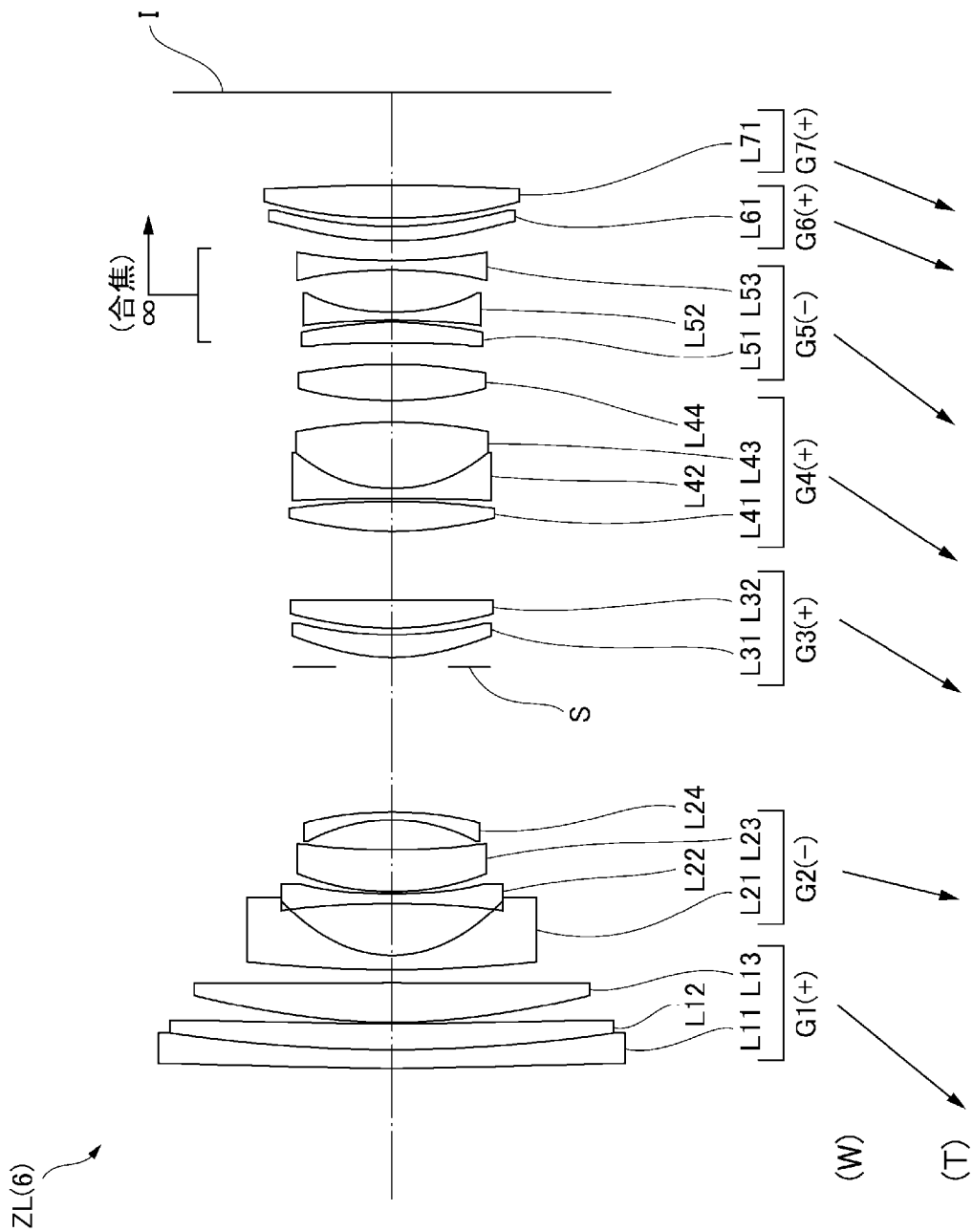
(B)



(C)

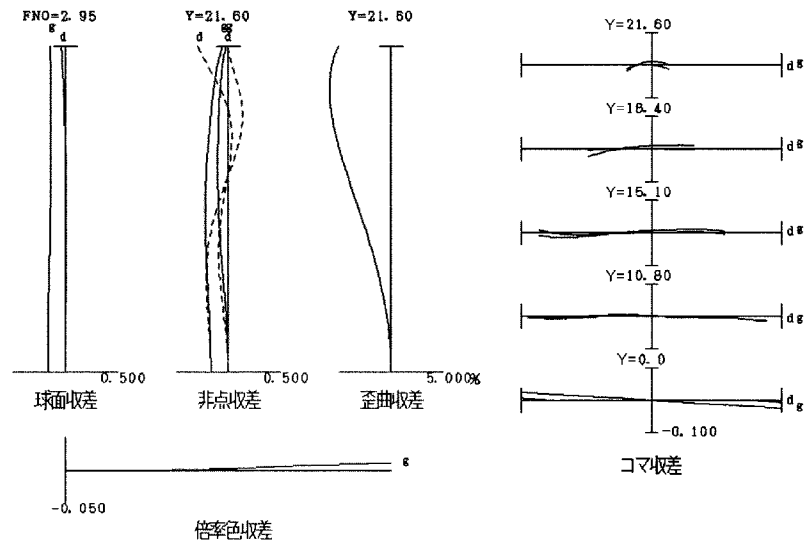


[図16]

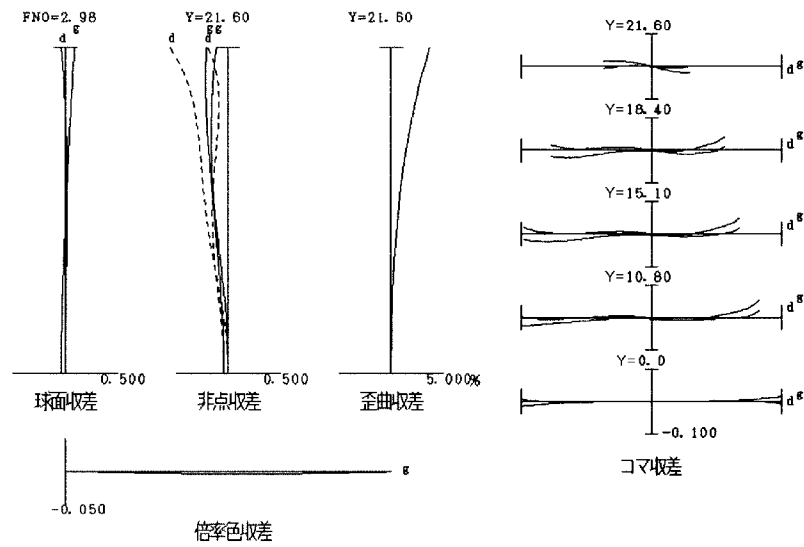


[図17]

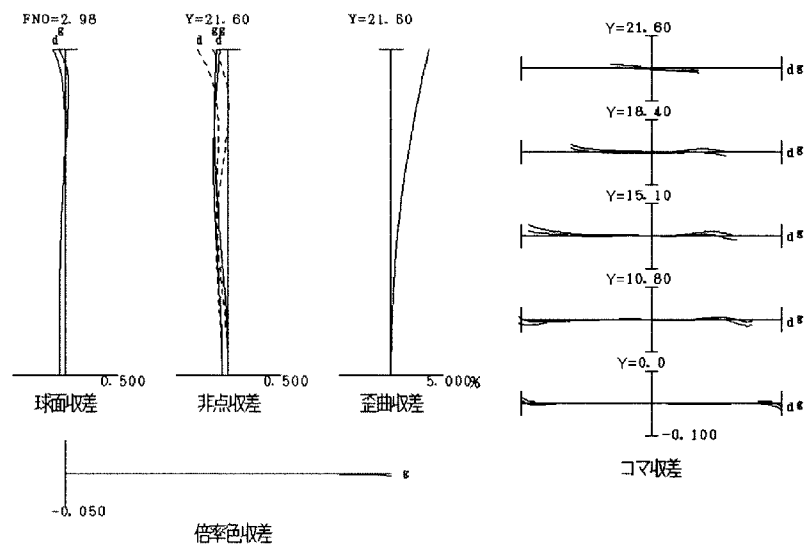
(A)



(B)

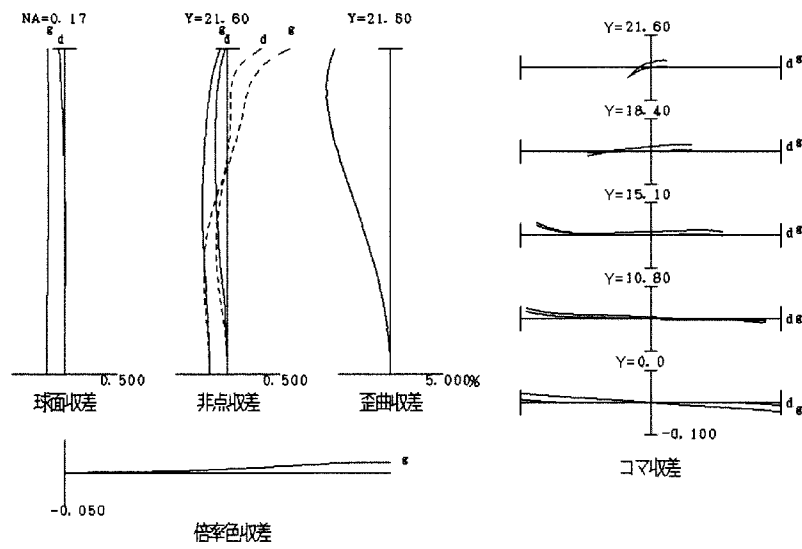


(C)

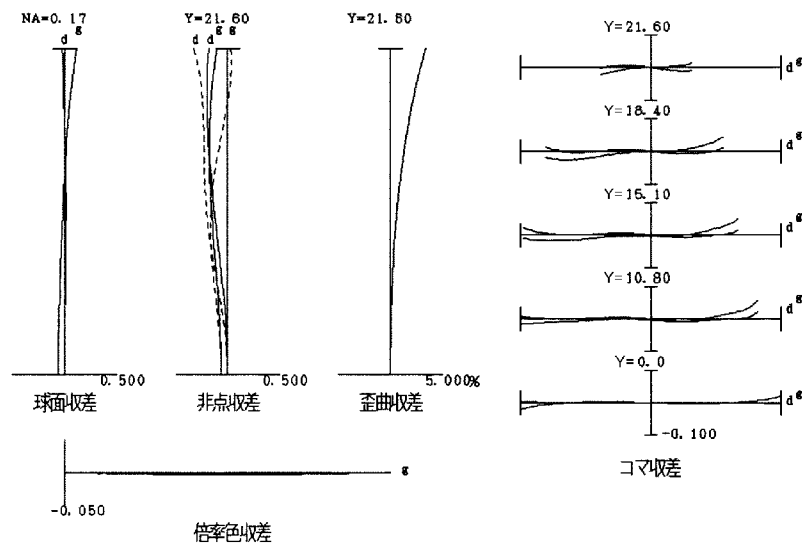


[図18]

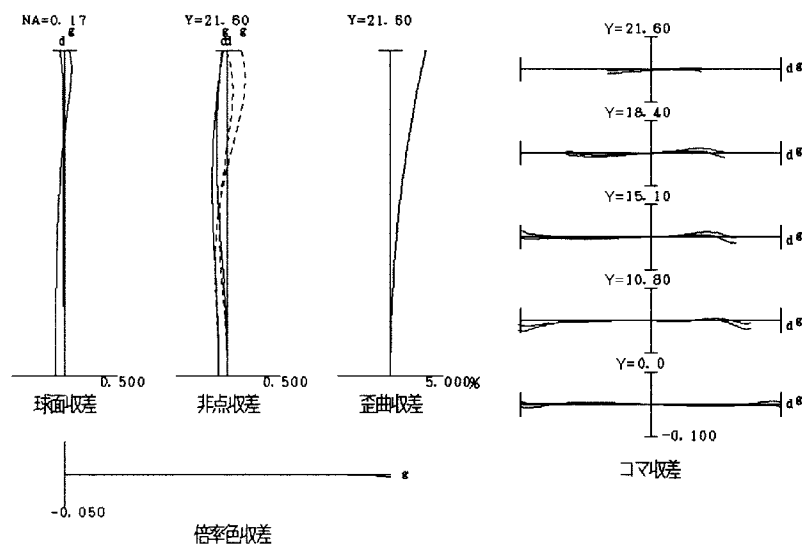
(A)



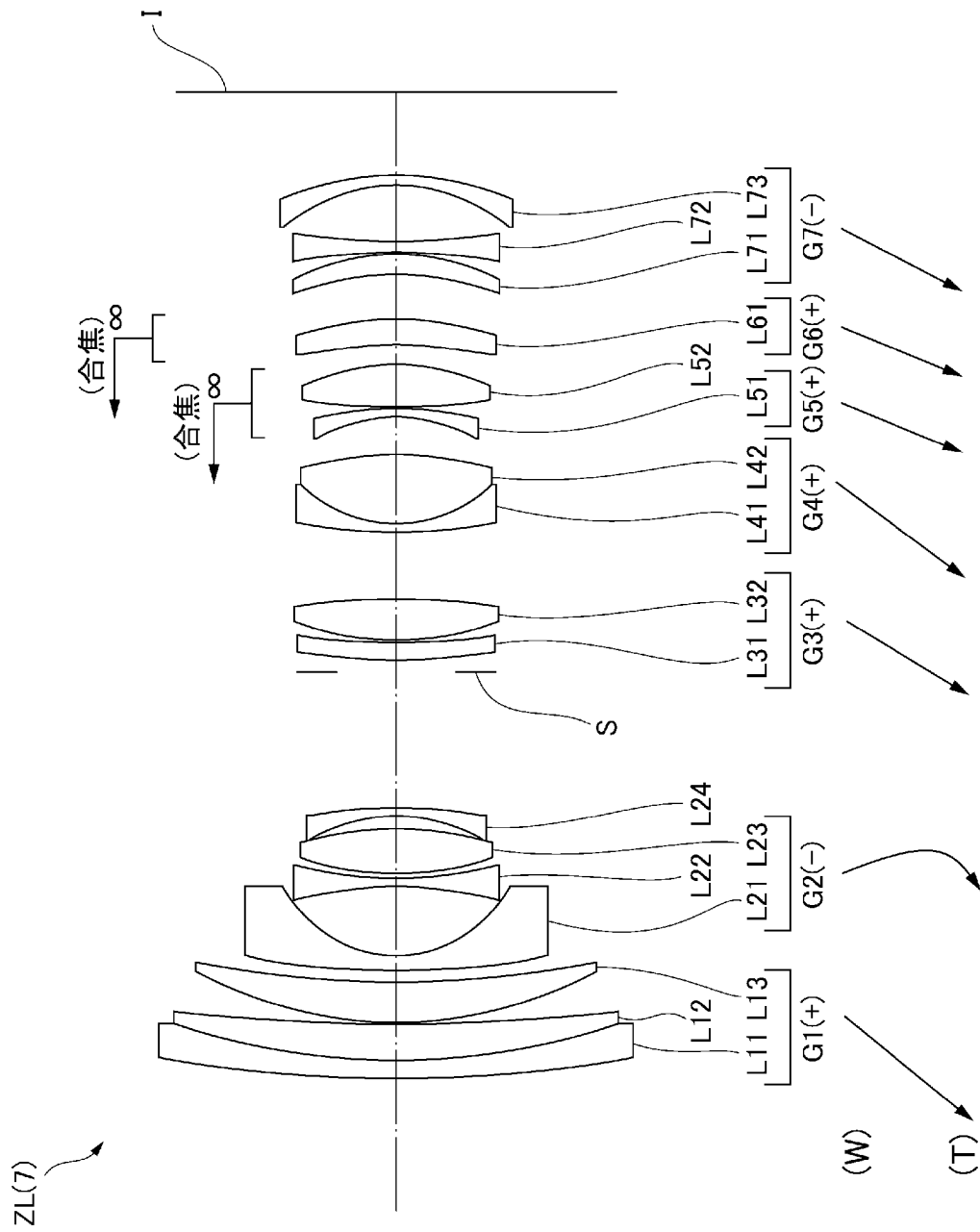
(B)



(C)

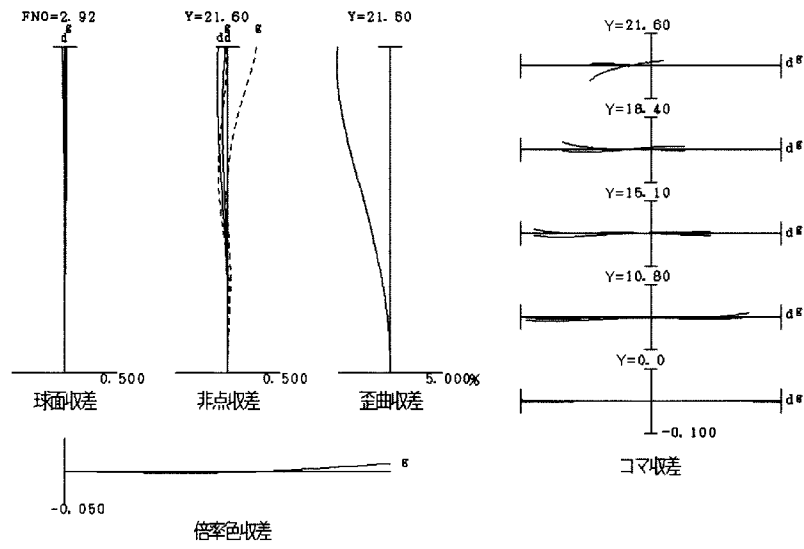


[図19]

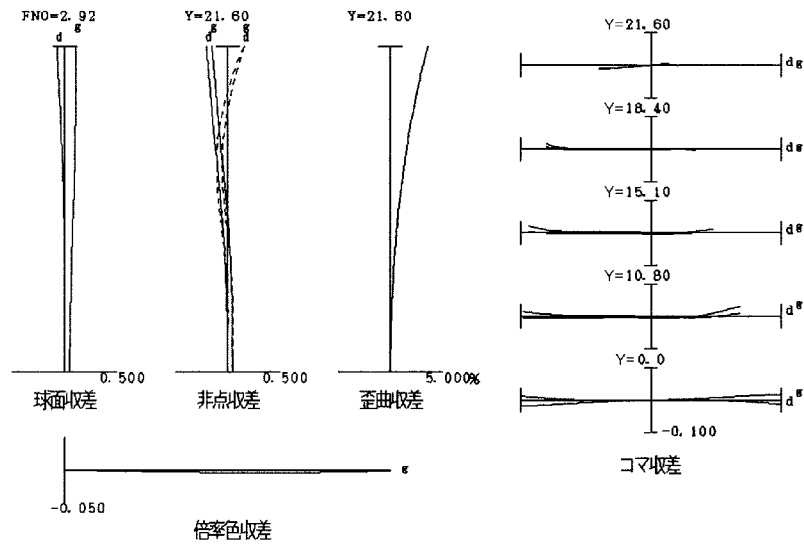


[図20]

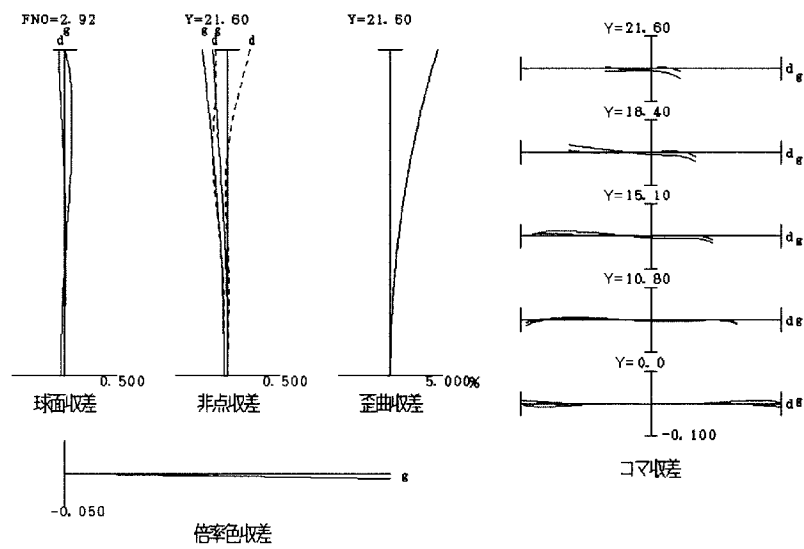
(A)



(B)

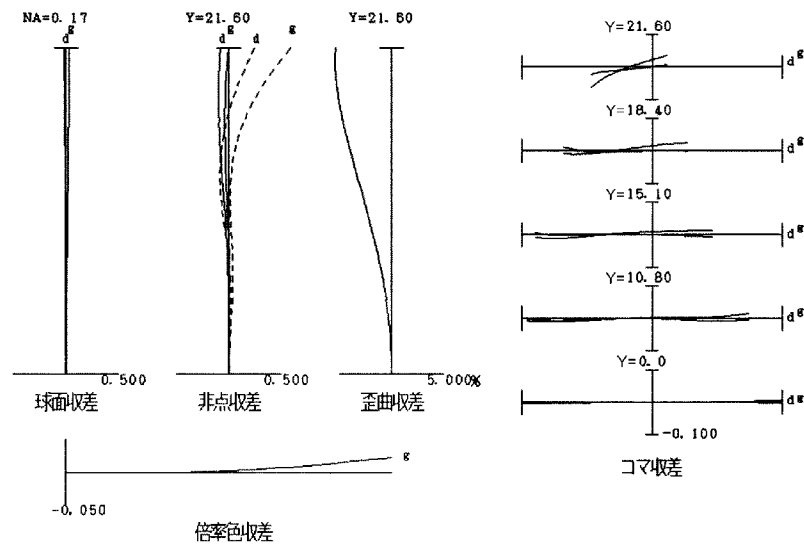


(C)

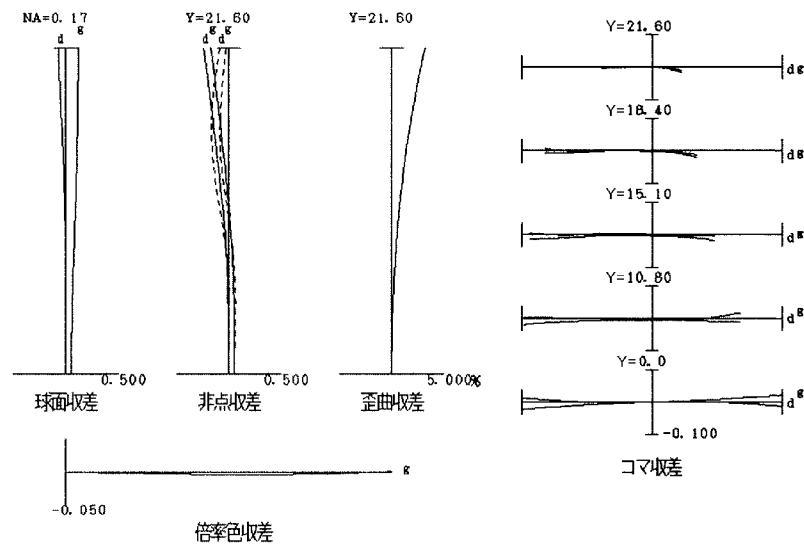


[図21]

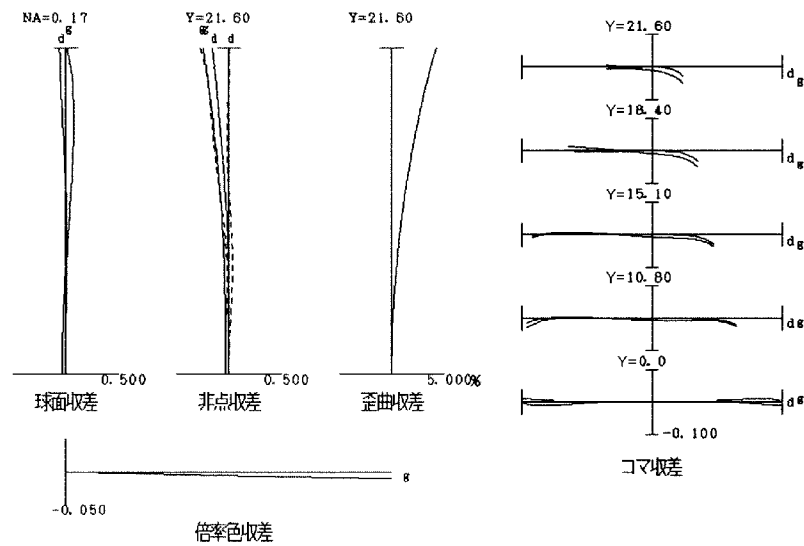
(A)



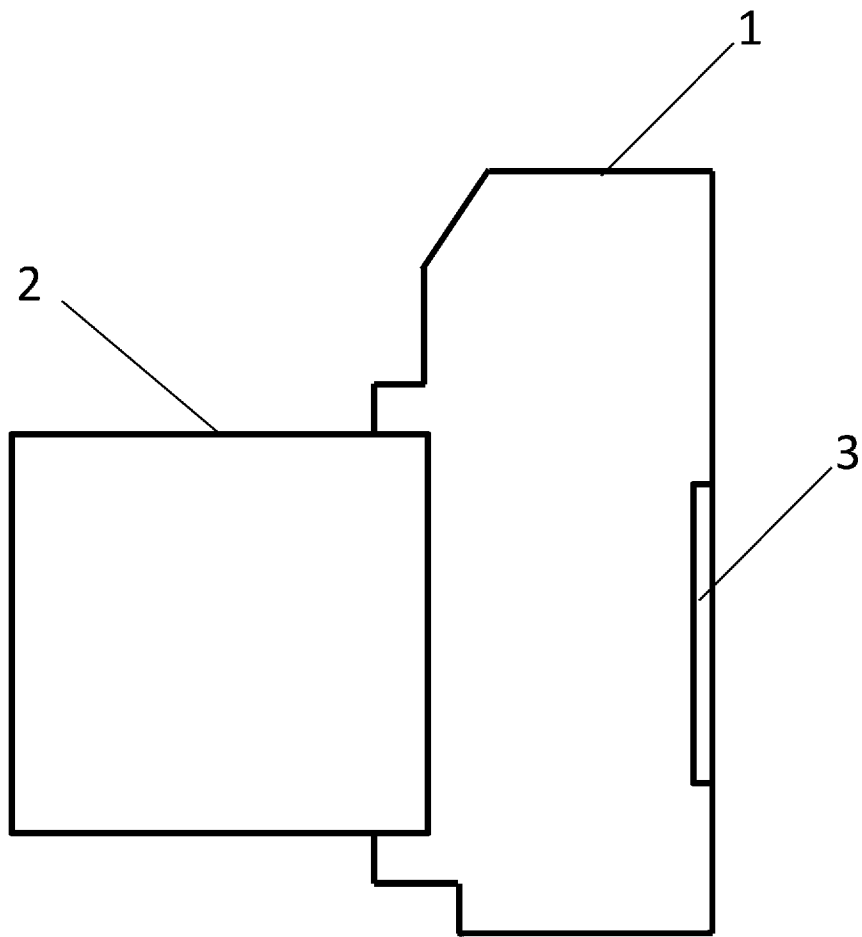
(B)



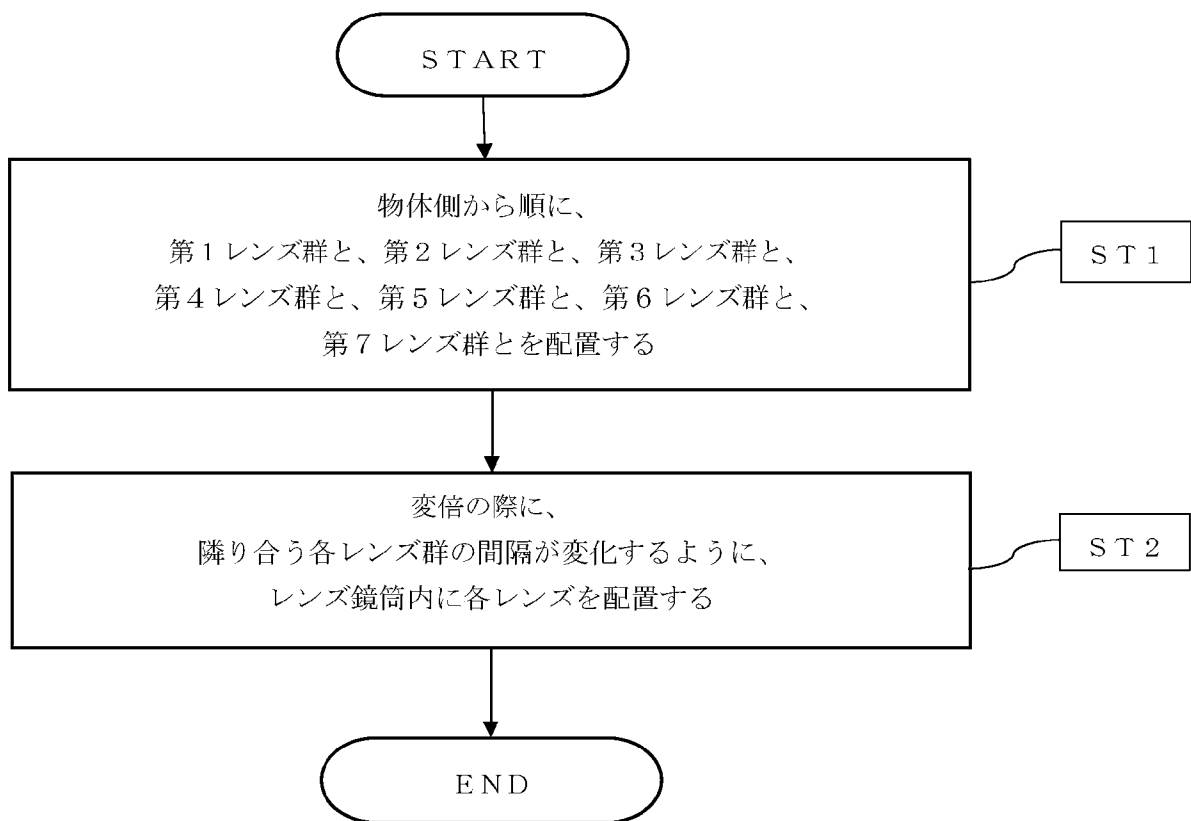
(C)



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/047779

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B15/20 (2006.01) i, G02B13/18 (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. G02B15/20, G02B13/18

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.
A	JP 2018-169563 A (TAMRON CO., LTD.) 01 November 2018, entire text, all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 2016-45435 A (SIGMA CORP.) 04 April 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 2016-224157 A (CANON INC.) 28 December 2016, entire text, all drawings & US 2016/0349492 A1, entire text, all drawings	1-22
A	JP 2017-129668 A (NIKON CORPORATION) 27 July 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-22

☐ 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
25.02.2019

Date of mailing of the international search report
12.03.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

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)i, G02B13/18(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. G02B15/20, G02B13/18

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
A	JP 2018-169563 A (株式会社タムロン) 2018.11.01, 全文全図 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 2016-45435 A (株式会社シグマ) 2016.04.04, 全文全図 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 2016-224157 A (キヤノン株式会社) 2016.12.28, 全文全図 & US 2016/0349492 A1, 全文全図	1-22
A	JP 2017-129668 A (株式会社ニコン) 2017.07.27, 全文全図 (ファミリーなし)	1-22

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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

25.02.2019

国際調査報告の発送日

12.03.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

岡田 弘

2 V

8 3 6 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3271