

(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
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/121930 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/JP2016/052665
- (22) 国際出願日: 2016 年 1 月 29 日(29.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-017912 2015 年 1 月 30 日(30.01.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番
3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 芝山 敦史(SHIBAYAMA Atsushi); 〒
1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株
式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒
1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号
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, 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, 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, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

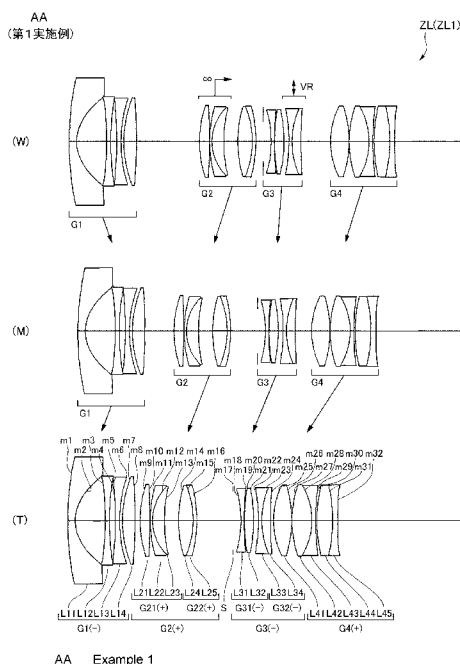
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, 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))

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学機器及び変倍光学系の製造方法



(57) Abstract: This variable magnification optical system has, in order from an object side, a first lens group (G1) having a negative refractive power, a second lens group (G2) having a positive refractive power, a third lens group (G3) having a negative refractive power, and a fourth lens group (G4) having a positive refractive power, wherein the magnification is varied by adjusting the distance between the first lens group and the second lens group, the distance between the second lens group and the third lens group, and the distance between the third lens group and the fourth lens group, the third lens group has a thirty-second lens group (G32) acting as a vibration control lens group (VR) which is able to move so as to have a directional component that is perpendicular to the optical axis in order to correct image blur, and a thirty-first lens group (G31) disposed at the object side of the thirty-second lens group, and the thirty-second lens group has a negative refractive power and satisfies conditional expression (1). (1) $0.400 < f_4/f_2 < 1.300$

(57) 要約: 変倍光学系は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群 (G1) と、正の屈折力を有する第2レンズ群 (G2) と、負の屈折力を有する第3レンズ群 (G3) と、正の屈折力を有する第4レンズ群 (G4) とを有し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔と、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔と、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔を変化させることにより変倍を行い、第3レンズ群は、防振レンズ群 (VR) として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群 (G32) と、第32レンズ群の物体側に配置された第31レンズ群 (G31) とを有し、第32レンズ群は、負

の屈折力を有し、次の条件式 (1) を満足する。 $0.400 < f_4/f_2 < 1.300 \dots$
(1)

明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学機器及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、光学機器及び変倍光学系の製造方法に関する。

本願は、2015年01月30日に出願された日本国特許出願2015-017912号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来より、手振れ補正機構を備えた広画角の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11-231220号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、変倍光学系では、良好な光学性能を備えつつ、F値の明るい光学系であることが求められている。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様に係る変倍光学系は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔と、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔を変化させることにより変倍を行い、前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群と、前記第32レンズ群の物体側に配置された第31レンズ群とを有し、前記第32レンズ群は、負の屈折力を有し、以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

[0006] 本発明の別の一態様に係る変倍光学系は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行い、前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群と、前記第32レンズ群の物体側に配置され像ブレ補正時に光軸と垂直方向における位置が不動の第31レンズ群とを有し、前記第31レンズ群は、正もしくは負の屈折力を有し、前記第32レンズ群は、負の屈折力を有し、次の条件式を満足する。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

[0007] 本発明の別の一態様に係る光学機器は、上述の変倍光学系を搭載する。

[0008] 本発明の別の一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、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔と、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔を変化させることにより変倍を行う変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群と、前記第32レンズ群の物体側に配置された第31レンズ群とを有し、前記第32レンズ群は、負の屈折力を有し、以下の条件式を満足するように、レンズ鏡筒

内に各レンズを配置する。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

[0009] 本発明の別の一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、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行う変倍光学系の製造方法であって、前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第3 2レンズ群と、前記第3 2レンズ群の物体側に配置され像ブレ補正時に光軸と垂直方向における位置が不動の第3 1レンズ群とを有し、前記第3 1レンズ群は、正もしくは負の屈折力を有し、前記第3 2レンズ群は、負の屈折力を有し、次の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図2] (a)、(b)、及び(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、及び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)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図4] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図5] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図6] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図7] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図8] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図9] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図10] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図11] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図12] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図13] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図14] (a)、(b)、及び(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、及び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)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図16] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図17] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図18] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図19] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図20] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図21] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図22] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図23] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図24] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図25] (W)、(M)、及び(T)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、及び望遠端状態における断面図である。

[図26] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図27] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図28] (a)、(b)、及び(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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図29] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第8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、及び望遠端状態における断面図である。

[図30] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第8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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図31] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第8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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図32] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第8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、及び望遠端状態における無限遠合焦時

に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図33] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第9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、及び望遠端状態における断面図である。

[図34] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第9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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図35] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第9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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図36] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第9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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図37] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第10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、及び望遠端状態における断面図である。

[図38] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第10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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図39] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第10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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図40] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第10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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図41] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第11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、及び望遠端状態における断面図である。

[図42] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第11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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図43] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第11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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図44] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第11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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図45] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第12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、及び望遠端状態における断面図である。

[図46] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第12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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図47] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第12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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図48] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第12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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図49] (W)、(M)、及び(T)はそれぞれ、第13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、及び望遠端状態における断面図である。

[図50] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第13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、及び望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

[図51] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第13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、及び望遠端状態における至近距離合焦時の諸収差図である。

[図52] (a)、(b)、及び(c)はそれぞれ、第13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、及び望遠端状態における無限遠合焦時に像ブレ補正を行った時の横収差図である。

[図53]変倍光学系を搭載したカメラの構成の一例を示す図である。

[図54]変倍光学系の製造方法の一例の概略を示す図である。

[図55]変倍光学系の製造方法の一例の概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、実施形態について、図面を参照しながら説明する。図1は、変倍光学系ZLの構成の一例を示す。他の例において、レンズ群の数、各レンズ群におけるレンズ構成等は適宜変更可能である。

[0012] 一実施形態において、変倍光学系ZLは、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔を変化させることにより変倍を行い、第3レンズ群G3は、防振レンズ群(VR)として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群G32と、第32レンズ群G32の物体側に配置された第31レンズ群G31とを有し、第32レンズ群G32は、負の屈折力を有する。

[0013] 代替的に、変倍光学系ZLは、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有し、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行い、第3レンズ群G3は、防振レンズ群(VR)として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群G32と、第32

レンズ群G 3 2の物体側に配置され像ブレ補正時に光軸と垂直方向における位置が不動の第3 1レンズ群G 3 1とを有し、第3 1レンズ群G 3 1は、正もしくは負の屈折力を有し、第3 2レンズ群G 3 2は、負の屈折力を有する。

[0014] このように、負正負正のレンズ群を有し、各群の間隔を変化させることにより、広画角の変倍光学系を実現することができる。また、負の第3レンズ群G 3を、第3 1レンズ群G 3 1と、負の第3 2レンズ群G 3 2とを有するように構成し、第3 2レンズ群G 3 2を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて像ブレ補正を行うことにより、像ブレ補正時の偏心コマ収差の発生及び片ボケの発生を抑え、良好な結像性能を実現することができる。ここで、第3レンズ群G 3以外のレンズ群（例えば第2レンズ群G 2）の少なくとも一部を防振レンズ群にしようとする、F値を小さく（明るく）しかつ像高も大きくした場合に製造敏感度が増してしまい、製造が困難になるという問題がある。しかしながら、負正負正を有する光学系において、第3レンズ群G 3の少なくとも一部を防振レンズ群にすると、F値を小さくまたは像高を大きくした場合でも製造敏感度が増すことを回避することができるという効果を有する。第3レンズ群G 3の一部を防振レンズ群とし、該防振レンズ群より物体側であって、第3レンズ群G 3内に防振時に固定のレンズを配置すると、F値を小さくしても防振性能が低下しないという効果を有する。

[0015] 変倍光学系Z Lは、次の条件式（1）を満足する。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300 \dots (1)$$

但し、

f₄：第4レンズ群G 4の焦点距離、

f₂：第2レンズ群G 2の焦点距離。

[0016] 条件式（1）は、第2レンズ群G 2の焦点距離と、第4レンズ群G 4の焦点距離との適切な比を規定するための条件式である。条件式（1）を満足することにより、（F₂. 8～F₃. 5程度の）明るいF値と、球面収差をはじめとする諸収差の良好な補正を実現しつつ、レンズ全長の小型化を図るこ

とができる。

[0017] 条件式(1)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の焦点距離が、第4レンズ群G4の焦点距離に比べて短くなり、球面収差の補正が困難となる。そのため、(F2.8～F3.5程度の)明るいF値の達成が難しい可能性がある。

[0018] 効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を1.200とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を1.100とすることが好ましくは可能である。

[0019] 条件式(1)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の焦点距離が、第4レンズ群G4の焦点距離に比べて長くなり、レンズ全長の小型化が困難となる。

[0020] 効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を0.500とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式(1)の下限値を0.600とすることが好ましくは可能である。

[0021] 変倍光学系ZLは、次の条件式(2)を満足することが好ましくは可能である。

$$0.700 < f_{32} / f_3 < 2.500 \quad \dots (2)$$

但し、

f_{32} : 第32レンズ群G32の焦点距離、

f_3 : 第3レンズ群G3の焦点距離。

[0022] 条件式(2)は、第3レンズ群G3の焦点距離に対する、防振レンズ群(VR)である第32レンズ群G32の焦点距離を規定するための条件式である。条件式(2)を満足することにより、像ブレ補正時において、結像性能を良好としつつ、第32レンズ群G32の移動量を適切なものにすることができる。

[0023] 条件式(2)の上限値を上回ると、第32レンズ群G32の焦点距離が長くなり、像ブレ補正時の第32レンズ群G32の移動量が大きくなる。このため、像ブレ補正の機構が大型化する可能性がある。

- [0024] 効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を２．１００とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を１．７００とすることが好ましくは可能である。
- [0025] 条件式（２）の下限値を下回ると、第３２レンズ群Ｇ３２の焦点距離が短くなり、像ブレ補正時に発生する偏心コマ収差、あるいは片ボケの発生が増大し、像ブレ補正時に良好な結像性能を維持するのが難しい。
- [0026] 効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を０．８００とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を０．９００とすることが好ましくは可能である。
- [0027] 変倍光学系ＺＬにおいて、第３２レンズ群Ｇ３２は、正レンズと負レンズとの接合レンズからなることが好ましくは可能である。
- [0028] この構成によれば、像ブレ補正のために第３２レンズ群Ｇ３２を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。また、像ブレ補正のために移動するレンズを小型軽量にすることができ、像ブレ補正機構及びレンズ全体の小型化にも有効である。
- [0029] 変倍光学系ＺＬにおいて、第３１レンズ群Ｇ３１は、負レンズと、正レンズとを有することが好ましくは可能である。
- [0030] この構成によれば、像ブレ補正のために第３２レンズ群Ｇ３２を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。
- [0031] 変倍光学系ＺＬにおいて、第３１レンズ群Ｇ３１は、物体側から順に並んだ、負レンズと、正レンズとからなることが好ましくは可能である。
- [0032] この構成によれば、像ブレ補正のために第３２レンズ群Ｇ３２を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。
- [0033] 変倍光学系ＺＬにおいて、第３１レンズ群Ｇ３１は、物体側から順に並んだ、負レンズと正レンズとの接合レンズからなることが好ましくは可能である。
- [0034] この構成によれば、像ブレ補正のために第３２レンズ群Ｇ３２を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。

[0035] 変倍光学系ZLにおいて、第3 1レンズ群G 3 1は、物体側から順に並んだ、正レンズと、負レンズとからなることが好ましくは可能である。

[0036] この構成によれば、像ブレ補正のために第3 2レンズ群G 3 2を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。

[0037] 変倍光学系ZLにおいて、第3 1レンズ群3 1は、物体側から順に並んだ、正レンズと負レンズとの接合レンズとからなることが好ましくは可能である。

[0038] この構成によれば、像ブレ補正のために第3 2レンズ群G 3 2を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。

[0039] 変倍光学系ZLにおいて、第2レンズ群G 2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2 1レンズ群G 2 1と、正の屈折力を有する第2 2レンズ群G 2 2とからなり、第2 1レンズ群G 2 1を合焦レンズ群として光軸方向に移動させることにより合焦を行うことが好ましくは可能である。

[0040] この構成によれば、合焦の際に移動するレンズ群を小型軽量にすることができ、レンズ全系の小型化と、オートフォーカス時の合焦速度を高速化することができる。

[0041] 変倍光学系ZLにおいて、第3 2レンズ群G 3 2の最も像側のレンズ面は、非球面であることが好ましくは可能である。

[0042] この構成によれば、像ブレ補正のために第3 2レンズ群G 3 2を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケの補正に有効である。

[0043] 変倍光学系ZLは、次の条件式(3)を満足することが好ましくは可能である。

$$1.100 < A(T3.5) / A(T4.0) < 5.000 \dots$$

(3)

但し、

A(T3.5) : 望遠端状態においてF/3.5のF値に対応する軸上光線が、第3 2レンズ群G 3 2の最も像側のレンズ面に形成された非球面を通る点での非球面量、

A (T 4. 0) : 望遠端状態において $F / 4. 0$ の F 値に対応する軸上光線が、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の最も像側のレンズ面に形成された非球面を通る点での非球面量。

なお、前記非球面量とは、非球面の光軸上での、近似球面に対する非球面のサグ量を光軸に沿って測った量をいう。

[0044] 条件式 (3) は、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の最も像側の非球面における非球面量の適切な値を規定するための条件式である。条件式 (3) を満足することにより、像ブレ補正のために第 3 2 レンズ群 G 3 2 を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケを良好に補正することができる。

[0045] 条件式 (3) の上限値を上回ると、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の非球面量が過大となり、像ブレ補正のために第 3 2 レンズ群 G 3 2 を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケを補正することが困難となる。

[0046] 効果を確実にするために、条件式 (3) の上限値を 4. 0 0 0 とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式 (3) の上限値を 3. 0 0 0 とすることが好ましくは可能である。

[0047] 条件式 (3) の下限値を下回ると、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の非球面量が不足し、像ブレ補正のために第 3 2 レンズ群 G 3 2 を移動させた時の偏心コマ収差及び片ボケを補正することが困難となる。

[0048] 効果を確実にするために、条件式 (3) の下限値を 1. 2 5 0 とすることが好ましくは可能である。効果をより確実にするために、条件式 (3) の下限値を 1. 4 0 0 とすることが好ましくは可能である。

[0049] 以上のように、 F 値が明るく、広画角を有し、諸収差が良好に補正された変倍光学系 Z L を実現することができる。

[0050] 次に、上述の変倍光学系 Z L を備えたカメラ（光学機器）について、図面を参照しながら説明する。図 5 3 は、変倍光学系を搭載したカメラの構成の一例を示す。

[0051] カメラ 1 は、図 5 3 に示すように、撮影レンズ 2 として上述の変倍光学系 Z L を備えたレンズ交換式のカメラ（所謂ミラーレスカメラ）である。この

カメラ 1 において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ 2 で集光されて、不図示の O L P F（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部 3 の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部 3 に設けられた光電変換素子によって被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ 1 に設けられた E V F（Electronic view finder：電子ビューファインダ） 4 に表示される。これにより撮影者は、E V F 4 を介して被写体を観察することができる。また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部 3 で生成された被写体の画像が不図示のメモリーに記憶される。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。

[0052] カメラ 1 に撮影レンズ 2 として搭載した変倍光学系 Z L は、後述の各実施例からも分かるようにその特徴的なレンズ構成によって、F 値が明るく、広画角を有し、諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有している。したがって、カメラ 1 によれば、F 値が明るく、広画角を有し、諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有する光学機器を実現することができる。

[0053] なお、カメラ 1 として、ミラーレスカメラの例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、カメラ本体にクイックリターンミラーを有し、ファインダ光学系によって被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに、上述の変倍光学系 Z L を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

[0054] 続いて、上述の変倍光学系 Z L の製造方法の一例について概説する。図 5 4 及び図 5 5 は、変倍光学系 Z L の製造方法の一例を示す。

[0055] 図 5 4 に示す例において、まず、鏡筒内に、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負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 とを有し、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔と、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔と、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔を変化させることにより変倍を行うように、各レンズを配

置する（ステップS T 1）。第3レンズ群G 3は、防振レンズ群（V R）として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第3 2レンズ群G 3 2と、第3 2レンズ群G 3 2の物体側に配置された第3 1レンズ群G 3 1とを有し、第3 2レンズ群G 3 2は、負の屈折力を有するように、各レンズを配置する（ステップS T 2）。以下の条件式（1）を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステップS T 3）。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300 \dots (1)$$

但し、

f_4 ：前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 ：前記第2レンズ群の焦点距離。

[0056] 図5 5 に示す例において、まず、鏡筒内に、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G 1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G 2と、負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とを有し、各レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行うように、各レンズを配置する（ステップS T 1 0）。第3レンズ群G 3は、防振レンズ群（V R）として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第3 2レンズ群G 3 2と、第3 2レンズ群G 3 2の物体側に配置され像ブレ補正時に光軸と垂直方向における位置が不動の第3 1レンズ群G 3 1とを有し、第3 1レンズ群G 3 1は、正もしくは負の屈折力を有し、第3 2レンズ群G 3 2は、負の屈折力を有するように、各レンズを配置する（ステップS T 2 0）。次の条件式（1）を満足するように、各レンズを配置する（ステップS T 3 0）。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300 \dots (1)$$

但し、

f_4 ：第4レンズ群G 4の焦点距離、

f_2 ：第2レンズ群G 2の焦点距離。

[0057] レンズ配置の一例を挙げると、図1 に示すように、物体側から順に、像側

に凹面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凹レンズL 1 2と、両凹レンズL 1 3と、両凸レンズL 1 4とを配置して第1レンズ群G 1とし、両凸レンズL 2 1と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3との接合レンズと、両凸レンズL 2 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5との接合レンズとを配置して第2レンズ群G 2とし、両凹レンズL 3 1と、両凸レンズL 3 2と、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズとを配置して第3レンズ群G 3とし、両凸レンズL 4 1と、両凹レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3との接合レンズと、両凸レンズL 4 4と両凹レンズL 4 5とを配置して第4レンズ群G 4とする。また、第3レンズ群G 3は、両凹レンズL 3 1から両凸レンズL 3 2までを第3 1レンズ群G 3 1とし、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズを第3 2レンズ群G 3 2（防振レンズ群VR）とする。このように準備した各レンズ群を、上述の手順で配置して変倍光学系Z Lを製造する。

[0058] 上記の製造方法によれば、F値が明るく、広画角を有し、諸収差が良好に補正された変倍光学系Z Lを製造することができる。

実施例

[0059] 以下、各実施例について、図面に基いて説明する。

[0060] 図1、図5、図9、図13、図17、図21、図25、図29、図33、図37、図41、図45、及び図49は、各実施例に係る変倍光学系Z L（Z L 1～Z L 13）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 13の断面図の下部には、広角端状態（W）から中間焦点距離状態（M）を経て望遠端状態（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。変倍光学系Z L 1～Z L 13の断面図の上部には、無限遠から近距離物体に合焦する際の合焦レンズ群の移動方向を矢印で示すとともに、像ブレを補正する際の防振レンズ群VRの様子も示している。

[0061] なお、第1実施例に係る図1に対する各参照符号は、参照符号の桁数の増

大による説明の煩雑化を避けるため、実施例ごとに独立して用いている。ゆえに、他の実施例に係る図面と共通の参照符号を付していても、それらは他の実施例とは必ずしも共通の構成ではない。

[0062] 以下に表 1 ～表 1 3 を示すが、これらは第 1 実施例～第 1 3 実施例における各諸元の表である。

[0063] 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。

[0064] 表中の「レンズ諸元」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、R は各光学面の曲率半径、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ベ数をそれぞれ示す。また、(D i) は第 i 面と第 (i + 1) 面との面間隔、(開口絞り) は開口絞り S をそれぞれ示す。光学面が非球面である場合には、面番号に * 印を付し、曲率半径 R の欄には近軸曲率半径を示す。

[0065] 表中の「非球面データ」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 次の非球面係数をそれぞれ示す。「E -n」は、「× 1 0⁻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 A2 は 0 であり、記載を省略する。

$$X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12} + A14 \times y^{14} + A16 \times y^{16} + A18 \times y^{18} \dots (a)$$

[0066] 表中の「各種データ」において、f はレンズ全系の焦点距離、F N o は F ナンバー、ω は半画角（単位：°）、Y は最大像高、B F は無限遠合焦時の光軸上でのレンズ最終面から像面 I までの距離を空気換算長により表記したもの、T L 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 $B F$ を加えたものをそれぞれ示す。

[0067] 表中の「可変間隔データ」において、 D_i は第 i 面と第 $(i+1)$ 面との面間隔、 D_0 は物体面と第 1 レンズ群 G_1 の最も物体側のレンズ面との軸上空気間隔、 f はレンズ全系の焦点距離、 β は撮影倍率をそれぞれ示す。

[0068] 表中の「レンズ群データ」において、各レンズ群の始面と焦点距離を示す。

[0069] 表中の「条件式対応値」には、上記の条件式 (1) ~ (3) に対応する値を示す。

[0070] 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。しかし、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。また、単位は「mm」に限定されることなく、他の適当な単位を用いることが可能である。

[0071] 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、以下での説明を省略する。

[0072] (第 1 実施例)

第 1 実施例について、図 1 ~ 図 4 及び表 1 を用いて説明する。第 1 実施例に係る変倍光学系 ZL ($ZL1$) は、図 1 に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_2 と、負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 とからなる。

[0073] 第 1 レンズ群 G_1 は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L_{11} と、両凹レンズ L_{12} と、両凹レンズ L_{13} と、両凸レンズ L_{14} とからなる。なお、負メニスカスレンズ L_{11} は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズ L_{12} は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0074] 第 2 レンズ群 G_2 は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 2 1

レンズ群G 2 1 と、正の屈折力を有する第2 2 レンズ群G 2 2 とからなる。第2 1 レンズ群G 2 1 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 1 と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3 との接合レンズとからなる。第2 2 レンズ群G 2 2 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 4 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5 との接合レンズからなる。

[0075] 第3 レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1 レンズ群G 3 1 と、負の屈折力を有する第3 2 レンズ群G 3 2 とからなる。第3 1 レンズ群G 3 1 は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 1 と、両凸レンズL 3 2 とからなる。第3 2 レンズ群G 3 2 は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4 との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0076] 第4 レンズ群G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1 と、両凸レンズL 4 2 と両凹レンズL 4 3 との接合レンズと、両凸レンズL 4 4 と両凹レンズL 4 5 との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL 4 5 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0077] 第2 レンズ群G 2 と第3 レンズ群G 3 との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3 レンズ群G 3 を構成する。

[0078] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1 レンズ群G 1 と第2 レンズ群G 2 との間隔と、第2 レンズ群G 2 と第3 レンズ群G 3 との間隔と、第3 レンズ群G 3 と第4 レンズ群G 4 との間隔）が変化するように、第1 レンズ群G 1 を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2 レンズ群G 2 を物体側へ移動させ、第3 レンズ群G 3 を物体側へ移動させ、第4 レンズ群G 4 を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3 レンズ群G 3 と一体的に、物体側へ移動させる。

[0079] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1 レンズ群G 2 1 を像側へ移動させることにより行う。

[0080] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第32レンズ群G32を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離をfとし、防振係数（振れ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の比）をKとした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群VR（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G32の物体側に位置する、第31レンズ群G31は、像ブレ補正時に固定である。

[0081] 第1実施例では、広角端状態において、防振係数は-0.73であり、焦点距離は16.40mmであるので、0.81度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は-0.32mmである。中間焦点距離状態において、防振係数は-0.85であり、焦点距離は23.50mmであるので、0.68度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は-0.33mmである。望遠端状態において、防振係数は-1.14であり、焦点距離は34.00mmであるので、0.57度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は-0.29mmである。

[0082] 下記の表1に、第1実施例における各諸元の値を示す。表1における面番号1～32が、図1に示すm1～m32の各光学面に対応している。

[0083] (表1)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	141.63094	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	12.038	1.00000	
*3	-163.31283	1.700	1.76690	46.9
4	106.92575	2.420	1.00000	
5	-163.11816	1.700	1.49700	81.7
6	54.83939	1.200	1.00000	
7	48.77184	5.134	1.75520	27.6

8	-212.53934	(D8)	1.00000	
9	45.70675	3.974	1.64769	33.7
10	-288.07145	0.100	1.00000	
11	48.60693	1.000	1.84666	23.8
12	19.56306	4.835	1.60342	38.0
13	60.48377	(D13)	1.00000	
14	50.48320	5.971	1.49700	81.7
15	-36.76255	1.400	1.84666	23.8
16	-56.36078	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-44.67424	1.300	1.90366	31.3
19	136.86704	0.100	1.00000	
20	78.75412	3.763	1.84666	23.8
21	-61.79495	2.000	1.00000	
22	-66.55193	1.300	1.80400	46.6
23	33.85946	3.577	1.80518	25.4
*24	166.11512	(D24)	1.00000	
25	32.35576	7.398	1.49700	81.7
26	-47.64507	0.100	1.00000	
27	44.76173	8.068	1.49700	81.7
28	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
29	112.87980	0.500	1.00000	
30	62.06564	6.433	1.49700	81.7
31	-60.00000	2.000	1.80610	41.0
*32	1756.27000	(D32)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
---	----------	----	----	----	-----

1	1.00000e+00	2.39893e-06	-3.02265e-09	-3.98490e-12	7.49728e-15
2	0.00000e+00	1.03248e-05	-2.60887e-09	1.01418e-10	-3.52377e-13
3	1.00000e+00	-2.78891e-06	8.09697e-10	3.72105e-11	-1.98773e-13
24	1.00000e+00	-1.69763e-06	-2.10001e-10	9.14225e-12	-1.74272e-14
32	1.00000e+00	1.63396e-05	8.55710e-09	1.48907e-11	9.87697e-15

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.84	2.89	2.90
ω	53.9	40.5	30.1
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.619	155.850	159.619
BF	27.560	34.986	50.202

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	334.20	337.97	334.20
β	-	-	-	-0.0459	-0.0653	-0.0958
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.600	11.753	2.000	27.098	13.374	3.831
D13	5.686	5.686	5.686	4.188	4.065	3.855
D16	3.000	11.057	14.758	3.000	11.057	14.758
D24	12.000	6.595	1.200	12.000	6.595	1.200
D32	27.560	34.986	50.202	27.571	35.009	50.252

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-23.08
第2レンズ群	9	40.97
第21レンズ群	9	79.53
第22レンズ群	14	66.09
第3レンズ群	17	-51.06
第31レンズ群	17	-617.47
第32レンズ群	22	-58.65
第4レンズ群	25	37.98

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.927$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.149$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.740$$

[0084] 表1から、第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0085] 図2は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図3は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図4は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0086] 各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Aは各像高に対する半画角（単位：°）、HOは物体高を示す。dはd線、gはg線における

収差を示す。また、これらの記載のないものは、d線における収差を示す。但し、無限遠合焦時の球面収差図では、最大口径に対応するFナンバーの値を示す。至近距離合焦時の球面収差図では、最大口径に対応する開口数の値を示す。非点収差図では、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。

[0087] 後述する各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

[0088] 図2～図4から、第1実施例に係る変倍光学系ZL1は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0089] (第2実施例)

第2実施例について、図5～図8及び表2を用いて説明する。第2実施例に係る変倍光学系ZL(ZL2)は、図5に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0090] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0091] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズとからなる。第22レンズ群G22は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニ

カスレンズL 2 5 との接合レンズからなる。

[0092] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1 レンズ群G 3 1 と、負の屈折力を有する第3 2 レンズ群G 3 2 とからなる。第3 1 レンズ群G 3 1 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 3 1 と、両凸レンズL 3 2 とからなる。第3 2 レンズ群G 3 2 は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4 との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0093] 第4レンズ群G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1 と、両凸レンズL 4 2 と両凹レンズL 4 3 との接合レンズと、両凸レンズL 4 4 と両凹レンズL 4 5 との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL 4 5 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0094] 第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3 を構成する。

[0095] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1 と第2レンズ群G 2 との間隔と、第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間隔と、第3レンズ群G 3 と第4レンズ群G 4 との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1 を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2 を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3 を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4 を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3 と一体的に、物体側へ移動させる。

[0096] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1 レンズ群G 2 1 を像側へ移動させることにより行う。

[0097] 像ブレ発生時には、防振レンズ群V Rとして、第3 2 レンズ群G 3 2 を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離をfとし、防振係数（振れ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の比）をKとした撮

影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G 3 2の物体側に位置する、第31レンズ群G 3 1は、像ブレ補正時に固定である。

[0098] 第2実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.64 であり、焦点距離は 16.40mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.36mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.72 であり、焦点距離は 23.50mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.39mm である。望遠端状態において、防振係数は -0.95 であり、焦点距離は 34.00mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.35mm である。

[0099] 下記の表2に、第2実施例における各諸元の値を示す。表2における面番号1～32が、図5に示すm 1～m 32の各光学面に対応している。

[0100] (表2)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	150.10753	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	11.635	1.00000	
*3	-200.00000	1.700	1.76690	46.9
4	110.26615	3.043	1.00000	
5	-91.18897	1.700	1.49700	81.7
6	92.62695	1.200	1.00000	
7	59.51795	4.893	1.75520	27.6
8	-144.55653	(D8)	1.00000	
9	54.17771	3.853	1.57957	53.7
10	-168.15683	0.100	1.00000	
11	48.15476	1.400	1.84666	23.8

12	20.82567	4.835	1.60342	38.0
13	71.98010	(D13)	1.00000	
14	58.01895	5.140	1.51680	63.9
15	-52.48261	1.400	1.84666	23.8
16	-74.41904	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-43.11863	1.300	1.90265	35.7
19	-3362.00370	0.100	1.00000	
20	104.17981	3.392	1.84666	23.8
21	-70.96939	2.000	1.00000	
22	-123.26792	1.300	1.80400	46.6
23	39.25731	2.900	1.80518	25.4
*24	97.15002	(D24)	1.00000	
25	33.14690	7.392	1.49700	81.7
26	-45.99196	0.100	1.00000	
27	42.33821	8.071	1.49700	81.7
28	-28.00000	1.500	1.80100	34.9
29	51.31589	0.526	1.00000	
30	39.34858	5.507	1.49700	81.7
31	-147.88723	2.000	1.80610	41.0
*32	527.01174	(D32)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.26673e-06	-8.06378e-10	-5.17432e-12	6.92202e-15
2	0.00000e+00	7.39970e-06	-1.69408e-09	8.62137e-11	-2.76050e-13
3	1.00000e+00	-3.24223e-06	-1.82950e-09	4.19496e-11	-1.68279e-13
24	1.00000e+00	-1.72282e-06	-2.38905e-09	2.61824e-11	-6.18766e-14

32 1.00000e+00 1.58498e-05 1.18507e-08 -1.55976e-11 3.21472e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.86	2.79	2.81
ω	53.8	40.1	29.9
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.618	154.244	156.368
BF	25.145	31.652	45.295

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	340.38	345.76	343.63
β	-	-	-	-0.0449	-0.0637	-0.0931
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	28.281	12.865	2.000	29.898	14.571	3.902
D13	5.918	5.918	5.918	4.301	4.212	4.016
D16	3.000	12.629	18.705	3.000	12.629	18.705
D24	14.025	7.930	1.200	14.025	7.930	1.200
D32	25.145	31.652	45.295	25.145	31.652	45.295

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-24.25
第2レンズ群	9	42.48
第21レンズ群	9	79.22

第22レンズ群	14	72.35
第3レンズ群	17	-64.54
第31レンズ群	17	-99999.00
第32レンズ群	22	-67.09
第4レンズ群	25	42.46

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 1.000$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.039$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.755$$

[0101] 表2から、第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0102] 図6は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図7は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図8は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0103] 図6～図8から、第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0104] (第3実施例)

第3実施例について、図9～図12及び表3を用いて説明する。第3実施

例に係る変倍光学系ZL（ZL3）は、図9に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0105] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0106] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズとからなる。第22レンズ群G22は、両凸レンズL24からなる。

[0107] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第31レンズ群G31と、負の屈折力を有する第32レンズ群G32とからなる。第31レンズ群G31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L31と、両凸レンズL32とからなる。第32レンズ群G32は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL34は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0108] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL41と、両凸レンズL42と両凹レンズL43との接合レンズと、両凸レンズL44と両凹レンズL45との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL45は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

- [0109] 第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G3を構成する。
- [0110] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G3と一体的に、物体側へ移動させる。
- [0111] 無限遠から近距離物体への合焦は、第21レンズ群G21を像側へ移動させることにより行う。
- [0112] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第32レンズ群G32を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群VR（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G32の物体側に位置する、第31レンズ群G31は、像ブレ補正時に固定である。
- [0113] 第3実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.63 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.37 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.73 であり、焦点距離は 23.95 mm であるので、 0.67 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.38 mm である。望遠端状態において、防振係数は -0.95 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.35 mm である。
- [0114] 下記の表3に、第3実施例における各諸元の値を示す。表3における面番

号 1 ～ 3 1 が、図 9 に示す m 1 ～ m 3 1 の各光学面に対応している。

[0115] (表 3)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	163.30041	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	11.632	1.00000	
*3	-200.00000	1.722	1.76690	46.9
4	119.78033	3.168	1.00000	
5	-79.22706	1.700	1.49700	81.7
6	124.43920	1.200	1.00000	
7	62.39960	4.890	1.75520	27.6
8	-133.86420	(D8)	1.00000	
9	48.51093	4.118	1.58313	59.4
10	-176.87394	0.100	1.00000	
11	49.08121	1.400	1.84666	23.8
12	19.98762	4.835	1.60342	38.0
13	63.37128	(D13)	1.00000	
14	52.68721	4.196	1.49700	81.7
15	-113.72899	(D15)	1.00000	
16	(開口絞り)	3.263	1.00000	
17	-41.35615	1.000	1.90265	35.7
18	-2033.84380	0.100	1.00000	
19	95.41351	3.529	1.84666	23.8
20	-68.05697	2.000	1.00000	
21	-115.66704	1.000	1.80400	46.6
22	41.08343	2.888	1.80518	25.4
*23	107.26614	(D23)	1.00000	
24	33.80083	7.404	1.49700	81.7

25	-44.75974	0.100	1.00000	
26	42.35968	8.006	1.56883	56.0
27	-28.00000	1.500	1.90366	31.3
28	37.91033	0.500	1.00000	
29	36.97974	8.146	1.70000	48.1
30	-29.64467	2.000	1.80604	40.7
*31	60381.93200	(D31)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.11419e-06	2.52394e-10	-5.86932e-12	7.15071e-15
2	0.00000e+00	6.59539e-06	-1.62162e-09	8.28640e-11	-2.56086e-13
3	1.00000e+00	-3.78859e-06	-3.13736e-09	3.84551e-11	-1.62364e-13
23	1.00000e+00	-1.68070e-06	-2.52180e-09	2.06388e-11	-4.27009e-14
31	1.00000e+00	1.51955e-05	9.57967e-09	-1.60225e-13	-1.30459e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.95	34.00
FNo	2.83	2.81	2.87
ω	53.8	39.6	30.0
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.621	153.085	154.372
BF	24.417	31.945	45.425

[可変間隔データ]

無限遠合焦時

至近距離合焦時

W	M	T	W	M	T
---	---	---	---	---	---

D0	∞	∞	∞	340.38	346.92	345.63
β	-	-	-	-0.0449	-0.0647	-0.0926
f	16.40	23.95	34.00	-	-	-
D8	29.641	12.756	2.000	31.359	14.586	4.042
D13	6.286	6.286	6.286	4.569	4.456	4.245
D15	3.000	11.881	16.064	3.000	11.881	16.064
D23	12.880	6.820	1.200	12.880	6.820	1.200
D31	24.417	31.945	45.425	24.417	31.945	45.425

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-24.96
第2レンズ群	9	43.65
第21レンズ群	9	83.13
第22レンズ群	14	73.06
第3レンズ群	16	-68.79
第31レンズ群	16	1918.75
第32レンズ群	21	-68.77
第4レンズ群	24	43.59

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.999$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.000$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.770$$

[0116] 表3から、第3実施例に係る変倍光学系ZL3は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0117] 図10は、第3実施例に係る変倍光学系ZL3の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図

）であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。図11は、第3実施例に係る変倍光学系ZL3の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。図12は、第3実施例に係る変倍光学系ZL3の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0118] 図10～図12から、第3実施例に係る変倍光学系ZL3は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0119] （第4実施例）

第4実施例について、図13～図16及び表4を用いて説明する。第4実施例に係る変倍光学系ZL（ZL4）は、図13に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0120] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0121] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニ

スカスレンズL 2 3との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2は、両凸レンズL 2 4からなる。

[0122] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2とからなる。第3 1レンズ群G 3 1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 3 1と、両凸レンズL 3 2とからなる。第3 2レンズ群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズとからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0123] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1と、両凸レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3と両凸レンズL 4 4との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 5とからなる。なお、負メニスカスレンズL 4 5は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0124] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3を構成する。

[0125] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔と、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔と、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3と一体的に、物体側へ移動させる。

[0126] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1レンズ群G 2 1を像側へ移動させることにより行う。

[0127] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第3 2レンズ群G 3 2を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ

補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群 $V R$ （移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第 3 2 レンズ群 $G 3 2$ の物体側に位置する、第 3 1 レンズ群 $G 3 1$ は、像ブレ補正時に固定である。

[0128] 第 4 実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.64 であり、焦点距離は 16.40mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 $V R$ の移動量は -0.36mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.77 であり、焦点距離は 23.50mm であるので、 0.67 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 $V R$ の移動量は -0.37mm である。望遠端状態において、防振係数は -0.99 であり、焦点距離は 34.00mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 $V R$ の移動量は -0.34mm である。

[0129] 下記の表 4 に、第 4 実施例における各諸元の値を示す。表 4 における面番号 1 ～ 31 が、図 13 に示す $m 1 \sim m 31$ の各光学面に対応している。

[0130] (表 4)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	νd
*1	158.26471	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	12.506	1.00000	
*3	-100.68692	1.700	1.76690	46.9
4	294.38156	2.036	1.00000	
5	-112.13035	1.700	1.49700	81.7
6	85.46589	1.795	1.00000	
7	62.15225	4.834	1.75520	27.6
8	-152.76455	(D8)	1.00000	
9	51.34147	5.247	1.57957	53.7

10	-148.40876	0.100	1.00000	
11	52.00686	1.400	1.84666	23.8
12	20.66855	4.835	1.60342	38.0
13	70.71894	(D13)	1.00000	
14	43.27867	4.209	1.49700	81.7
15	-204.02511	(D15)	1.00000	
16	(開口絞り)	3.263	1.00000	
17	-48.97633	1.000	1.80400	46.6
18	-483.47840	0.100	1.00000	
19	123.68660	2.687	1.84666	23.8
20	-137.51585	2.000	1.00000	
21	-144.72303	1.000	1.80400	46.6
22	31.48383	3.234	1.80518	25.4
*23	87.19368	(D23)	1.00000	
24	29.45649	7.615	1.49700	81.7
25	-43.56074	0.100	1.00000	
26	57.11501	6.954	1.51680	63.9
27	-29.46690	2.000	1.90200	25.3
28	475.53687	5.530	1.58144	41.0
29	-30.77992	0.113	1.00000	
30	-30.54254	2.000	1.80604	40.7
*31	-129.81226	(D31)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	3.21819e-09	2.61986e-09	-6.79605e-12	7.09724e-15
2	0.00000e+00	5.03399e-06	1.70596e-10	4.14609e-11	-1.35933e-13
3	1.00000e+00	-3.36707e-06	-3.58580e-09	1.66952e-11	-1.07642e-13

23 1.00000e+00 -2.16204e-06 -4.20097e-10 7.89073e-13 2.88415e-14
 31 1.00000e+00 1.52012e-05 1.66306e-08 -6.37611e-12 6.87116e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	24.50	34.00
FNo	2.87	2.89	2.86
ω	53.8	39.5	30.3
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.618	152.183	154.500
BF	27.995	37.306	50.547

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	340.38	347.82	345.50
β	-	-	-	-0.0449	-0.0661	-0.0926
f	16.40	24.50	34.00	-	-	-
D8	28.962	11.435	2.000	30.607	13.196	3.948
D13	6.055	6.055	6.055	4.410	4.294	4.107
D15	3.148	10.508	13.742	3.148	10.508	13.742
D23	12.502	5.922	1.200	12.502	5.922	1.200
D31	27.995	37.306	50.547	27.995	37.306	50.547

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-24.41
第2レンズ群	9	43.07

第21レンズ群	9	82.23
第22レンズ群	14	72.25
第3レンズ群	16	-59.50
第31レンズ群	16	-654.26
第32レンズ群	21	-67.24
第4レンズ群	24	40.98

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.951$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.130$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.770$$

[0131] 表4から、第4実施例に係る変倍光学系ZL4は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0132] 図14は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図15は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図16は、第4実施例に係る変倍光学系ZL4の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0133] 図14～図16から、第4実施例に係る変倍光学系ZL4は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0134] (第5実施例)

第5実施例について、図17～図20及び表5を用いて説明する。第5実施例に係る変倍光学系ZL（ZL5）は、図17に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0135] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0136] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズとからなる。第22レンズ群G22は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL24と、両凹レンズL25とからなる。

[0137] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第31レンズ群G31と、負の屈折力を有する第32レンズ群G32とからなる。第31レンズ群G31は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL31と、両凸レンズL32とからなる。第32レンズ群G32は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL34は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0138] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL41と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43と両凸レンズL44と物体側に凹面を向け

た負メニスカスレンズL 4 5との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 6とからなる。なお、負メニスカスレンズL 4 6は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0139] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3を構成する。

[0140] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔と、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔と、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3と一体的に、物体側へ移動させる。

[0141] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1レンズ群G 2 1を像側へ移動させることにより行う。

[0142] 像ブレ発生時には、防振レンズ群V Rとして、第3 2レンズ群G 3 2を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第3 2レンズ群G 3 2の物体側に位置する、第3 1レンズ群G 3 1は、像ブレ補正時に固定である。

[0143] 第5実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.64 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.36 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.75 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.37 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.00 であり、焦点距離

は 34.00mm であるので、0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.33mm である。

[0144] 下記の表 5 に、第 5 実施例における各諸元の値を示す。表 5 における面番号 1 ～ 34 が、図 17 に示す m1 ～ m34 の各光学面に対応している。

[0145] (表 5)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	214.03011	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	11.176	1.00000	
*3	-149.10992	1.788	1.76690	46.9
4	166.28713	1.900	1.00000	
5	-178.76254	1.700	1.49700	81.7
6	70.87126	1.200	1.00000	
7	54.15316	5.068	1.75520	27.6
8	-156.77207	(D8)	1.00000	
9	65.37596	4.042	1.57957	53.7
10	-86.40087	0.100	1.00000	
11	32.87197	1.400	1.84666	23.8
12	18.04495	4.835	1.60342	38.0
13	43.87059	(D13)	1.00000	
14	54.51621	4.209	1.62299	58.1
15	-64.87306	0.100	1.00000	
16	-89.18990	1.000	1.84666	23.8
17	358.37492	(D17)	1.00000	
18	(開口絞り)	3.263	1.00000	
19	-36.39076	1.000	1.80400	46.6
20	437.40063	0.100	1.00000	
21	79.71445	3.263	1.84666	23.8

22	-81.04803	2.000	1.00000	
23	-98.92231	1.000	1.80400	46.6
24	45.07100	2.162	1.80518	25.4
*25	97.54115	(D25)	1.00000	
26	27.56072	9.635	1.49700	81.7
27	-31.58623	1.500	1.90200	25.3
28	-39.39114	0.100	1.00000	
29	38.11576	1.500	1.90366	31.3
30	37.86683	10.551	1.48749	70.3
31	-23.33658	1.500	1.95000	29.4
32	-64.06913	1.309	1.00000	
33	-35.25758	2.000	1.80604	40.7
*34	-66.66667	(D34)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	-2.89628e-06	4.72674e-09	-4.61029e-12	5.30730e-15
2	0.00000e+00	-9.24789e-07	-4.40603e-09	4.08078e-11	-1.12994e-13
3	1.00000e+00	-2.38367e-06	-3.53563e-09	1.63815e-11	-1.35114e-13
25	1.00000e+00	-1.99178e-06	-6.94424e-09	4.45213e-11	-8.23905e-14
34	1.00000e+00	1.62225e-05	1.55144e-08	-2.37565e-11	6.72404e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.80	2.84	2.85
ω	53.3	40.0	29.8
Y	20.00	20.00	20.00

TL	153.337	148.994	152.660
BF	23.319	30.400	43.801

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	346.66	351.01	347.34
β	-	-	-	-0.0438	-0.0625	-0.0917
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	27.207	12.364	2.000	29.043	14.128	3.870
D13	6.261	6.261	6.261	4.424	4.496	4.391
D17	3.000	11.348	16.997	3.000	11.348	16.997
D25	11.150	6.221	1.200	11.150	6.221	1.200
D34	23.319	30.400	43.801	23.319	30.400	43.801

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-25.73
第2レンズ群	9	43.16
第21レンズ群	9	62.62
第22レンズ群	14	107.74
第3レンズ群	18	-51.17
第31レンズ群	18	-428.29
第32レンズ群	23	-60.70
第4レンズ群	26	33.85

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.784$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.186$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.801$$

[0146] 表5から、第5実施例に係る変倍光学系ZL5は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0147] 図18は、第5実施例に係る変倍光学系ZL5の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図19は、第5実施例に係る変倍光学系ZL5の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図20は、第5実施例に係る変倍光学系ZL5の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0148] 図18～図20から、第5実施例に係る変倍光学系ZL5は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0149] (第6実施例)

第6実施例について、図21～図24及び表6を用いて説明する。第6実施例に係る変倍光学系ZL(ZL6)は、図21に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0150] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レン

ズL 1 2 は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0151] 第2レンズ群G 2 は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2 1レンズ群G 2 1 と、正の屈折力を有する第2 2レンズ群G 2 2 とからなる。第2 1レンズ群G 2 1 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 1 と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3 との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2 は、両凸レンズL 2 4 からなる。

[0152] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1 と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2 とからなる。第3 1レンズ群G 3 1 は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 1 と、両凸レンズL 3 2 とからなる。第3 2レンズ群G 3 2 は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4 との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0153] 第4レンズ群G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 2 との接合レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3 と両凸レンズL 4 4 との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 5 とからなる。なお、負メニスカスレンズL 4 5 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0154] 第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3 を構成する。

[0155] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1 と第2レンズ群G 2 との間隔と、第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間隔と、第3レンズ群G 3 と第4レンズ群G 4 との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1 を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2 を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3 を物体側へ移動させ、

第4レンズ群G4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G3と一体的に、物体側へ移動させる。

[0156] 無限遠から近距離物体への合焦は、第21レンズ群G21を像側へ移動させることにより行う。

[0157] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第32レンズ群G32を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群VR（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G32の物体側に位置する、第31レンズ群G31は、像ブレ補正時に固定である。

[0158] 第6実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.64 であり、焦点距離は 16.40mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.36mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.75 であり、焦点距離は 23.50mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.37mm である。望遠端状態において、防振係数は -0.99 であり、焦点距離は 34.00mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.34mm である。

[0159] 下記の表6に、第6実施例における各諸元の値を示す。表6における面番号1～31が、図21に示す $m1 \sim m31$ の各光学面に対応している。

[0160] (表6)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d
*1	137.45565	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	13.249	1.00000	
*3	-200.00000	1.800	1.76690	46.9

4	140.79042	2.774	1.00000	
5	-91.00641	1.700	1.49782	82.6
6	130.91139	1.200	1.00000	
7	57.71328	4.309	1.75520	27.6
8	-391.18420	(D8)	1.00000	
9	57.45469	3.759	1.57957	53.7
10	-136.04620	0.100	1.00000	
11	63.50444	1.400	1.84666	23.8
12	22.40727	4.835	1.60342	38.0
13	125.90248	(D13)	1.00000	
14	62.30210	4.178	1.49782	82.6
15	-89.59040	(D15)	1.00000	
16	(開口絞り)	3.263	1.00000	
17	-44.41333	1.000	1.80400	46.6
18	364.43292	0.100	1.00000	
19	88.64581	3.070	1.84666	23.8
20	-128.41166	2.000	1.00000	
21	-105.41745	1.000	1.80400	46.6
22	31.47150	3.668	1.80518	25.4
*23	117.62838	(D23)	1.00000	
24	32.80510	9.246	1.49782	82.6
25	-24.51709	1.500	1.80440	39.6
26	-41.14254	0.100	1.00000	
27	29.14204	1.500	1.80100	34.9
28	16.11298	14.456	1.49782	82.6
29	-33.61990	1.759	1.00000	
30	-29.20249	2.000	1.80604	40.7
*31	-200.00000	(D31)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	7.98258e-07	1.75025e-09	-7.04385e-12	6.72581e-15
2	0.00000e+00	6.66652e-06	7.09047e-10	7.33490e-11	-2.47224e-13
3	1.00000e+00	-4.11933e-06	-1.72136e-09	1.46976e-11	-1.21272e-13
23	1.00000e+00	-1.67444e-06	-3.26939e-09	3.01005e-11	-7.44169e-14
31	1.00000e+00	9.56902e-06	-6.32519e-09	1.02300e-11	-1.47998e-13

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.83	2.84	2.90
ω	53.7	40.5	30.2
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.619	156.147	159.217
BF	26.814	33.896	48.769

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	340.38	343.85	340.78
β	-	-	-	-0.0449	-0.0640	-0.0937
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.331	11.804	2.000	26.896	13.464	3.841
D13	5.722	5.722	5.722	4.157	4.061	3.881
D15	3.000	11.367	14.560	3.000	11.367	14.560
D23	11.785	6.392	1.200	11.785	6.392	1.200

D31	26.814	33.896	48.769	26.814	33.896	48.769
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-23.77
第2レンズ群	9	42.52
第21レンズ群	9	79.65
第22レンズ群	14	74.50
第3レンズ群	16	-52.47
第31レンズ群	16	-265.76
第32レンズ群	21	-69.99
第4レンズ群	24	37.73

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.887$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.308$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.769$$

[0161] 表6から、第6実施例に係る変倍光学系ZL6は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0162] 図22は、第6実施例に係る変倍光学系ZL6の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図23は、第6実施例に係る変倍光学系ZL6の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図24は、第6実施例に係る変倍光学系ZL6の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠

端状態をそれぞれ示す。

[0163] 図22～図24から、第6実施例に係る変倍光学系ZL6は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0164] (第7実施例)

第7実施例について、図25～図28及び表7を用いて説明する。第7実施例に係る変倍光学系ZL(ZL7)は、図25に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0165] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、負メニスカスレンズL13は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0166] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凸レンズL21とからなる。第22レンズ群G22は、両凸レンズL23からなる。

[0167] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第31レンズ群G31と、負の屈折力を有する第32レンズ群G32とからなる。第31レンズ群G31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L31と、両凸レンズL32とからなる。第32レンズ群G32は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズからなる。なお、正メニスカス

レンズL 3 4 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0168] 第4レンズ群G 4 は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 2 との接合レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3 と両凸レンズL 4 4 との接合レンズと、両凹レンズL 4 5 とからなる。なお、両凹レンズL 4 5 は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0169] 第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3 を構成する。

[0170] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1 と第2レンズ群G 2 との間隔と、第2レンズ群G 2 と第3レンズ群G 3 との間隔と、第3レンズ群G 3 と第4レンズ群G 4 との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1 を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2 を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3 を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4 を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3 と一体的に、物体側へ移動させる。

[0171] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1レンズ群G 2 1 を像側へ移動させることにより行う。

[0172] 像ブレ発生時には、防振レンズ群V Rとして、第3 2レンズ群G 3 2 を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第3 2レンズ群G 3 2の物体側に位置する、第3 1レンズ群G 3 1は、像ブレ補正時に固定である。

[0173] 第7実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.65 であり、焦点距離は 16.40mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための

防振レンズ群V Rの移動量は -0.36 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.75 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.37 mm である。望遠端状態において、防振係数は -0.98 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.34 mm である。

[0174] 下記の表7に、第7実施例における各諸元の値を示す。表7における面番号1～30が、図25に示すm1～m30の各光学面に対応している。

[0175] (表7)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	89.53266	3.000	1.76690	46.9
*2	16.72432	10.787	1.00000	
3	-103.42713	1.784	1.80400	46.6
4	266.92556	4.198	1.00000	
5	-43.32498	1.700	1.80400	46.6
*6	-166.61981	1.200	1.00000	
7	48.05321	4.547	1.76182	26.6
8	-1018.15300	(D8)	1.00000	
9	66.55625	1.400	1.84666	23.8
10	33.15012	0.277	1.00000	
11	35.08798	5.384	1.61720	54.0
12	-90.24468	(D12)	1.00000	
13	58.23067	4.702	1.49782	82.6
14	-78.69518	(D14)	1.00000	
15	(開口絞り)	3.263	1.00000	
16	-39.33451	1.699	1.78590	44.2
17	-379.78453	0.207	1.00000	

18	250.67620	4.217	1.79504	28.7
19	-69.00176	2.000	1.00000	
20	-119.36962	1.000	1.80400	46.6
21	29.64048	3.618	1.84666	23.8
*22	95.54478	(D22)	1.00000	
23	42.27347	8.607	1.49782	82.6
24	-21.43355	1.500	1.79504	28.7
25	-33.97007	0.100	1.00000	
26	29.11675	1.500	1.79952	42.1
27	16.33858	13.950	1.49782	82.6
28	-35.02520	0.709	1.00000	
29	-37.48375	2.000	1.80604	40.7
*30	282.56902	(D30)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.08800e+00	-2.64980e-06	4.63837e-09	-3.36654e-12	1.72396e-15
		A12	A14	A16	A18
		0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00

面	κ	A4	A6	A8	A10
2	0.00000e+00	-3.94168e-06	-3.42246e-08	2.20742e-10	-1.84647e-12
		A12	A14	A16	A18
		8.17320e-15	-2.21930e-17	2.97840e-20	-1.43740e-23

面	κ	A4	A6	A8	A10
6	-1.26790e+00	1.17182e-05	2.20164e-08	-4.11096e-11	3.46520e-13
		A12	A14	A16	A18

-7.77500e-16 7.88800e-19 0.00000e+00 0.00000e+0

0

面	κ	A4	A6	A8	A10
22	8.87400e-01	-2.07608e-06	4.69073e-09	-5.95702e-12	0.00000e+00
		A12	A14	A16	A18
		0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+0

0

面	κ	A4	A6	A8	A10
30	-1.15047e+01	9.28220e-06	-1.69110e-08	6.56290e-11	-3.16077e-13
		A12	A14	A16	A18
		0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.89	2.90	2.91
ω	53.5	40.1	29.8
Y	20.00	20.00	20.00
TL	159.504	155.699	159.556
BF	47.304	54.495	68.721

[可変間隔データ]

無限遠合焦時

至近距離合焦時

	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	340.50	344.30	340.4

4

β	-	-	-	-0.0450	-0.0640	-0.093
8						
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	48.548	34.984	25.548	50.022	36.571	27.31
5						
D12	10.234	10.234	10.234	8.760	8.647	8.4
66						
D14	11.330	19.385	24.208	11.330	19.385	24.20
8						
D22	14.667	9.180	3.424	14.667	9.180	3.42
4						
D30	47.304	54.495	68.721	47.304	54.495	68.72
1						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.87
第2レンズ群	9	40.73
第21レンズ群	9	86.25
第22レンズ群	13	68.00
第3レンズ群	15	-56.62
第31レンズ群	15	-408.50
第32レンズ群	20	-70.04
第4レンズ群	23	41.18

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 1.011$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.237$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T3, 5) / A(T4, 0) = 1.676$$

[0176] 表 7 から、第 7 実施例に係る変倍光学系 Z L 7 は、条件式 (1) ~ (3) を満足することが分かる。

[0177] 図 26 は、第 7 実施例に係る変倍光学系 Z L 7 の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 27 は、第 7 実施例に係る変倍光学系 Z L 7 の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 28 は、第 7 実施例に係る変倍光学系 Z L 7 の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0178] 図 26 ~ 図 28 から、第 7 実施例に係る変倍光学系 Z L 7 は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0179] (第 8 実施例)

第 8 実施例について、図 29 ~ 図 32 及び表 8 を用いて説明する。第 8 実施例に係る変倍光学系 Z L (Z L 8) は、図 29 に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負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 とからなる。

[0180] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 11 と、両凹レンズ L 12 と、両凹レンズ L 13 と、両凸レンズ L 14 とからなる。なお、負メニスカスレンズ L 11 は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズ L 12 は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レ

ンズである。

[0181] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズとからなる。第22レンズ群G22は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25との接合レンズからなる。

[0182] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第31レンズ群G31と、負の屈折力を有する第32レンズ群G32とからなる。第31レンズ群G31は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL31と、両凸レンズL32とからなる。第32レンズ群G32は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL34は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0183] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL41と、両凸レンズL42と両凹レンズL43との接合レンズと、両凸レンズL44と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL45との接合レンズとからなる。なお、負メニスカスレンズL45は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0184] 第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G3を構成する。

[0185] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第

3 レンズ群 G 3 と一体的に、物体側へ移動させる。

[0186] 無限遠から近距離物体への合焦は、第 2 1 レンズ群 G 2 1 を像側へ移動させることにより行う。

[0187] 像ブレ発生時には、防振レンズ群 V R として、第 3 2 レンズ群 G 3 2 を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面 I 上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群 V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の物体側に位置する、第 3 1 レンズ群 G 3 1 は、像ブレ補正時に固定である。

[0188] 第 8 実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.94 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.25 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -1.09 であり、焦点距離は 24.50 mm であるので、 0.67 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.26 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.39 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.24 mm である。

[0189] 下記の表 8 に、第 8 実施例における各諸元の値を示す。表 8 における面番号 1 ～ 32 が、図 29 に示す $m1 \sim m32$ の各光学面に対応している。

[0190] (表 8)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d
*1	118.11493	3.000	1.76690	46.9
*2	18.50197	15.261	1.00000	
*3	-116.47550	1.700	1.76690	46.9
4	99.79733	2.879	1.00000	

5	-111.98406	1.700	1.49700	81.7
6	50.34852	1.200	1.00000	
7	48.79982	5.385	1.75520	27.6
8	-178.95096	(D8)	1.00000	
9	65.28171	4.673	1.64769	33.7
10	-174.54058	0.100	1.00000	
11	48.60726	1.000	1.84666	23.8
12	21.59175	4.835	1.60342	38.0
13	70.71902	(D13)	1.00000	
14	52.04753	6.934	1.49700	81.7
15	-32.71006	1.400	1.84666	23.8
16	-47.15395	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-39.13637	1.300	1.90366	31.3
19	45.27882	0.100	1.00000	
20	44.76406	4.806	1.84666	23.8
21	-47.87829	2.000	1.00000	
22	-52.76760	1.300	1.80400	46.6
23	37.74504	3.318	1.80518	25.4
*24	146.86303	(D24)	1.00000	
25	37.72449	7.793	1.49700	81.7
26	-39.14542	0.100	1.00000	
27	98.93544	7.448	1.49700	81.7
28	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
29	206.14892	0.500	1.00000	
30	59.16975	6.270	1.49700	81.7
31	-61.60359	2.000	1.80610	41.0
*32	-100.28613	(D32)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	2.40178e-06	-8.95764e-13	-3.96805e-12	4.67920e-15
2	0.00000e+00	7.02698e-06	3.10152e-09	4.96276e-11	-1.36720e-13
3	1.00000e+00	-4.79760e-06	4.18425e-09	-2.12106e-11	-4.47103e-14
24	1.00000e+00	-2.30912e-06	3.28341e-10	7.64754e-12	-1.27403e-14
32	1.00000e+00	8.57278e-06	4.99626e-09	2.15301e-12	9.13336e-15

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	24.50	34.00
FNo	2.82	2.94	2.87
ω	53.7	39.4	30.2
Y	20.00	20.00	20.00
TL	174.752	173.397	179.619
BF	39.319	46.677	60.163

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	325.25	326.60	320.3
8						
β	-	-	-	-0.0468	-0.0700	-0.0
991						
f	16.40	24.50	34.00	-	-	-
D8	24.760	10.384	2.515	26.284	12.053	4.36

D13	5.472	5.472	5.472	3.948	3.803	3.6
21						
D16	3.000	13.194	18.503	3.000	13.194	18.5
03						
D24	10.436	5.904	1.200	10.436	5.904	1.20
0						
D32	39.319	46.677	60.163	39.319	46.677	60.16
3						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.80
第2レンズ群	9	39.76
第21レンズ群	9	82.98
第22レンズ群	14	60.60
第3レンズ群	17	-35.94
第31レンズ群	17	-203.19
第32レンズ群	22	-47.84
第4レンズ群	25	35.84

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.901$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.331$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.738$$

[0191] 表8から、第8実施例に係る変倍光学系ZL8は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0192] 図30は、第8実施例に係る変倍光学系ZL8の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図

）であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。図31は、第8実施例に係る変倍光学系ZL8の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。図32は、第8実施例に係る変倍光学系ZL8の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、（a）は広角端状態、（b）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0193] 図30～図32から、第8実施例に係る変倍光学系ZL8は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0194] （第9実施例）

第9実施例について、図33～図36及び表9を用いて説明する。第9実施例に係る変倍光学系ZL（ZL9）は、図33に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0195] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0196] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニ

スカスレンズL 2 3との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5との接合レンズからなる。

[0197] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2と、正の屈折力を有する第3 3レンズ群G 3 3とからなる。第3 1レンズ群G 3 1は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 1と、両凸レンズL 3 2とからなる。第3 2レンズ群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズからなる。第3 3レンズ群G 3 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 5からなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0198] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1と、両凸レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3との接合レンズと、両凸レンズL 4 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 5との接合レンズとからなる。なお、負メニスカスレンズL 4 5は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0199] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3を構成する。

[0200] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔と、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔と、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G 2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3と一体的に、物体側へ移動させる。

[0201] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1レンズ群G 2 1を像側へ移動させることにより行う。

[0202] 像ブレ発生時には、防振レンズ群V Rとして、第3 2レンズ群G 3 2を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離をfとし、防振係数（振れ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の比）をKとした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第3 2レンズ群G 3 2の両側に位置する、第3 1レンズ群G 3 1と、第3 3レンズ群G 3 3とは、像ブレ補正時に固定である。

[0203] 第9実施例では、広角端状態において、防振係数は-1.10であり、焦点距離は16.40mmであるので、0.81度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は-0.21mmである。中間焦点距離状態において、防振係数は-1.30であり、焦点距離は24.50mmであるので、0.67度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は-0.22mmである。望遠端状態において、防振係数は-1.67であり、焦点距離は34.00mmであるので、0.57度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は-0.20mmである。

[0204] 下記の表9に、第9実施例における各諸元の値を示す。表9における面番号1～34が、図33に示すm1～m34の各光学面に対応している。

[0205] (表9)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	120.11174	3.000	1.76690	46.9
*2	18.42119	13.635	1.00000	
*3	-200.00000	1.800	1.76690	46.9
4	150.83577	3.187	1.00000	
5	-71.42255	1.700	1.49700	81.7
6	48.32790	1.200	1.00000	

7	47.89535	5.085	1.75520	27.6
8	-307.69627	(D8)	1.00000	
9	78.39566	3.691	1.64769	33.7
10	-136.82539	0.100	1.00000	
11	51.47266	1.000	1.84666	23.8
12	22.82138	4.835	1.60342	38.0
13	80.58386	(D13)	1.00000	
14	49.88728	6.745	1.49700	81.7
15	-33.90595	1.400	1.84666	23.8
16	-49.81662	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-39.95312	1.300	1.90366	31.3
19	64.01831	0.100	1.00000	
20	63.23831	4.284	1.84666	23.8
21	-44.37778	2.000	1.00000	
22	-46.75918	1.300	1.80400	46.6
23	31.68983	3.419	1.80518	25.4
*24	114.35109	1.500	1.00000	
25	63.56480	1.500	1.51680	63.9
26	86.50782	(D26)	1.00000	
27	36.38921	7.703	1.49700	81.7
28	-41.41376	0.100	1.00000	
29	124.18153	7.172	1.49700	81.7
30	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
31	342.75794	0.500	1.00000	
32	55.54397	6.114	1.49700	81.7
33	-70.97654	2.000	1.80610	41.0
*34	-134.68679	(D34)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	2.01132e-06	2.29749e-10	-3.77587e-12	4.80583e-15
2	0.00000e+00	6.00527e-06	7.03155e-09	1.86429e-11	-6.86773e-14
3	1.00000e+00	-4.66953e-06	2.82914e-09	-1.27985e-11	-4.47305e-14
24	1.00000e+00	-2.84048e-06	-2.44667e-11	8.10427e-12	8.75587e-16
34	1.00000e+00	9.32637e-06	4.56571e-09	4.94800e-12	6.31371e-15

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	24.50	34.00
FNo	2.89	2.90	2.89
ω	53.7	39.7	30.5
Y	20.00	20.00	20.00
TL	175.322	172.751	179.617
BF	39.318	49.232	65.386

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	324.68	327.25	320.3

β	-	-	-	-0.0469	-0.0698	-0.0
992						
f	16.40	24.50	34.00	-	-	-
D8	26.346	10.812	2.000	27.875	12.502	3.91
3						
D13	5.609	5.609	5.609	4.079	3.918	3.6
95						
D16	3.000	10.824	14.289	3.000	10.824	14.2
89						
D26	9.915	5.142	1.200	9.915	5.142	1.2
00						
D34	39.318	49.232	65.386	39.318	49.232	65.38
6						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.80
第2レンズ群	9	39.72
第21レンズ群	9	83.67
第22レンズ群	14	61.18
第3レンズ群	17	-37.17
第31レンズ群	17	-353.13
第32レンズ群	22	-40.79
第33レンズ群	25	453.66
第4レンズ群	27	36.44

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.917$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.098$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.741$$

[0206] 表9から、第9実施例に係る変倍光学系ZL9は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0207] 図34は、第9実施例に係る変倍光学系ZL9の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図35は、第9実施例に係る変倍光学系ZL9の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図36は、第9実施例に係る変倍光学系ZL9の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0208] 図34～図36から、第9実施例に係る変倍光学系ZL9は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0209] (第10実施例)

第10実施例について、図37～図40及び表10を用いて説明する。第10実施例に係る変倍光学系ZL(ZL10)は、図37に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0210] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レン

ズL 1 2は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0211] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2 1レンズ群G 2 1と、正の屈折力を有する第2 2レンズ群G 2 2とからなる。第2 1レンズ群G 2 1は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 1と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5との接合レンズからなる。

[0212] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2と、負の屈折力を有する第3 3レンズ群G 3 3とからなる。第3 1レンズ群G 3 1は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 1と、両凸レンズL 3 2とからなる。第3 2レンズ群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズからなる。第3 3レンズ群G 3 3は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 5からなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0213] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1と、両凸レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3との接合レンズと、両凸レンズL 4 4と両凹レンズL 4 5との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL 4 5は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0214] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3を構成する。

[0215] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔と、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔と、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G 1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2

レンズ群G 2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G 3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G 4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G 3と一体的に、物体側へ移動させる。

[0216] 無限遠から近距離物体への合焦は、第2 1レンズ群G 2 1を像側へ移動させることにより行う。

[0217] 像ブレ発生時には、防振レンズ群V Rとして、第3 2レンズ群G 3 2を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第3 2レンズ群G 3 2の両側に位置する、第3 1レンズ群G 3 1と、第3 3レンズ群G 3 3とは、像ブレ補正時に固定である。

[0218] 第1 0実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.71 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.33 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.83 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.34 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.10 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群V Rの移動量は -0.30 mm である。

[0219] 下記の表1 0に、第1 0実施例における各諸元の値を示す。表1 0における面番号1～3 4が、図3 7に示す $m 1 \sim m 3 4$ の各光学面に対応している。

[0220] (表1 0)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d
-----	---	---	-------	---------

*1	129.36523	3.000	1.76690	46.9
*2	16.79076	12.080	1.00000	
*3	-168.11497	1.700	1.76690	46.9
4	102.22883	2.549	1.00000	
5	-153.79234	1.700	1.49700	81.7
6	54.95054	1.200	1.00000	
7	49.28856	5.114	1.75520	27.6
8	-214.29260	(D8)	1.00000	
9	48.24357	3.936	1.64769	33.7
10	-231.49667	0.100	1.00000	
11	54.48877	1.000	1.84666	23.8
12	20.36996	4.835	1.60342	38.0
13	71.07354	(D13)	1.00000	
14	50.70089	6.202	1.49700	81.7
15	-35.23054	1.400	1.84666	23.8
16	-52.85379	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-42.64729	1.300	1.90366	31.3
19	144.87770	0.100	1.00000	
20	79.01871	3.987	1.84666	23.8
21	-53.45918	2.000	1.00000	
22	-59.87966	1.300	1.80400	46.6
23	32.05790	3.858	1.80518	25.4
*24	262.22395	1.000	1.00000	
25	305.22046	1.200	1.84666	23.8
26	142.86447	(D26)	1.00000	
27	32.29080	7.434	1.49700	81.7
28	-47.77121	0.100	1.00000	

29	46.02060	8.089	1.49700	81.7
30	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
31	155.18418	0.500	1.00000	
32	64.16805	6.127	1.49700	81.7
33	-60.00000	2.000	1.80610	41.0
*34	683.11096	(D34)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.98429e-06	-2.63184e-09	-4.14768e-12	7.44360e-15
2	0.00000e+00	1.01727e-05	-3.85488e-09	9.89275e-11	-3.32301e-13
3	1.00000e+00	-2.57886e-06	7.52581e-10	3.57367e-11	-1.88585e-13
24	1.00000e+00	-1.77103e-06	3.37823e-10	8.82760e-12	-1.58340e-14
34	1.00000e+00	1.50115e-05	7.78737e-09	7.83699e-12	3.12873e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.86	2.87	2.87
ω	53.9	40.4	30.1
Y	20.00	20.00	20.00
TL	163.366	159.714	163.819
BF	28.480	35.847	51.082

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	336.63	340.29	336.1
8						
β	-	-	-	-0.0455	-0.0648	-0.0
952						
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.600	11.684	2.000	27.112	13.329	3.86
2						
D13	5.713	5.713	5.713	4.201	4.068	3.8
51						
D16	3.000	11.142	15.251	3.000	11.142	15.2
51						
D26	12.000	6.756	1.200	12.000	6.756	1.20
0						
D34	28.480	35.847	51.082	28.480	35.847	51.08
2						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-23.03
第2レンズ群	9	40.62
第21レンズ群	9	81.58
第22レンズ群	14	63.92
第3レンズ群	17	-47.73
第31レンズ群	17	16447.87

第32レンズ群	22	-60.32
第33レンズ群	25	-318.30
第4レンズ群	27	37.41

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.921$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.264$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.727$$

[0221] 表10から、第10実施例に係る変倍光学系ZL10は、条件式(1)～(3)を満足することが分かる。

[0222] 図38は、第10実施例に係る変倍光学系ZL10の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図39は、第10実施例に係る変倍光学系ZL10の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。図40は、第10実施例に係る変倍光学系ZL10の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a)は広角端状態、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0223] 図38～図40から、第10実施例に係る変倍光学系ZL10は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0224] (第11実施例)

第11実施例について、図41～図44及び表11を用いて説明する。第11実施例に係る変倍光学系ZL(ZL11)は、図41に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力

を有する第2レンズ群G 2と、負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とからなる。

[0225] 第1レンズ群G 1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凹レンズL 1 2と、両凹レンズL 1 3と、両凸レンズL 1 4とからなる。なお、負メニスカスレンズL 1 1は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL 1 2は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0226] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2 1レンズ群G 2 1と、正の屈折力を有する第2 2レンズ群G 2 2とからなる。第2 1レンズ群G 2 1は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 1と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5との接合レンズからなる。

[0227] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2とからなる。第3 1レンズ群G 3 1は、物体側から順に並んだ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 1と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 2とからなる。第3 2レンズ群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0228] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1と、両凸レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3との接合レンズと、両凸レンズL 4 4と両凹レンズL 4 5との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL 4 5は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0229] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、

開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 を構成する。

[0230] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔と、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔と、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔）が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第 2 レンズ群 G 2 を物体側へ移動させ、第 3 レンズ群 G 3 を物体側へ移動させ、第 4 レンズ群 G 4 を物体側へ移動させることにより行う。開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 と一体的に、物体側へ移動させる。

[0231] 無限遠から近距離物体への合焦は、第 2 1 レンズ群 G 2 1 を像側へ移動させることにより行う。

[0232] 像ブレ発生時には、防振レンズ群 V R として、第 3 2 レンズ群 G 3 2 を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面 I 上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群 V R（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第 3 2 レンズ群 G 3 2 の物体側に位置する、第 3 1 レンズ群 G 3 1 は、像ブレ補正時に固定である。

[0233] 第 1 1 実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.70 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.33 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.84 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.33 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.11 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群 V R の移動量は -0.30 mm である。

[0234] 下記の表 1 1 に、第 1 1 実施例における各諸元の値を示す。表 1 1 における面番号 1 ～ 3 2 が、図 4 1 に示す $m 1 \sim m 3 2$ の各光学面に対応している

。

[0235] (表 1 1)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	76.25229	3.000	1.76690	46.9
*2	16.79439	13.642	1.00000	
*3	-200.00000	1.700	1.76690	46.9
4	75.03729	3.177	1.00000	
5	-125.54845	1.700	1.49700	81.7
6	49.12256	1.200	1.00000	
7	47.85420	5.237	1.75520	27.6
8	-213.44096	(D8)	1.00000	
9	52.27459	3.866	1.64769	33.7
10	-201.45526	0.100	1.00000	
11	47.65640	1.000	1.84666	23.8
12	20.62433	4.835	1.60342	38.0
13	51.97288	(D13)	1.00000	
14	36.30851	6.943	1.49700	81.7
15	-40.01236	1.400	1.84666	23.8
16	-69.69258	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-66.13207	3.276	1.84666	23.8
19	-27.82464	0.125	1.00000	
20	-27.46907	1.300	1.90366	31.3
21	-76.81907	1.500	1.00000	
22	-75.57149	1.300	1.80400	46.6
23	27.59368	4.056	1.80518	25.4
*24	140.34715	(D24)	1.00000	

25	32.39018	7.345	1.49700	81.7
26	-47.59659	0.100	1.00000	
27	43.47080	8.151	1.49700	81.7
28	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
29	204.99155	0.500	1.00000	
30	91.74629	5.029	1.49700	81.7
31	-60.00000	2.000	1.80610	41.0
*32	738.89001	(D32)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.17818e-06	-3.05356e-09	-5.29641e-12	7.81141e-15
2	0.00000e+00	1.43376e-05	-6.00725e-09	1.01780e-10	-3.85607e-13
3	1.00000e+00	-1.46582e-06	3.27408e-09	1.79731e-11	-1.64353e-13
24	1.00000e+00	-1.60481e-06	1.85520e-09	-5.72587e-12	3.09532e-14
32	1.00000e+00	1.48992e-05	5.55835e-09	1.79775e-11	-2.72544e-15

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.87	2.87	2.89
ω	53.9	41.0	30.4
Y	20.00	20.00	20.00

TL	161.620	155.892	159.779
BF	27.863	36.595	51.713

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	338.38	344.11	340.2
2						
β	-	-	-	-0.0452	-0.0640	-0.0
939						
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.600	11.386	2.000	27.124	13.079	3.93
8						
D13	5.914	5.914	5.914	4.390	4.221	3.9
76						
D16	3.000	8.552	11.709	3.000	8.552	11.7
09						
D24	12.000	6.202	1.200	12.000	6.202	1.20
0						
D32	27.863	36.595	51.713	27.863	36.595	51.71
3						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.78
第2レンズ群	9	40.42
第21レンズ群	9	89.17
第22レンズ群	14	59.41

第3レンズ群	17	-49.31
第31レンズ群	17	-319.89
第32レンズ群	22	-60.56
第4レンズ群	25	37.74

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.934$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.228$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.717$$

[0236] 表 1 1 から、第 1 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 1 は、条件式 (1) ~ (3) を満足することが分かる。

[0237] 図 4 2 は、第 1 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 1 の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 4 3 は、第 1 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 1 の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 4 4 は、第 1 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 1 の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0238] 図 4 2 ~ 図 4 4 から、第 1 1 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 1 は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0239] (第 1 2 実施例)

第 1 2 実施例について、図 4 5 ~ 図 4 8 及び表 1 2 を用いて説明する。第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L (Z L 1 2) は、図 4 5 に示すように、物

体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

[0240] 第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、両凹レンズL13と、両凸レンズL14とからなる。なお、負メニスカスレンズL11は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL12は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0241] 第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第21レンズ群G21と、正の屈折力を有する第22レンズ群G22とからなる。第21レンズ群G21は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL21と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合レンズとからなる。第22レンズ群G22は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25との接合レンズからなる。

[0242] 第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第31レンズ群G31と、負の屈折力を有する第32レンズ群G32とからなる。第31レンズ群G31は、物体側から順に並んだ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL32との接合レンズからなる。第32レンズ群G32は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL34は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0243] 第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL41と、両凸レンズL42と両凹レンズL43との接合レンズと、両凸レンズL44と両凹レンズL45との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL45は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

- [0244] 第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G3を構成する。
- [0245] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G3と一体的に、物体側へ移動させる。
- [0246] 無限遠から近距離物体への合焦は、第21レンズ群G21を像側へ移動させることにより行う。
- [0247] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第32レンズ群G32を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群VR（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G32の物体側に位置する、第31レンズ群G31は、像ブレ補正時に固定である。
- [0248] 第12実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.67 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.35 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.80 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.35 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.06 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.32 mm である。
- [0249] 下記の表12に、第12実施例における各諸元の値を示す。表12におけ

る面番号 1 ～ 3 1 が、図 4 5 に示す m 1 ～ m 3 1 の各光学面に対応している。
。

[0250] (表 1 2)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	73.02420	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	13.599	1.00000	
*3	-200.00000	1.700	1.76690	46.9
4	73.09691	3.347	1.00000	
5	-108.14702	1.700	1.49700	81.7
6	51.28745	1.200	1.00000	
7	49.11741	5.183	1.75520	27.6
8	-189.76183	(D8)	1.00000	
9	56.47818	3.732	1.64769	33.7
10	-178.32704	0.100	1.00000	
11	49.11563	1.000	1.84666	23.8
12	21.22809	4.835	1.60342	38.0
13	54.71456	(D13)	1.00000	
14	36.94523	6.983	1.49700	81.7
15	-38.41319	1.400	1.84666	23.8
16	-64.26981	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-68.05346	3.817	1.84666	23.8
19	-23.99004	1.300	1.90366	31.3
20	-88.38043	1.500	1.00000	
21	-87.17709	1.300	1.80400	46.6
22	29.35808	3.856	1.80518	25.4
*23	129.21902	(D23)	1.00000	

24	32.43952	7.387	1.49700	81.7
25	-47.46555	0.100	1.00000	
26	46.53091	8.006	1.49700	81.7
27	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
28	220.75671	0.500	1.00000	
29	83.84132	5.139	1.49700	81.7
30	-60.00000	2.000	1.80610	41.0
*31	717.42318	(D31)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.32066e-06	-2.90839e-09	-6.61517e-12	8.98619e-15
2	0.00000e+00	1.50281e-05	-5.84806e-09	1.11035e-10	-4.24353e-13
3	1.00000e+00	-1.65518e-06	3.70661e-09	1.62176e-11	-1.68192e-13
23	1.00000e+00	-1.77911e-06	2.96559e-09	-9.96675e-12	3.84312e-14
31	1.00000e+00	1.45699e-05	4.88540e-09	2.17942e-11	-6.47982e-15

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.90	2.90	2.92
ω	53.9	40.9	30.4
Y	20.00	20.00	20.00

TL	162.518	156.790	160.637
BF	28.551	37.243	52.408

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	337.48	343.21	339.3
6						
β	-	-	-	-0.0453	-0.0642	-0.0
941						
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.600	11.376	2.000	27.126	13.075	3.946
D13	5.921	5.921	5.921	4.395	4.222	3.9
75						
D16	3.000	8.539	11.662	3.000	8.539	11.6
62						
D23	12.000	6.266	1.200	12.000	6.266	1.20
0						
D31	28.551	37.243	52.408	28.551	37.243	52.40
8						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.68
第2レンズ群	9	40.15
第21レンズ群	9	91.07
第22レンズ群	14	58.08
第3レンズ群	17	-48.55

第31レンズ群	17	-233.28
第32レンズ群	21	-64.20
第4レンズ群	24	38.12

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.949$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.322$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.704$$

[0251] 表 1 2 から、第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 2 は、条件式 (1) ~ (3) を満足することが分かる。

[0252] 図 4 6 は、第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 2 の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 4 7 は、第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 2 の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 4 8 は、第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 2 の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0253] 図 4 6 ~ 図 4 8 から、第 1 2 実施例に係る変倍光学系 Z L 1 2 は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0254] (第 1 3 実施例)

第 1 3 実施例について、図 4 9 ~ 図 5 2 及び表 1 3 を用いて説明する。第 1 3 実施例に係る変倍光学系 Z L (Z L 1 3) は、図 4 9 に示すように、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力

を有する第2レンズ群G 2と、負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とからなる。

[0255] 第1レンズ群G 1は、物体側から順に並んだ、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凹レンズL 1 2と、両凹レンズL 1 3と、両凸レンズL 1 4とからなる。なお、負メニスカスレンズL 1 1は、両側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。また、両凹レンズL 1 2は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0256] 第2レンズ群G 2は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2 1レンズ群G 2 1と、正の屈折力を有する第2 2レンズ群G 2 2とからなる。第2 1レンズ群G 2 1は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 1と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 3との接合レンズとからなる。第2 2レンズ群G 2 2は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 2 4と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5との接合レンズからなる。

[0257] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第3 1レンズ群G 3 1と、負の屈折力を有する第3 2レンズ群G 3 2とからなる。第3 1レンズ群G 3 1は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 1と両凸レンズL 3 2との接合レンズからなる。第3 2レンズ群G 3 2は、物体側から順に並んだ、両凹レンズL 3 3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 4との接合レンズからなる。なお、正メニスカスレンズL 3 4は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0258] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に並んだ、両凸レンズL 4 1と、両凸レンズL 4 2と両凹レンズL 4 3との接合レンズと、両凸レンズL 4 4と両凹レンズL 4 5との接合レンズとからなる。なお、両凹レンズL 4 5は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0259] 第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間には開口絞りSが備えられ、開口絞りSは第3レンズ群G 3を構成する。

- [0260] 広角端状態から望遠端状態への変倍は、各レンズ群間隔（第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔）が変化するように、第1レンズ群G1を一旦像側へ移動させた後、物体側へ移動させ、第2レンズ群G2を物体側へ移動させ、第3レンズ群G3を物体側へ移動させ、第4レンズ群G4を物体側へ移動させることにより行う。開口絞りSは、第3レンズ群G3と一体的に、物体側へ移動させる。
- [0261] 無限遠から近距離物体への合焦は、第21レンズ群G21を像側へ移動させることにより行う。
- [0262] 像ブレ発生時には、防振レンズ群VRとして、第32レンズ群G32を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させることにより、像面I上の像ブレ補正（防振）を行う。なお、全系の焦点距離を f とし、防振係数（振れ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の比）を K とした撮影レンズにおいて、角度 θ の回転ブレを補正するには、像ブレ補正用の防振レンズ群VR（移動レンズ群）を $(f \times \tan \theta) / K$ だけ光軸と垂直な方向に移動させればよい。なお、第32レンズ群G32の物体側に位置する、第31レンズ群G31は、像ブレ補正時に固定である。
- [0263] 第13実施例では、広角端状態において、防振係数は -0.70 であり、焦点距離は 16.40 mm であるので、 0.81 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.33 mm である。中間焦点距離状態において、防振係数は -0.83 であり、焦点距離は 23.50 mm であるので、 0.68 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.34 mm である。望遠端状態において、防振係数は -1.11 であり、焦点距離は 34.00 mm であるので、 0.57 度の回転ブレを補正するための防振レンズ群VRの移動量は -0.30 mm である。
- [0264] 下記の表13に、第13実施例における各諸元の値を示す。表13における面番号1～31が、図49に示す $m1 \sim m31$ の各光学面に対応している。

[0265] (表 1 3)

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
*1	74.98920	3.000	1.76690	46.9
*2	16.71640	13.914	1.00000	
*3	-200.00000	1.700	1.76690	46.9
4	74.41837	3.254	1.00000	
5	-113.97279	1.700	1.49700	81.7
6	51.25758	1.218	1.00000	
7	48.46513	5.220	1.75520	27.6
8	-196.30825	(D8)	1.00000	
9	51.66521	3.926	1.64769	33.7
10	-186.59307	0.100	1.00000	
11	53.65429	1.000	1.84666	23.8
12	20.79244	4.835	1.60342	38.0
13	64.81668	(D13)	1.00000	
14	39.17548	6.856	1.49700	81.7
15	-37.89813	1.400	1.84666	23.8
16	-61.51660	(D16)	1.00000	
17	(開口絞り)	3.263	1.00000	
18	-44.13789	1.300	1.90366	31.3
19	70.52747	4.187	1.84666	23.8
20	-53.20362	1.500	1.00000	
21	-87.83350	1.300	1.80400	46.6
22	30.11849	3.688	1.80518	25.4
*23	116.01616	(D23)	1.00000	
24	33.04611	7.402	1.49700	81.7
25	-46.18687	0.100	1.00000	

26	45.89714	8.060	1.49700	81.7
27	-28.00000	1.500	1.74950	35.2
28	186.58716	0.500	1.00000	
29	75.28743	5.930	1.49700	81.7
30	-60.00000	2.000	1.80610	41.0
*31	605.98400	(D31)	1.00000	

[非球面データ]

面	κ	A4	A6	A8	A10
1	1.00000e+00	1.05350e-06	-2.11331e-09	-6.68909e-12	8.48966e-15
2	0.00000e+00	1.45018e-05	-7.42095e-09	1.15879e-10	-4.19276e-13
3	1.00000e+00	-1.74349e-06	2.25437e-09	1.87840e-11	-1.73570e-13
23	1.00000e+00	-1.88970e-06	2.64440e-09	-8.43108e-12	3.31091e-14
31	1.00000e+00	1.40217e-05	4.02684e-09	2.45025e-11	-1.18730e-14

[各種データ]

	W	M	T
f	16.40	23.50	34.00
FNo	2.87	2.85	2.90
ω	53.8	40.8	30.3
Y	20.00	20.00	20.00
TL	163.819	157.979	161.332
BF	28.666	36.898	51.921

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時			至近距離合焦時		
	W	M	T	W	M	T
D0	∞	∞	∞	336.18	342.02	338.6
7						
β	-	-	-	-0.0454	-0.0643	-0.0
942						
f	16.40	23.50	34.00	-	-	-
D8	25.600	11.405	2.000	27.104	13.047	3.85
4						
D13	5.699	5.699	5.699	4.195	4.058	3.8
45						
D16	3.000	8.714	11.658	3.000	8.714	11.6
58						
D23	12.000	6.408	1.200	12.000	6.408	1.20
0						
D31	28.666	36.898	51.921	28.666	36.898	51.92
1						

[レンズ群データ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-22.86
第2レンズ群	9	39.48
第21レンズ群	9	85.05
第22レンズ群	14	59.11
第3レンズ群	17	-45.83
第31レンズ群	17	-227.86

第32レンズ群	21	-61.62
第4レンズ群	24	37.86

[条件式対応値]

$$\text{条件式 (1)} \quad f_4 / f_2 = 0.959$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_{32} / f_3 = 1.344$$

$$\text{条件式 (3)} \quad A(T_{3.5}) / A(T_{4.0}) = 1.711$$

[0266] 表 13 から、第 13 実施例に係る変倍光学系 ZL 13 は、条件式 (1) ～ (3) を満足することが分かる。

[0267] 図 50 は、第 13 実施例に係る変倍光学系 ZL 13 の無限遠合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 51 は、第 13 実施例に係る変倍光学系 ZL 13 の至近距離合焦時における諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図）であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。図 52 は、第 13 実施例に係る変倍光学系 ZL 13 の無限遠合焦時における像ブレ補正を行った時の横収差図であり、(a) は広角端状態、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端状態をそれぞれ示す。

[0268] 図 50 ～ 図 52 から、第 13 実施例に係る変倍光学系 ZL 13 は、広角端状態から望遠端状態に亘って、また無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を有することが分かる。また、像ブレ補正時において、高い結像性能を有することが分かる。

[0269] 以上の各実施例によれば、広角端状態から望遠端状態まで F 3.5 程度より F 値が小さく（好ましくは、F 2.8 より小さく）、また広角端状態から望遠端状態まで F 値を略一定とし、半画角で 50 程度以上の広画角を有し、諸収差が良好に補正された変倍光学系を実現することができる。

[0270] ここまで本発明の態様を分かりやすくするために、実施形態の要素の符号

を付して説明したが、本発明の態様がこれに限定されるものではない。以下の内容は、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。

[0271] 変倍光学系ZLの数値実施例として、4群構成のものを示したが、これに限定されず、他の群構成（例えば、5群等）にも適用可能である。具体的には、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像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、変倍時または合焦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。

[0272] 変倍光学系ZLにおいて、無限遠から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群全体、或いは複数のレンズ群を合焦レンズ群として、光軸方向へ移動させる構成としてもよい。また、斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカスのモータ（例えば、超音波モータ等）による駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが好ましくは可能である。

[0273] 変倍光学系ZLにおいて、いずれかのレンズ群全体または部分レンズ群を、光軸に垂直な方向の成分を持つように移動させるか、或いは光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ブレ等によって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましくは可能である。また、第32レンズ群G32の像側に、防振時に固定のレンズを配置することとしてもよい。

[0274] 変倍光学系ZLにおいて、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。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ない。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の非球面でも構わない。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）あるいはプラスチックレンズとしてもよい。

[0275] 変倍光学系ZLにおいて、開口絞りSは、第3レンズ群G3の近傍に配置されるのが好ましくは可能である。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よい。

[0276] 変倍光学系ZLにおいて、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの良好な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よい。

[0277] 変倍光学系ZLは、例えば、変倍比が2倍程度にできる。

符号の説明

- [0278] ZL (ZL1～ZL13) 変倍光学系
- G1 第1レンズ群
 - G2 第2レンズ群
 - G21 第21レンズ群（合焦レンズ群）
 - G22 第22レンズ群
 - G3 第3レンズ群
 - G31 第31レンズ群
 - G32 第32レンズ群（防振レンズ群）
 - G33 第33レンズ群
 - G4 第4レンズ群
 - S 開口絞り
 - I 像面
 - 1 カメラ（光学機器）

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔と、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔を変化させることにより変倍を行い、

前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第3 2レンズ群と、前記第3 2レンズ群の物体側に配置された第3 1レンズ群とを有し、

前記第3 2レンズ群は、負の屈折力を有し、

以下の条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

但し、

f_4 : 前記第4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2] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

$$0.700 < f_{32} / f_3 < 2.500$$

但し、

f_{32} : 前記第3 2レンズ群の焦点距離、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離。

[請求項3] 前記第3 2レンズ群は、正レンズと負レンズとの接合レンズからなることを特徴とする請求項1又は2に記載の変倍光学系。

[請求項4] 前記第3 1レンズ群は、負レンズと、正レンズとを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項5] 前記第3 1レンズ群は、物体側から順に並んだ、負レンズと、正レ

レンズとからなることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項6] 前記第 3 1 レンズ群は、物体側から順に並んだ、負レンズと正レンズとの接合レンズからなることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項7] 前記第 3 1 レンズ群は、物体側から順に並んだ、正レンズと、負レンズとからなることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項8] 前記第 3 1 レンズ群は、物体側から順に並んだ、正レンズと負レンズとの接合レンズからなることを特徴とする請求項 1 ～ 4 及び 7 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項9] 前記第 2 レンズ群は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 2 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 2 レンズ群とからなり、
前記第 2 1 レンズ群を合焦レンズ群として光軸方向に移動させることにより合焦を行うことを特徴とする請求項 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 3 2 レンズ群の最も像側のレンズ面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項11] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 10 に記載の変倍光学系。

$$1.100 < A(T3.5) / A(T4.0) < 5.000$$

但し、

$A(T3.5)$: 望遠端状態において $F/3.5$ の F 値に対応する軸上光線が、前記第 3 2 レンズ群の最も像側のレンズ面に形成された非球面を通る点での非球面量、

$A(T4.0)$: 望遠端状態において $F/4.0$ の F 値に対応する軸上光線が、前記第 3 2 レンズ群の最も像側のレンズ面に形成された

非球面を通る点での非球面量。

なお、前記非球面量とは、非球面の光軸上での、近似球面に対する非球面のサグ量を光軸に沿って測った量をいう。

[請求項12] 請求項1～11のいずれか一項に記載の変倍光学系を搭載することを特徴とする光学機器。

[請求項13] 物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とを有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔と、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔を変化させることにより変倍を行う変倍光学系の製造方法であって、

前記第3レンズ群は、防振レンズ群として像ブレを補正するために光軸と垂直方向の成分を持つように移動可能に構成した第32レンズ群と、前記第32レンズ群の物体側に配置された第31レンズ群とを有し、

前記第32レンズ群は、負の屈折力を有し、

以下の条件式を満足するように、

レンズ鏡筒内に各レンズを配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$0.400 < f_4 / f_2 < 1.300$$

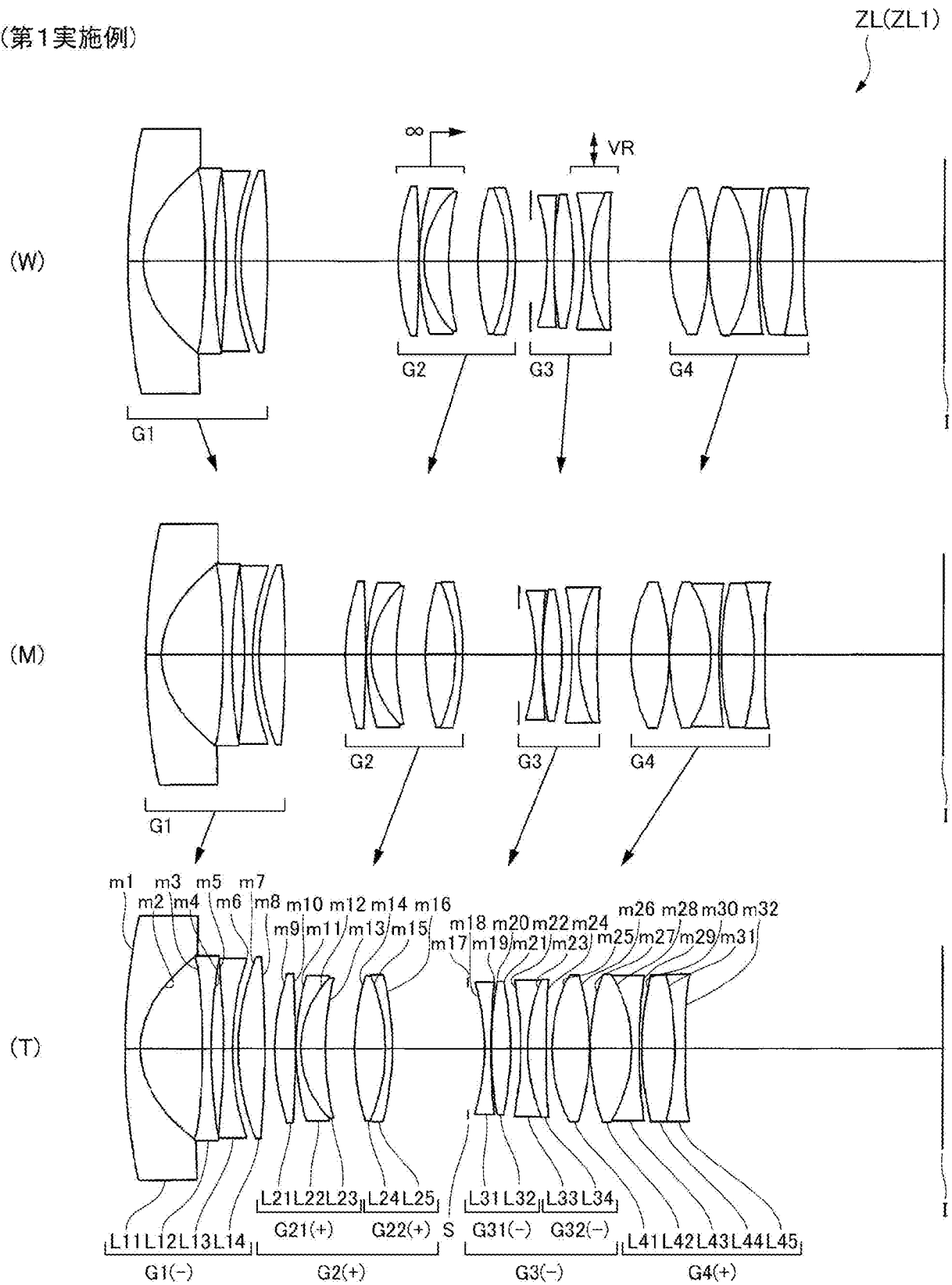
但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

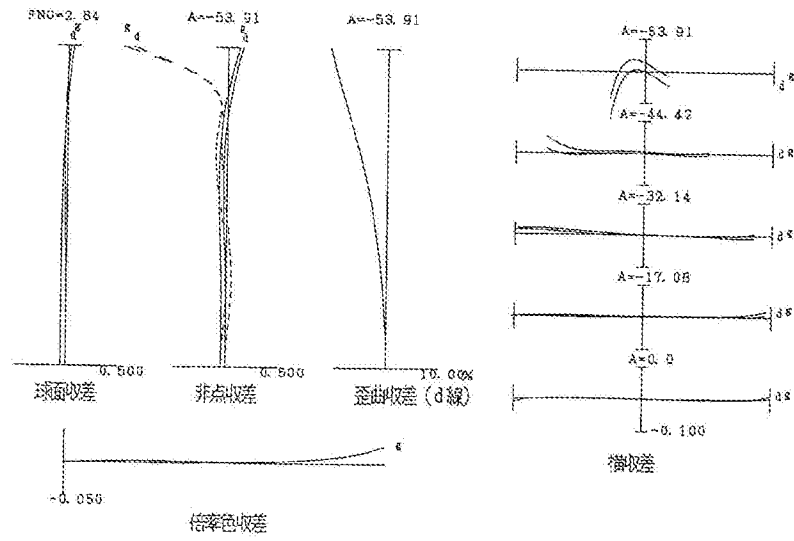
[図1]

(第1実施例)

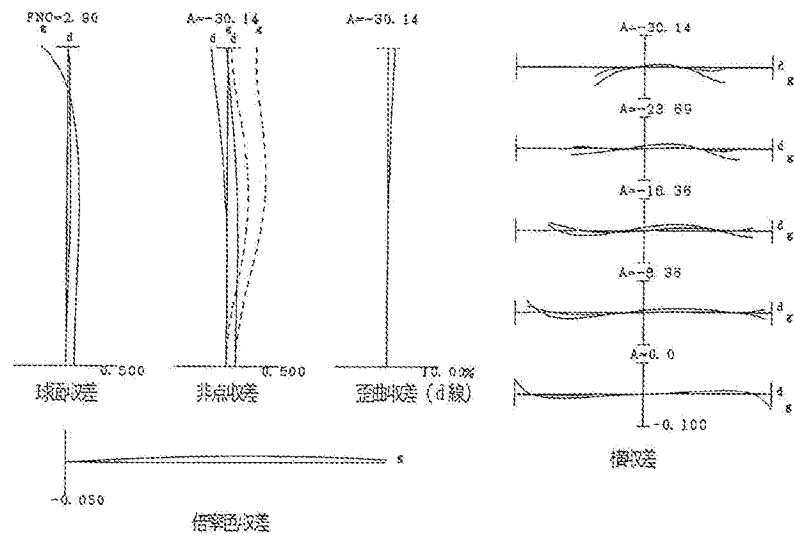


[図2]

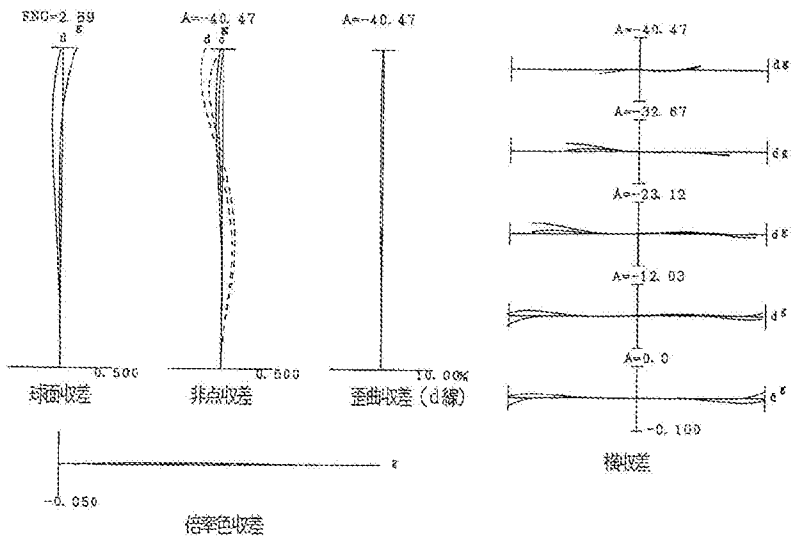
(a)



(b)

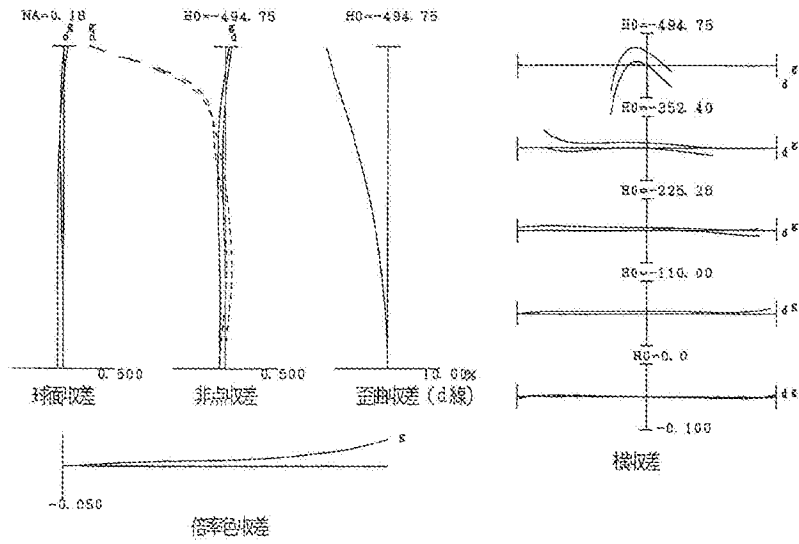


(c)

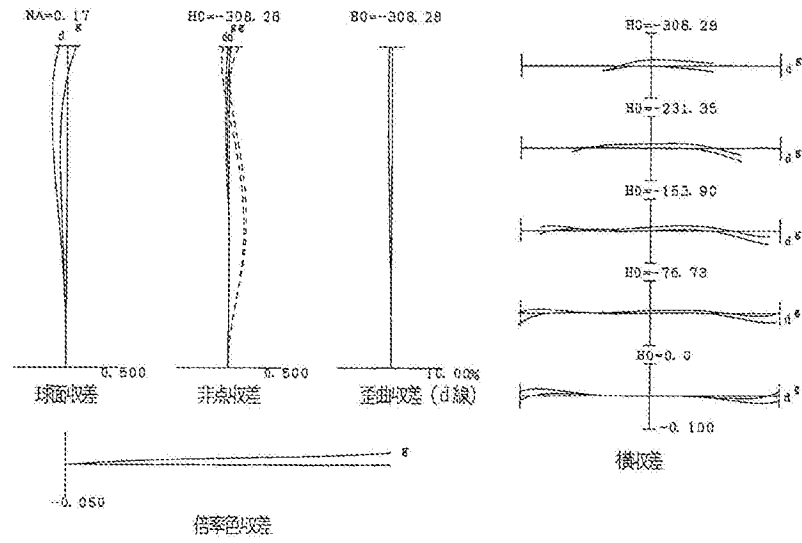


[図3]

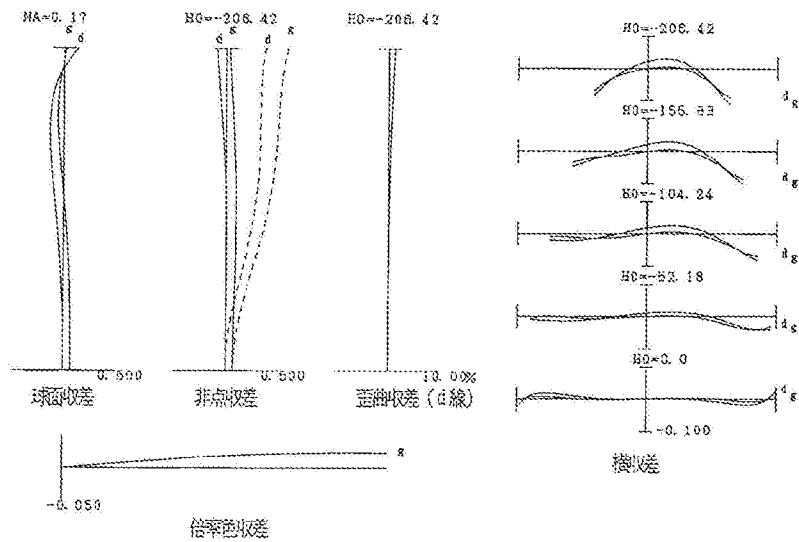
(a)



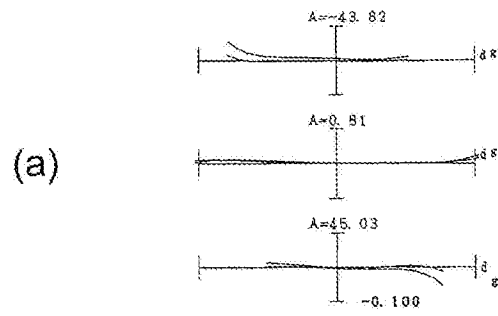
(b)



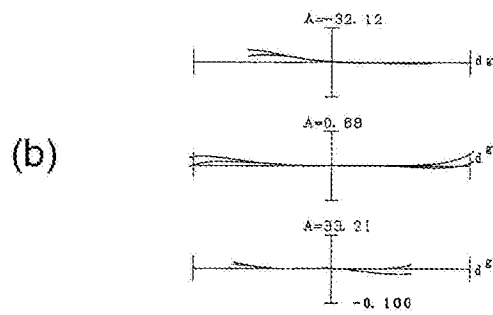
(c)



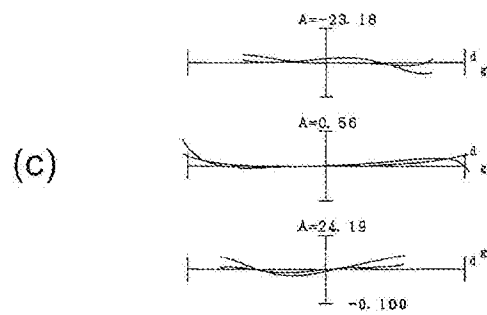
[図4]



横収差



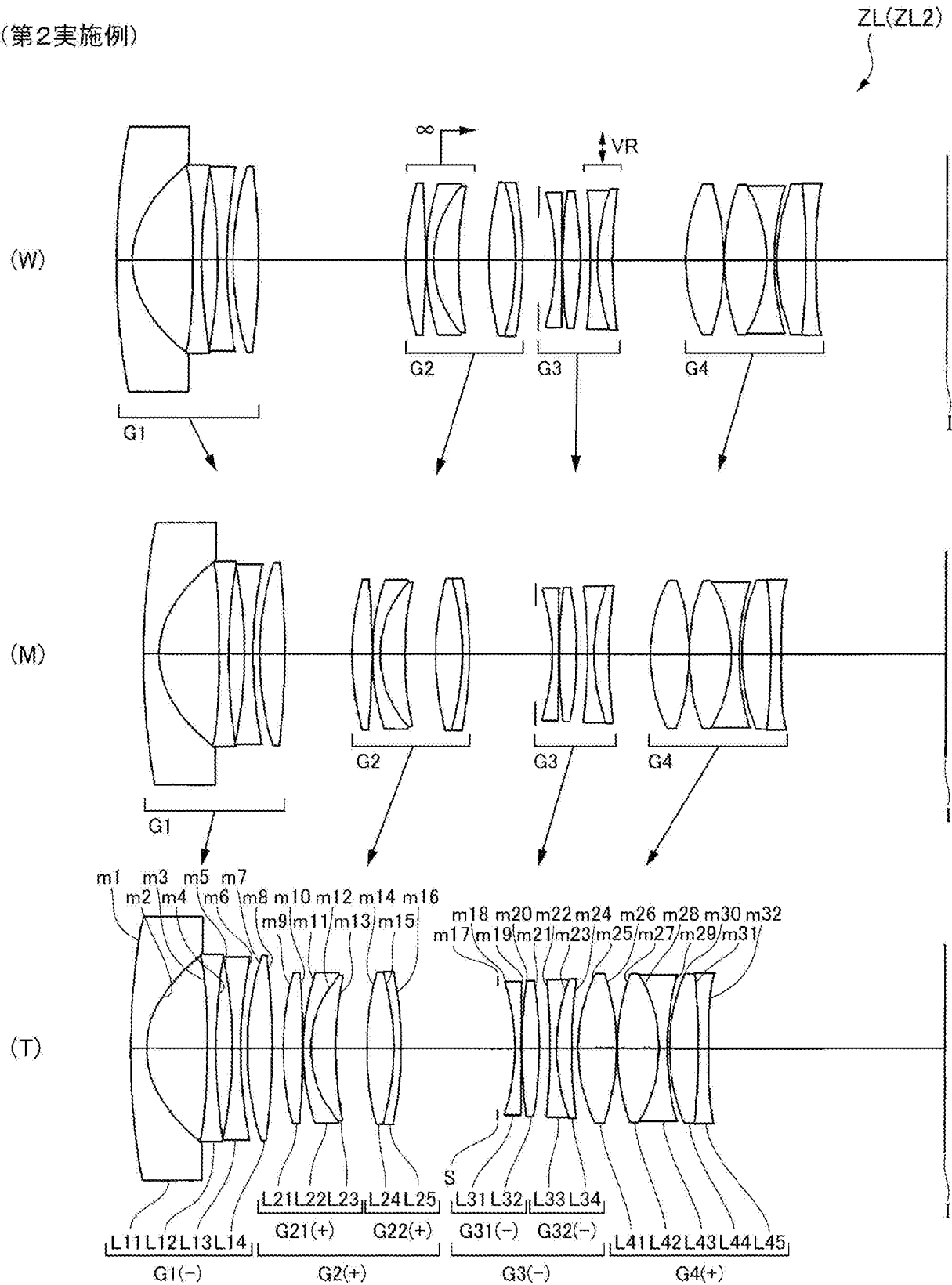
横収差



横収差

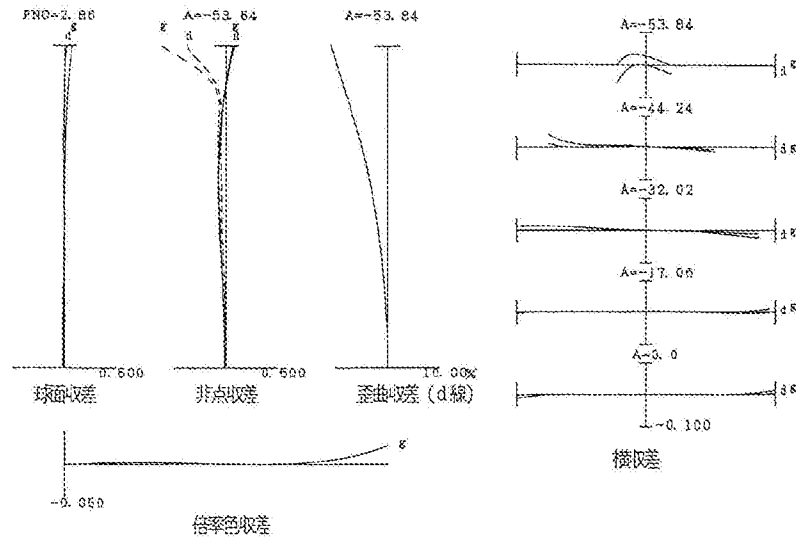
[図5]

(第2実施例)

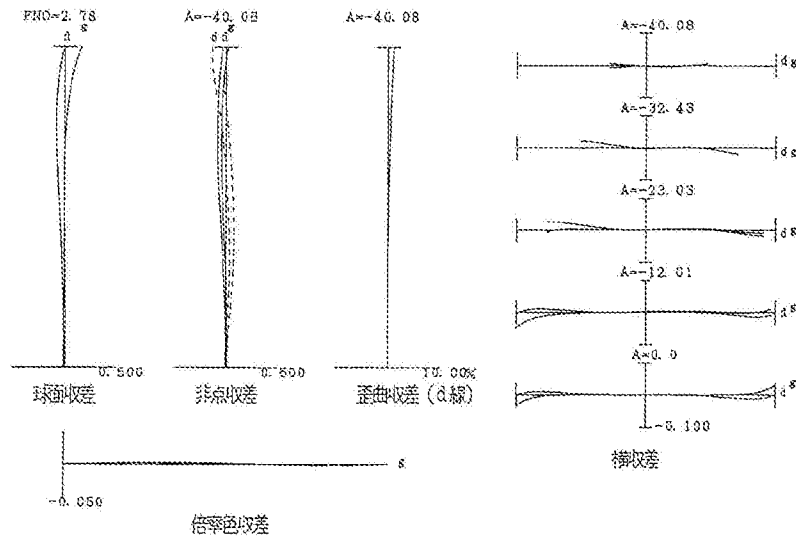


[図6]

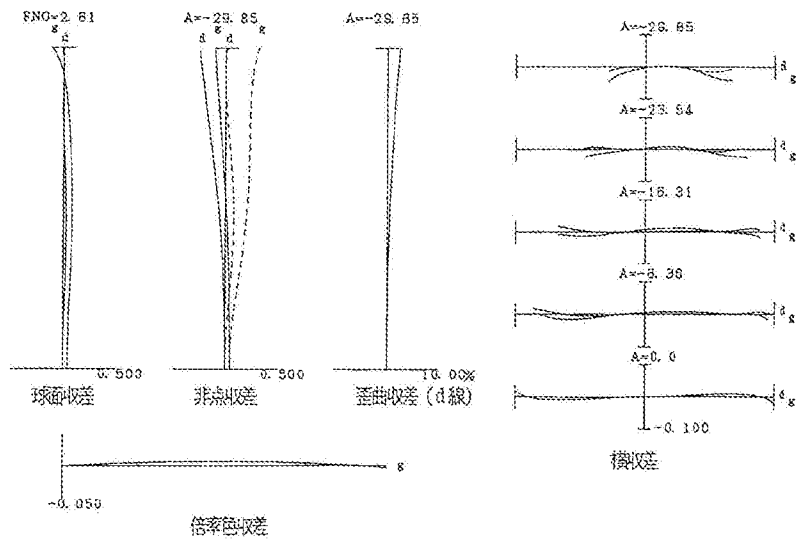
(a)



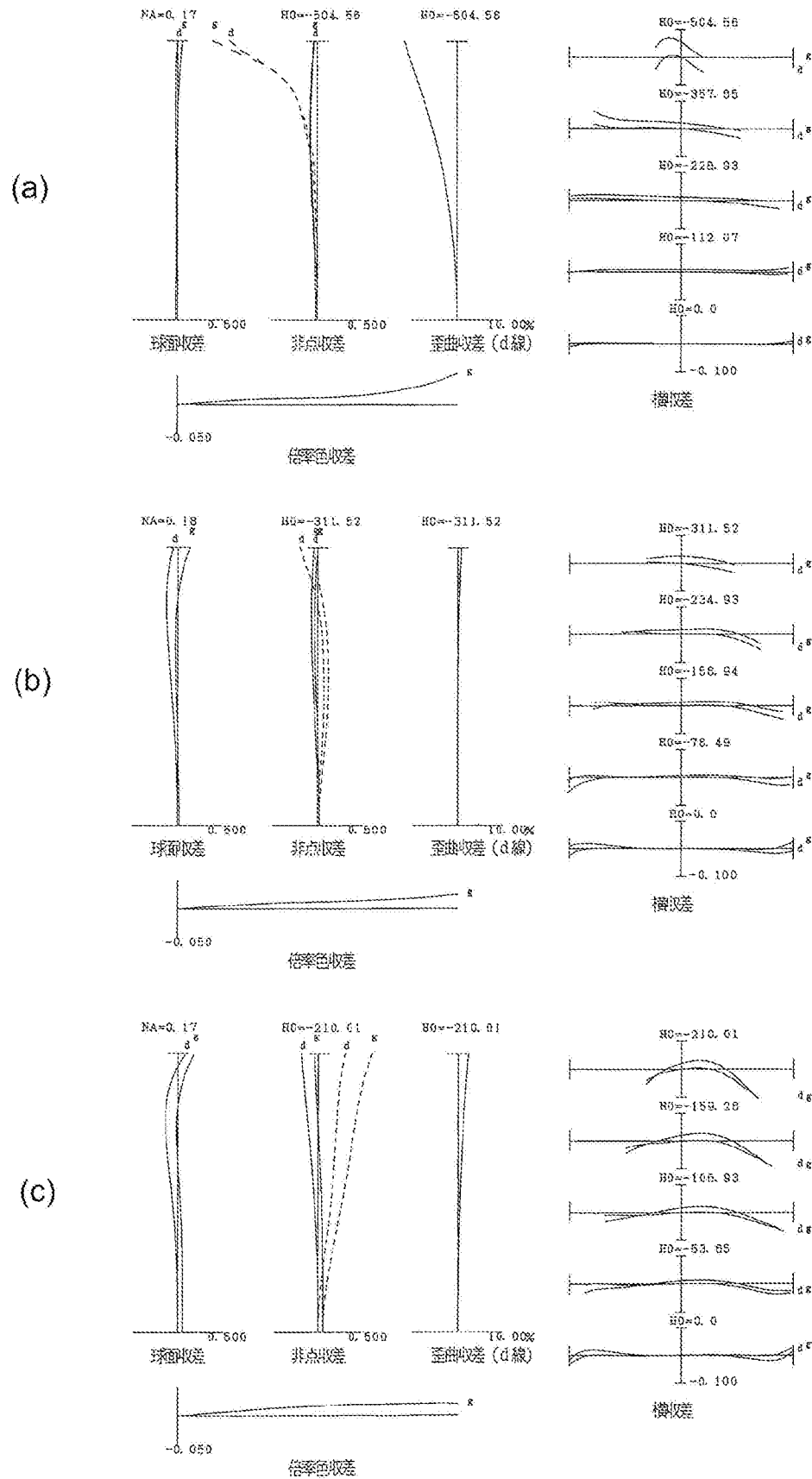
(b)



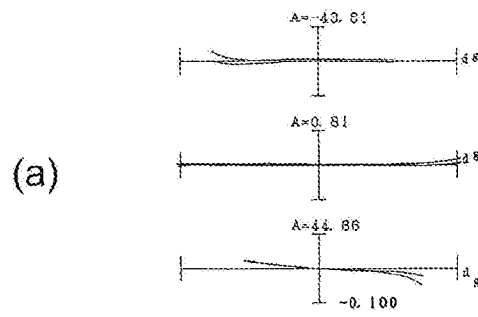
(c)



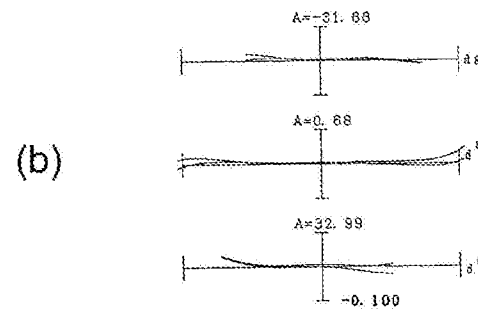
[図7]



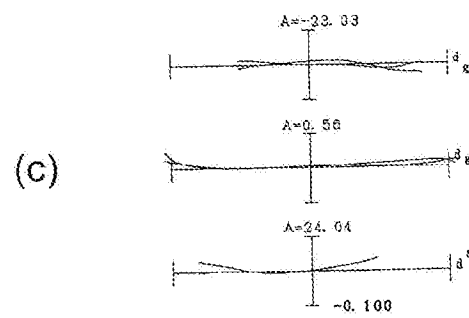
[図8]



横収差



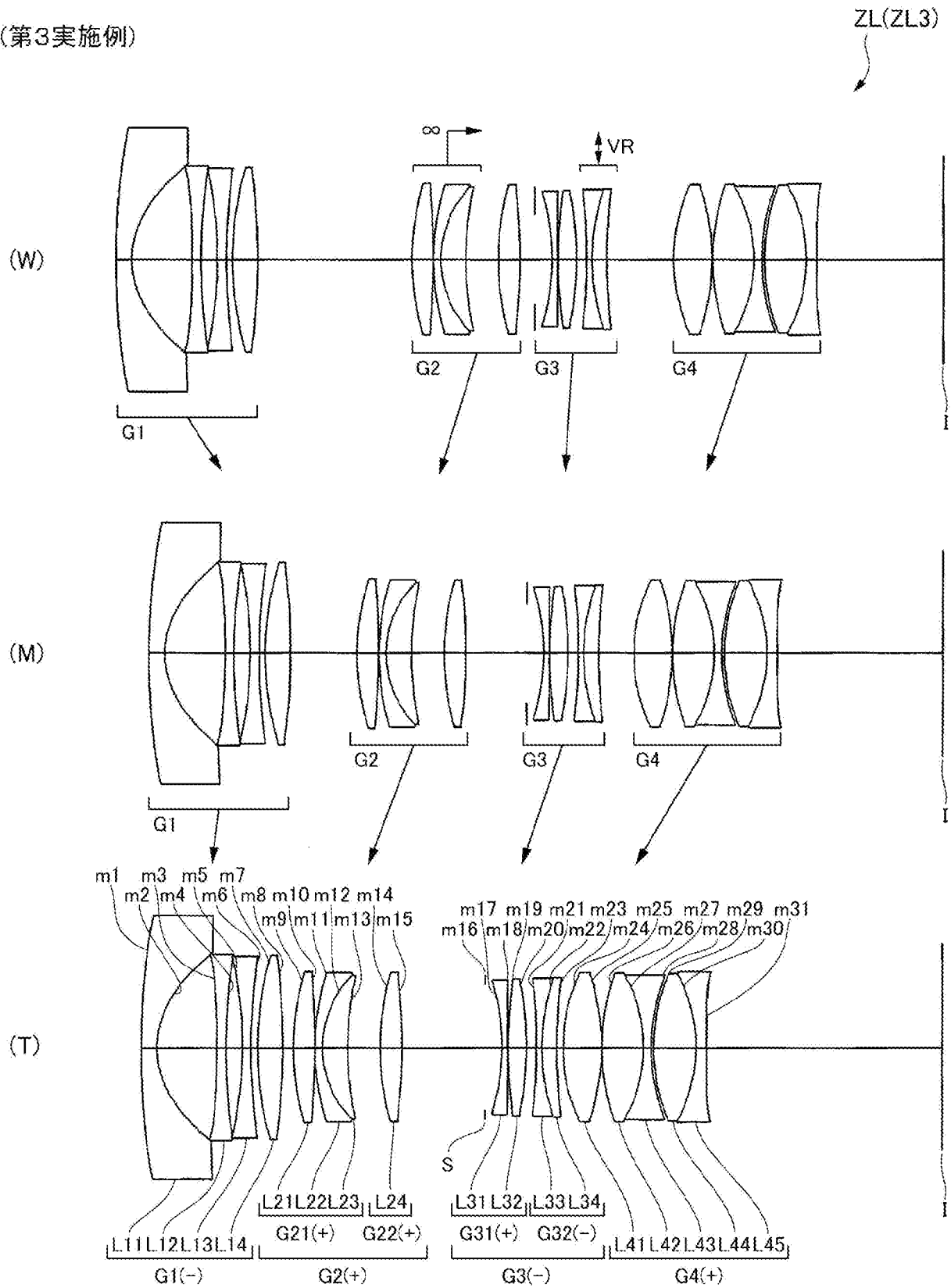
横収差



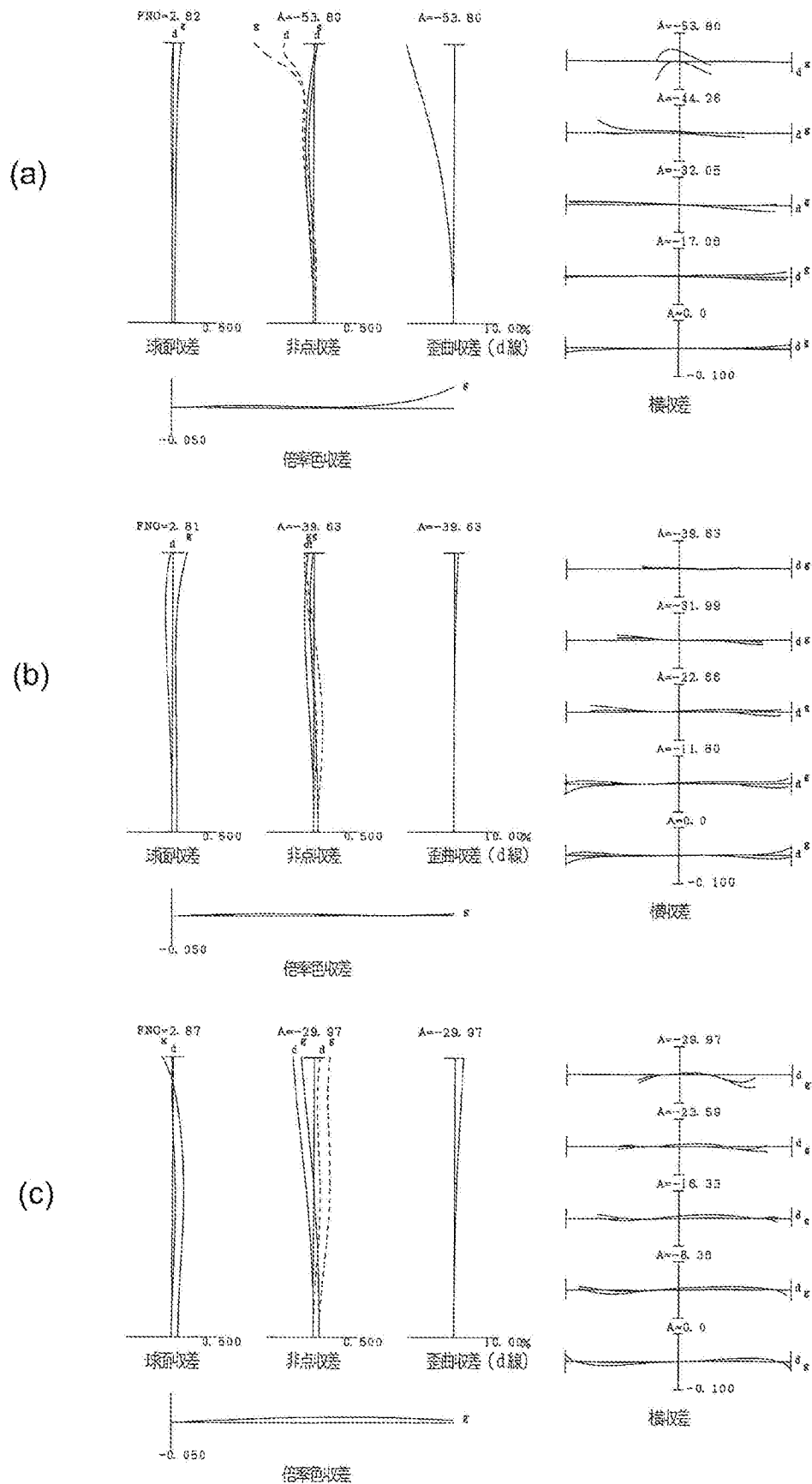
横収差

[図9]

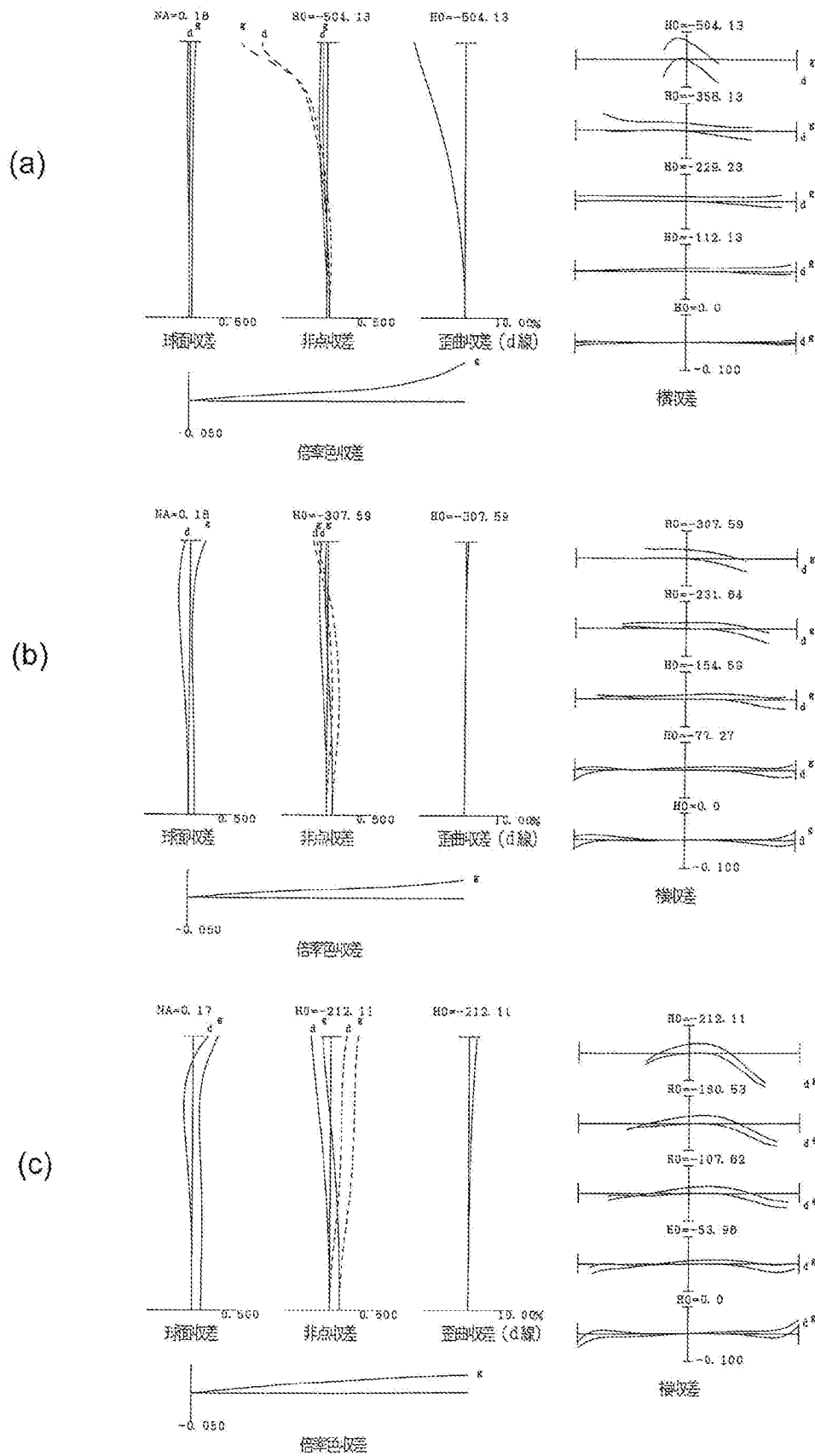
(第3実施例)



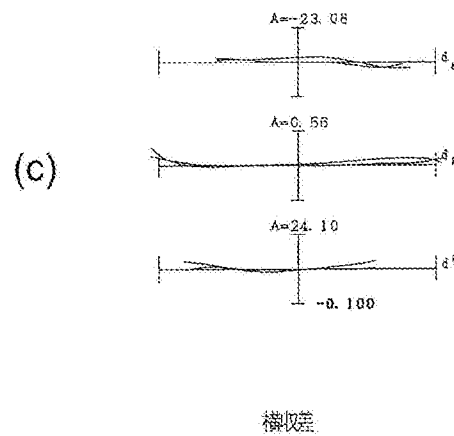
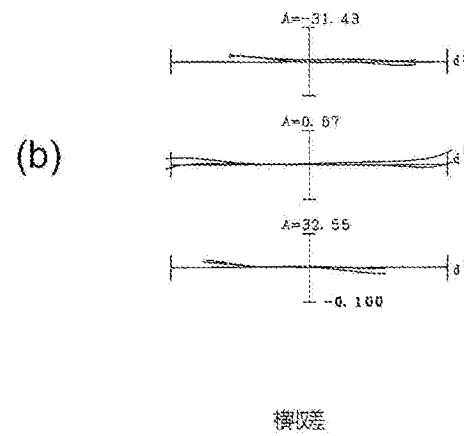
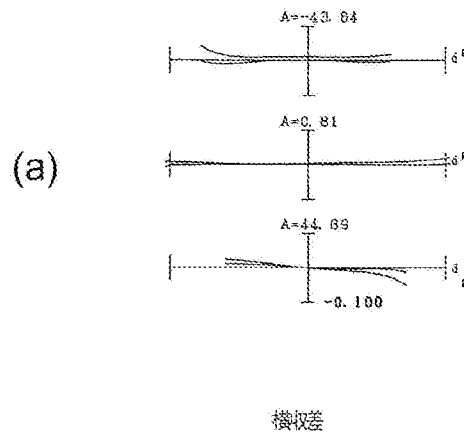
[図10]



[図11]

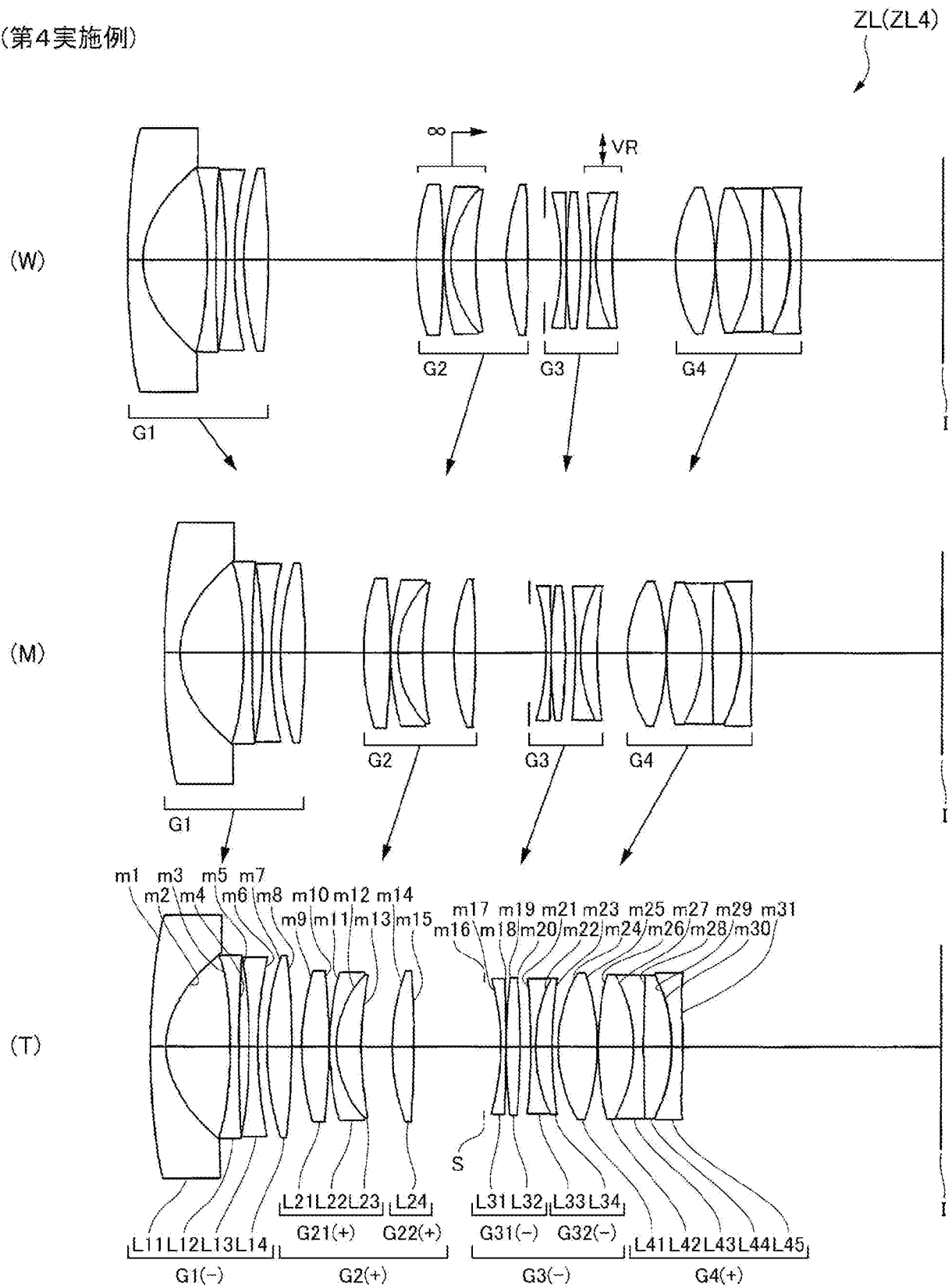


[図12]

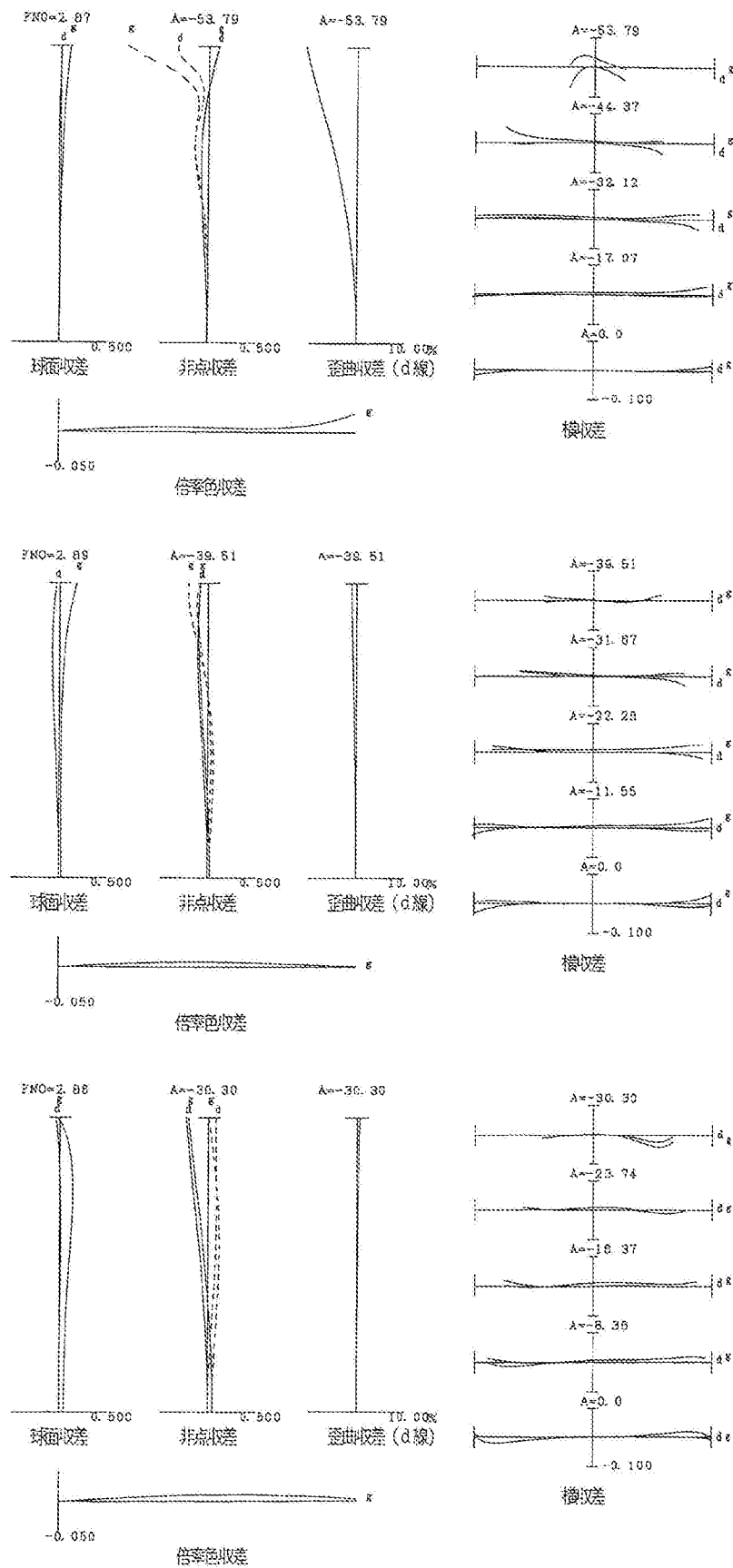


[図13]

(第4実施例)

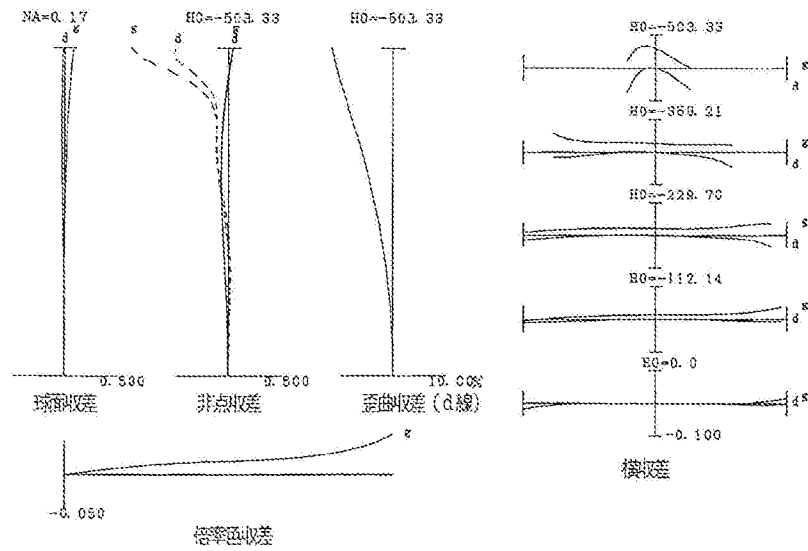


(c)

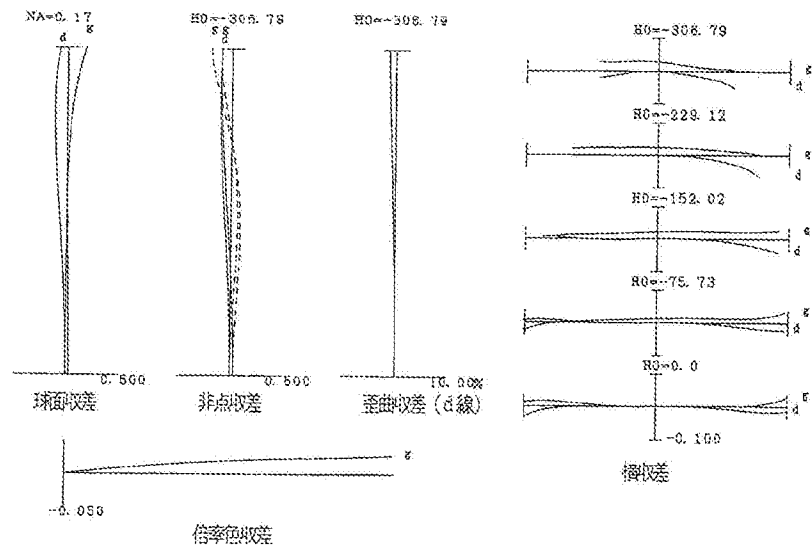


[図15]

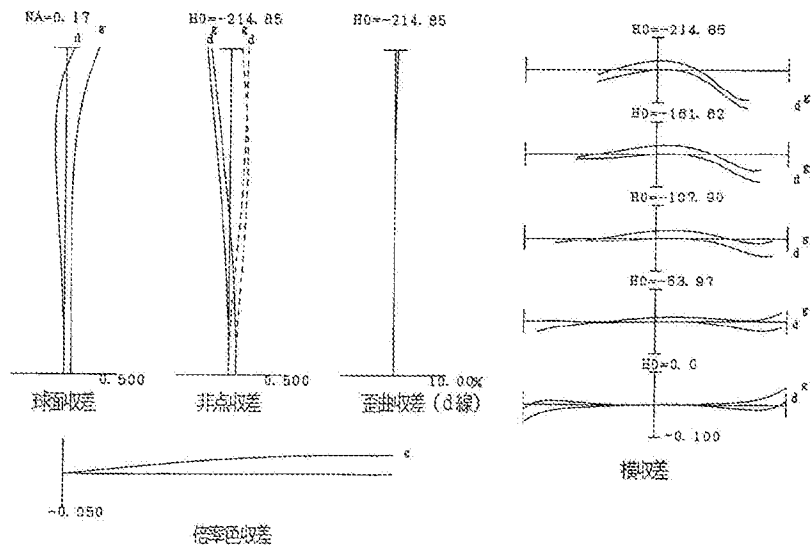
(a)



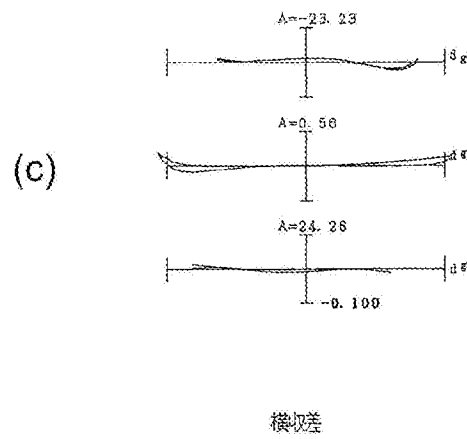
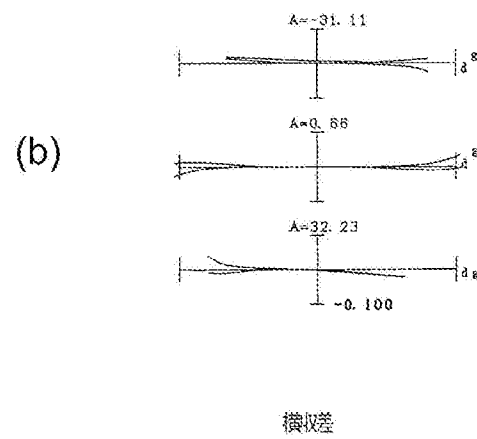
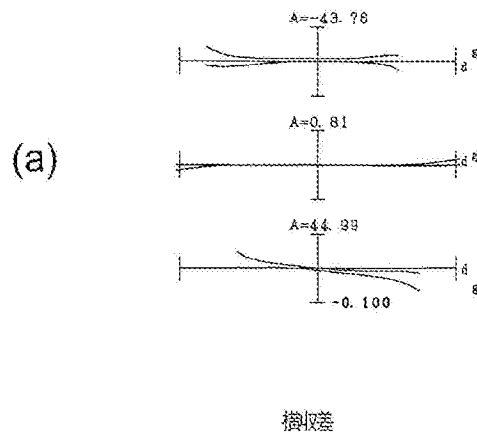
(b)



(c)

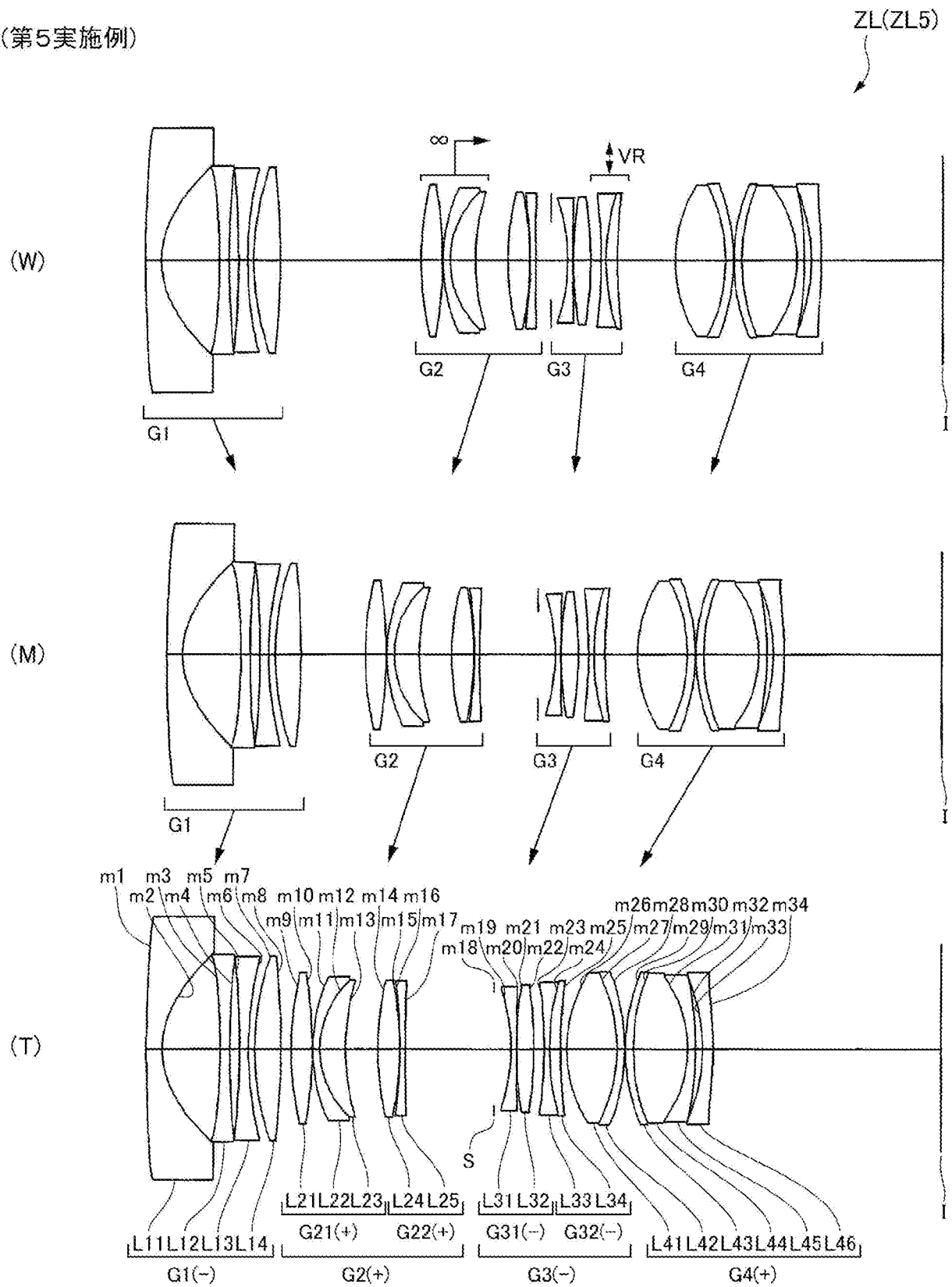


[図16]

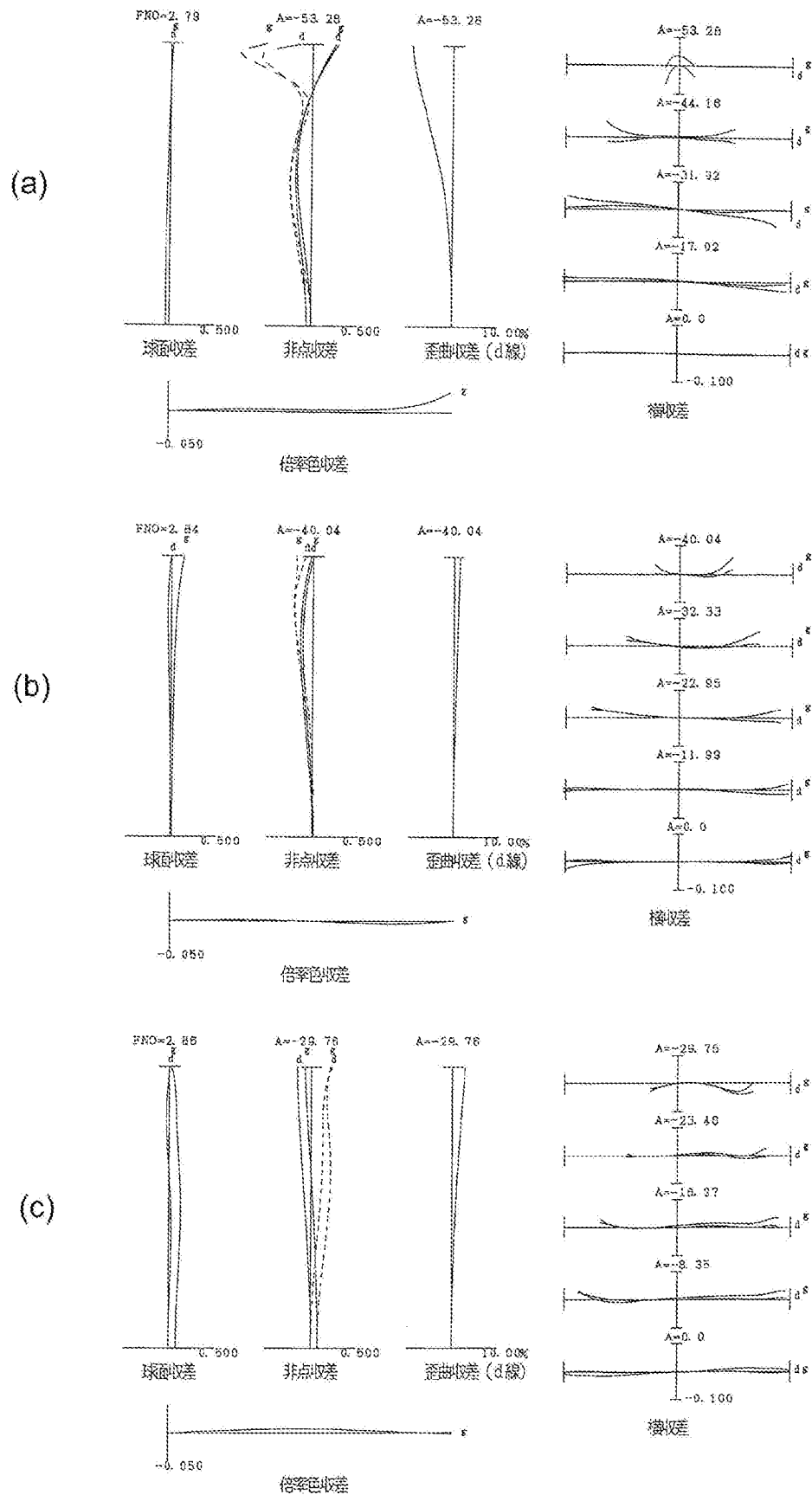


[図17]

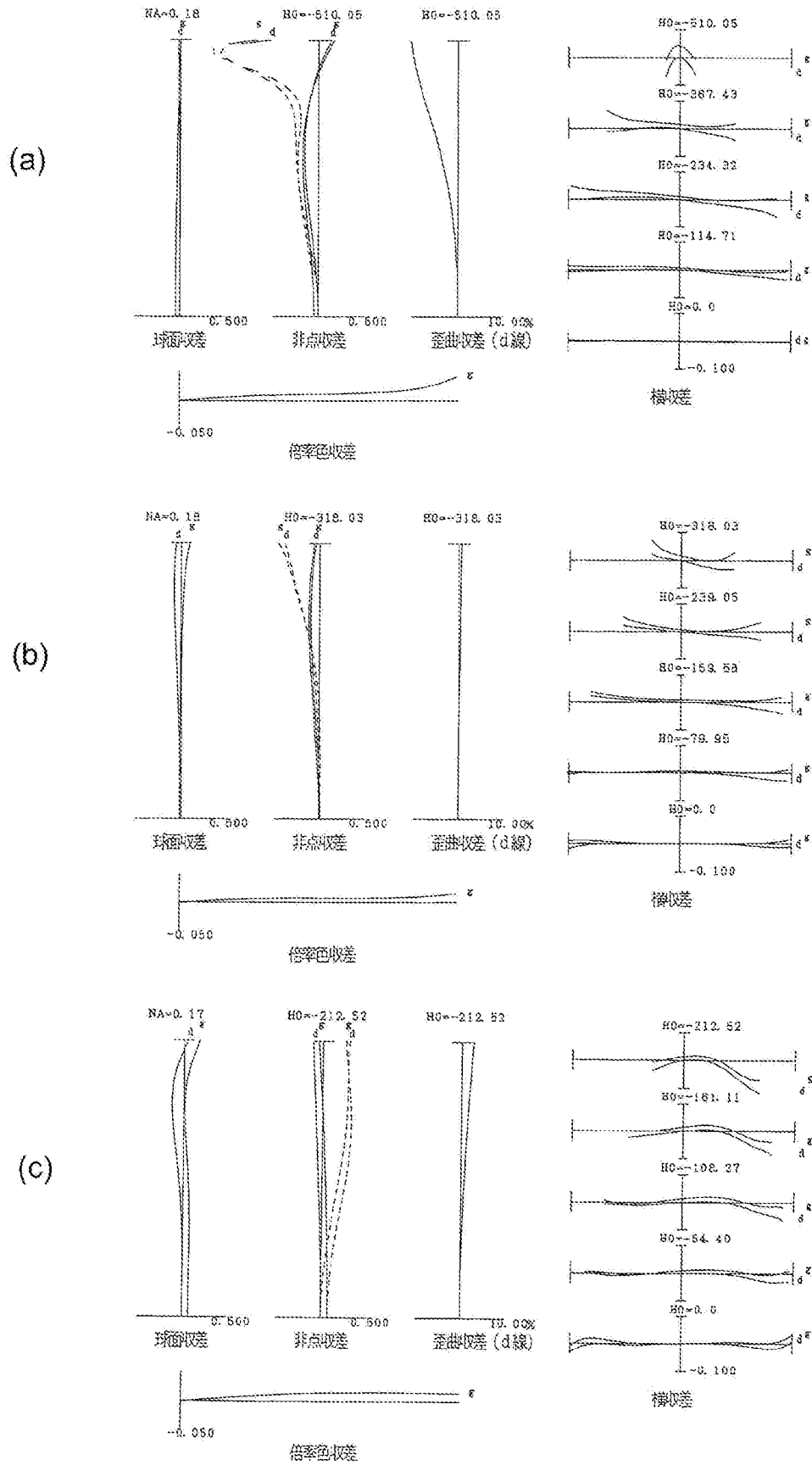
(第5実施例)



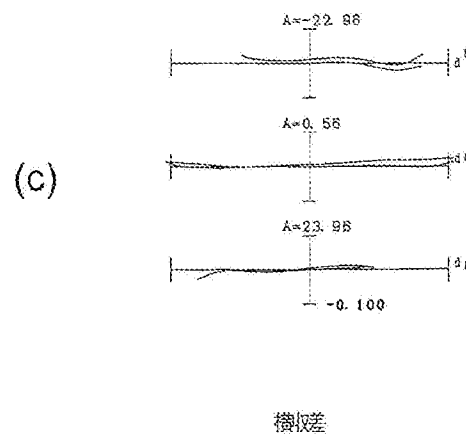
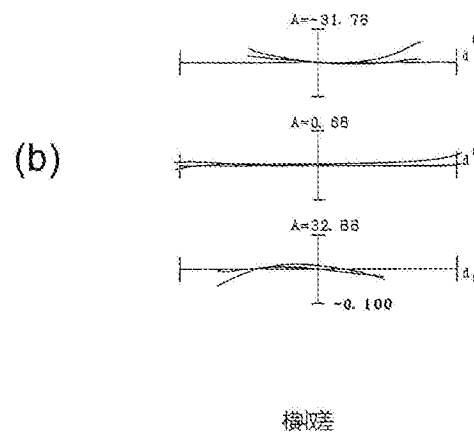
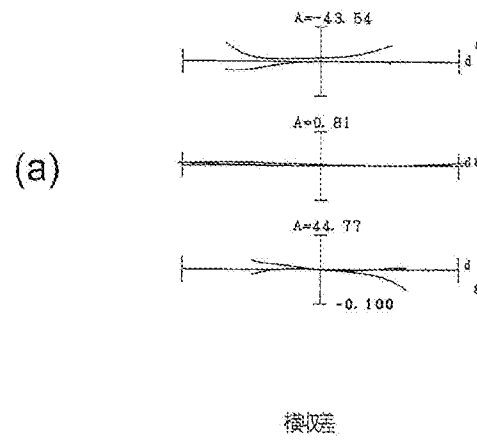
[図18]



[図19]

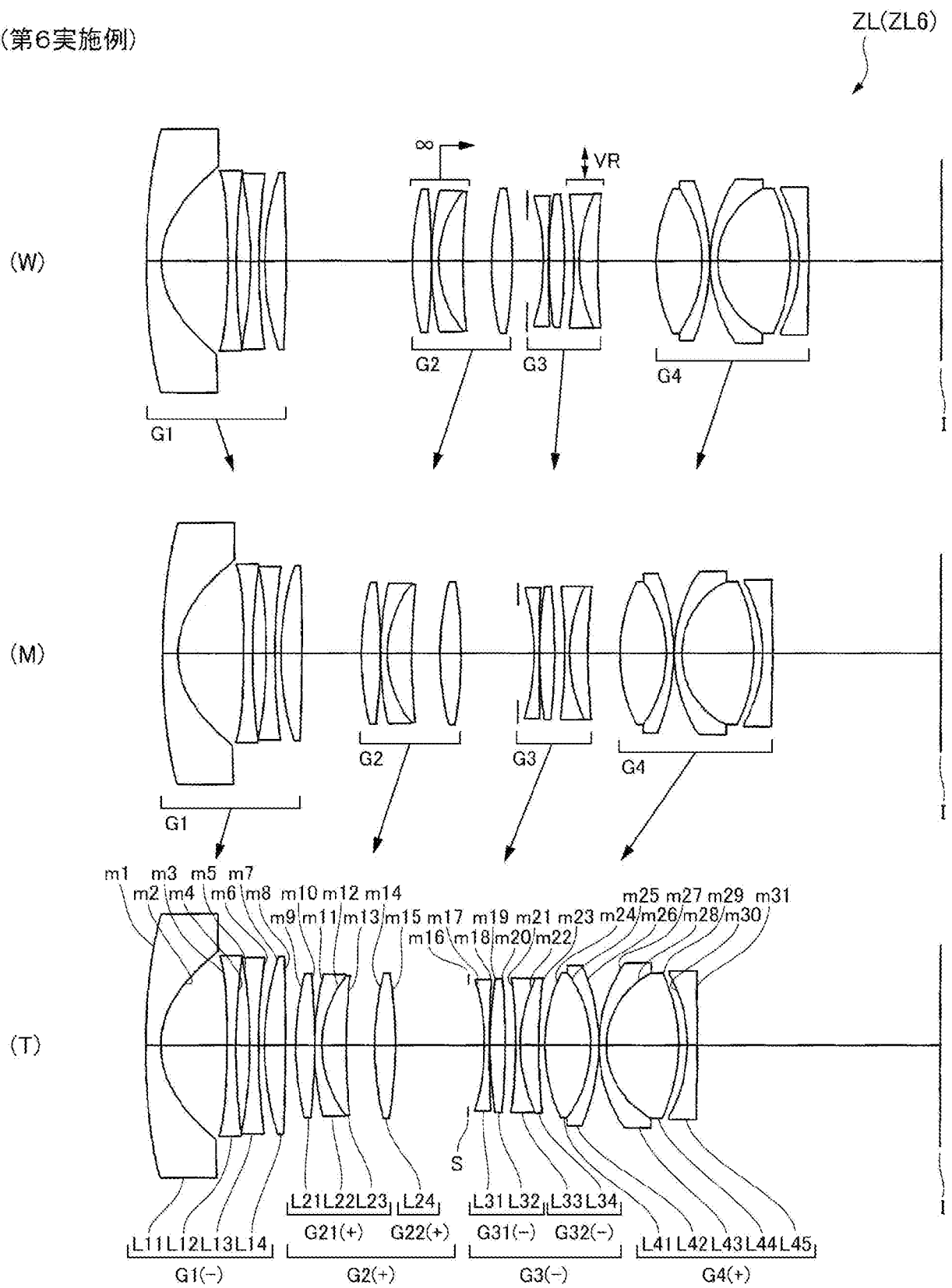


[図20]

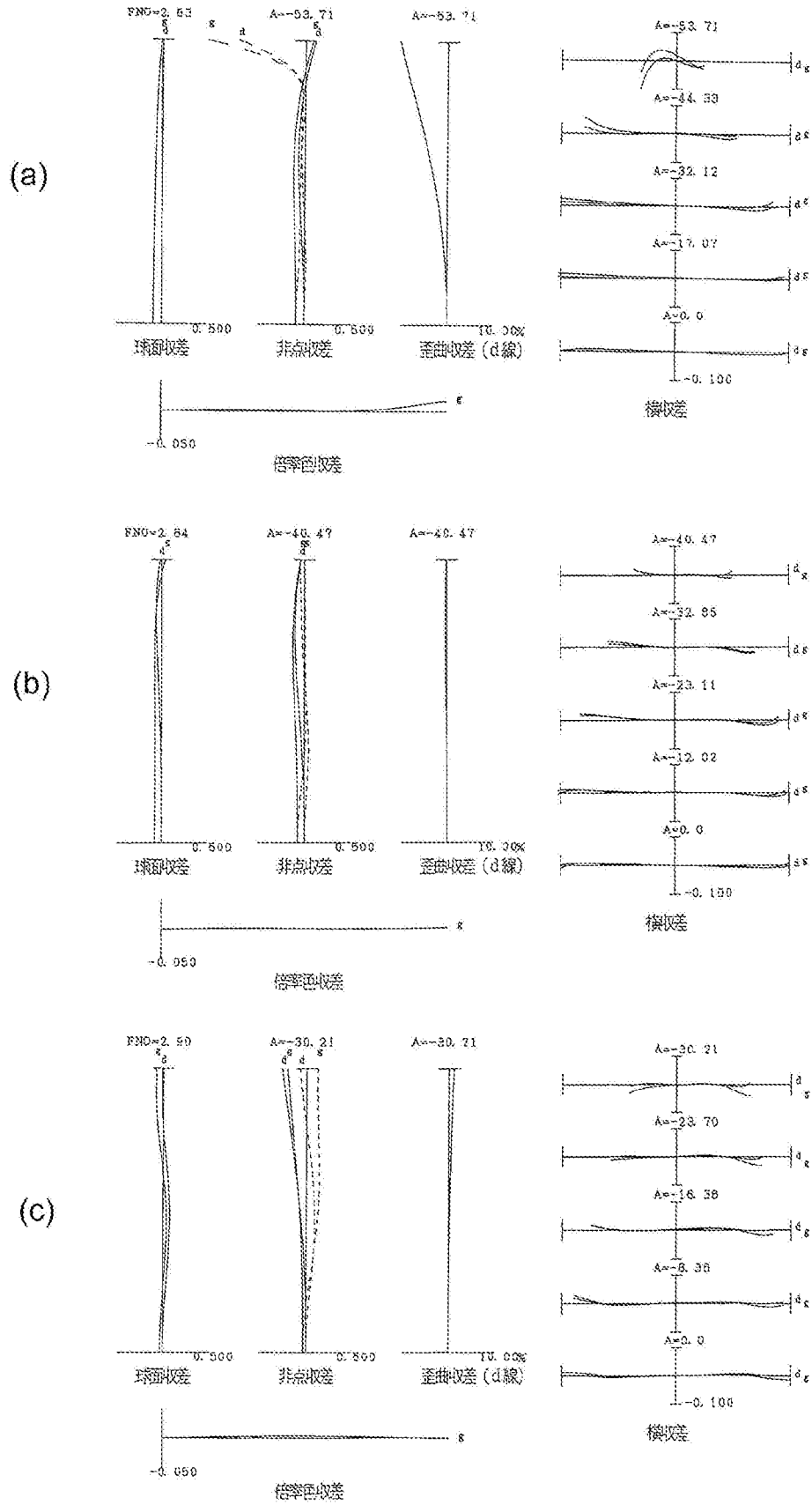


[図21]

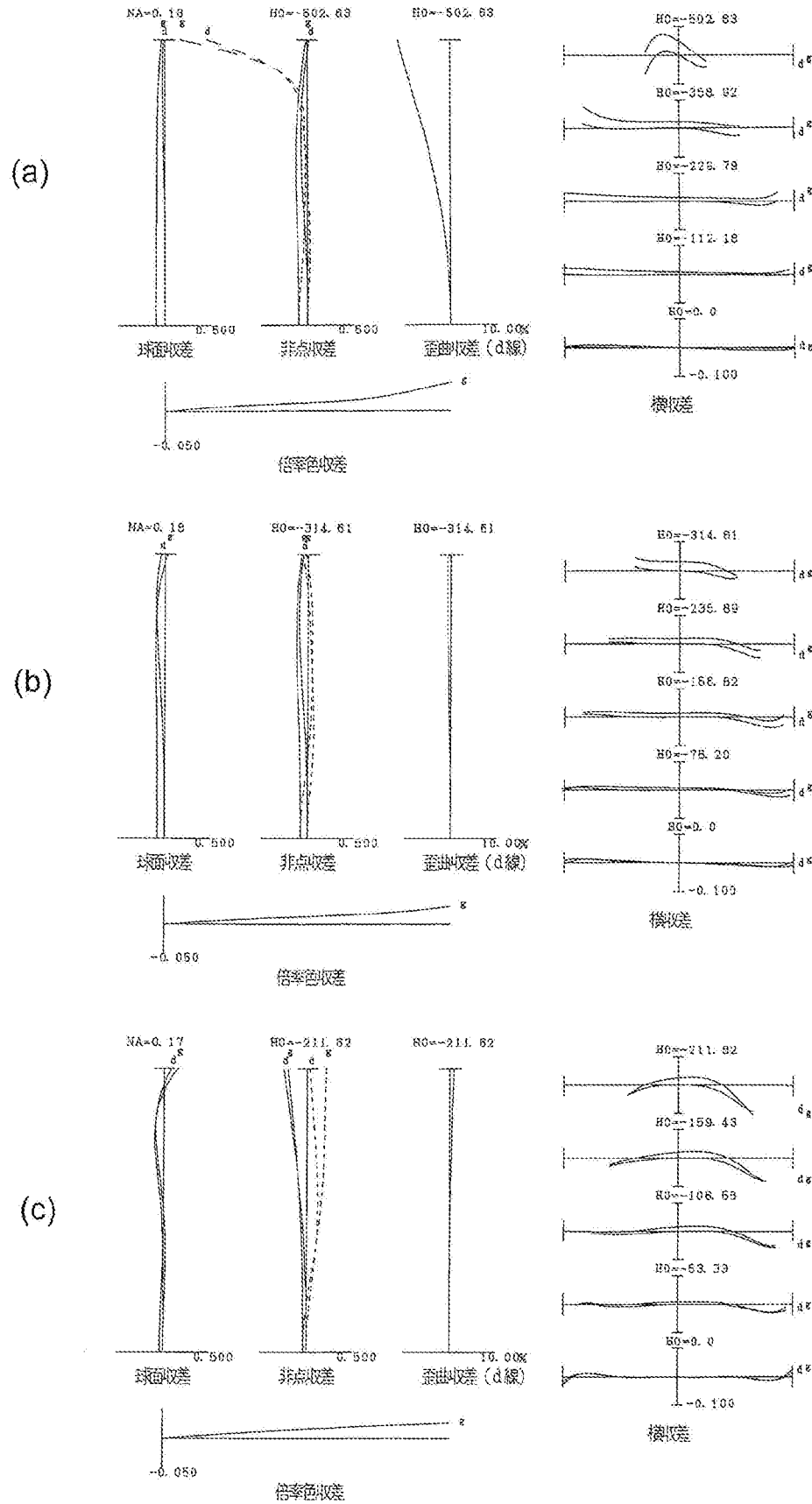
(第6実施例)



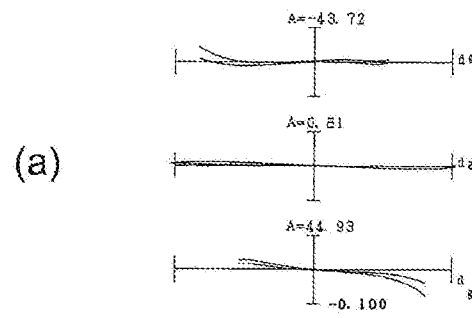
[図22]



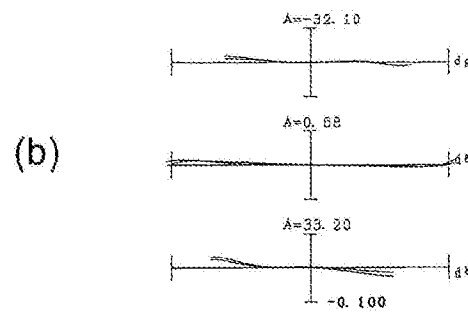
[図23]



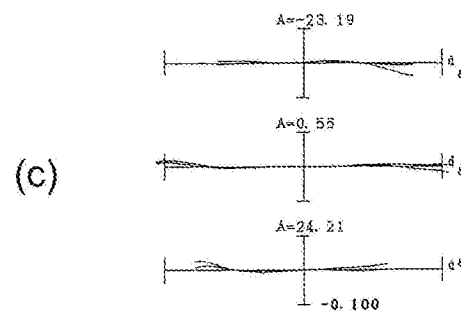
[図24]



横収差



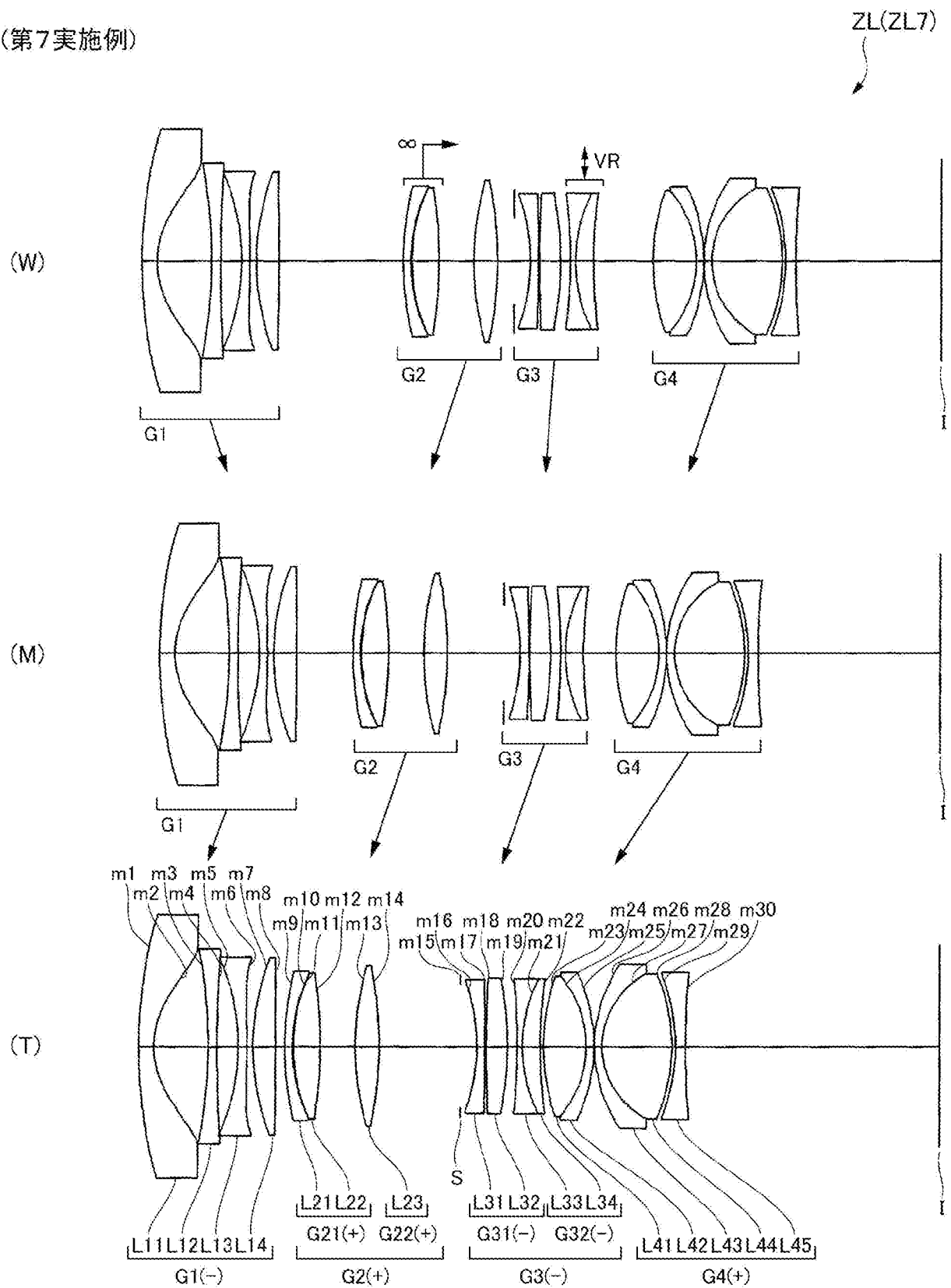
横収差



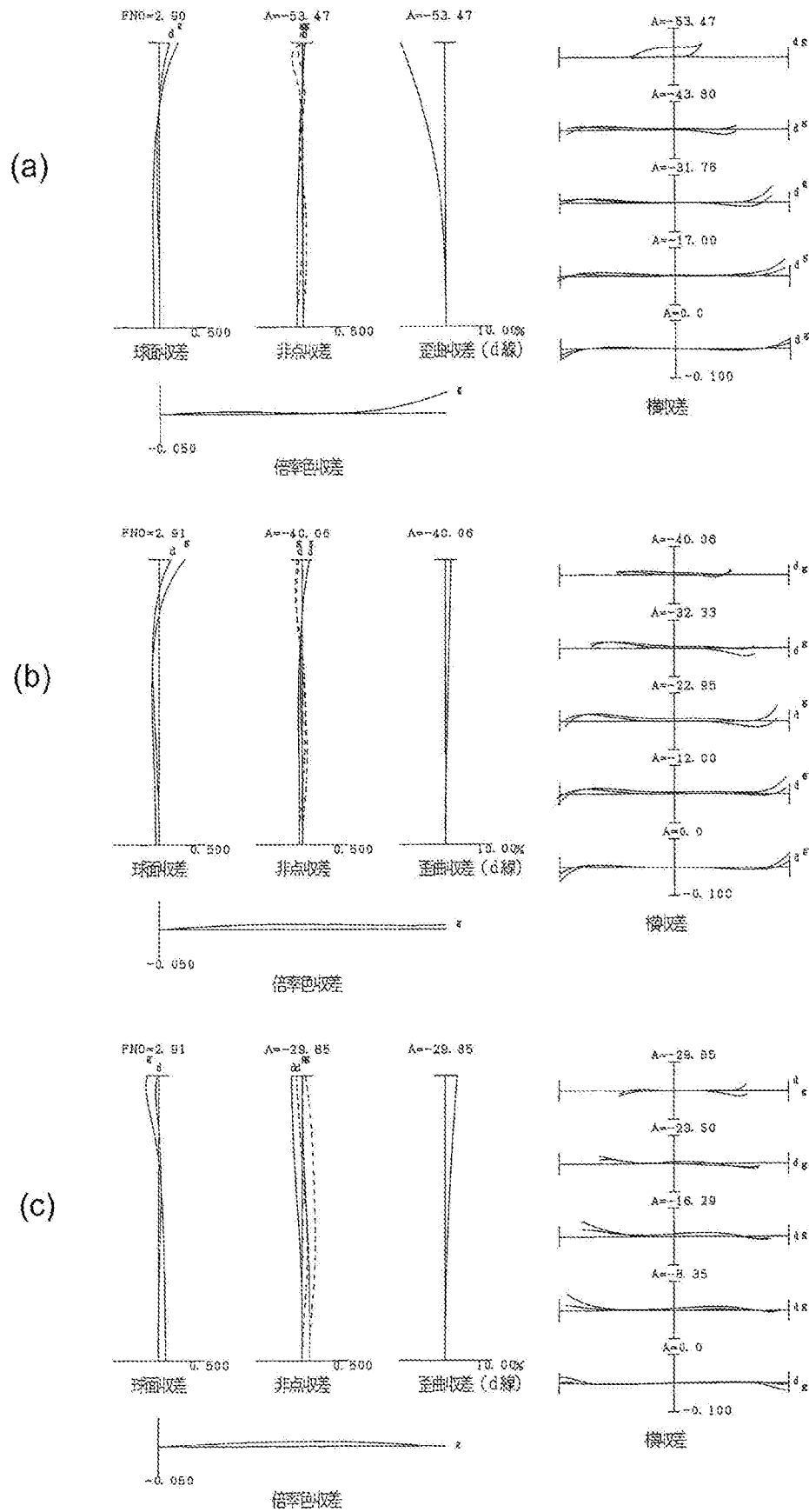
横収差

[図25]

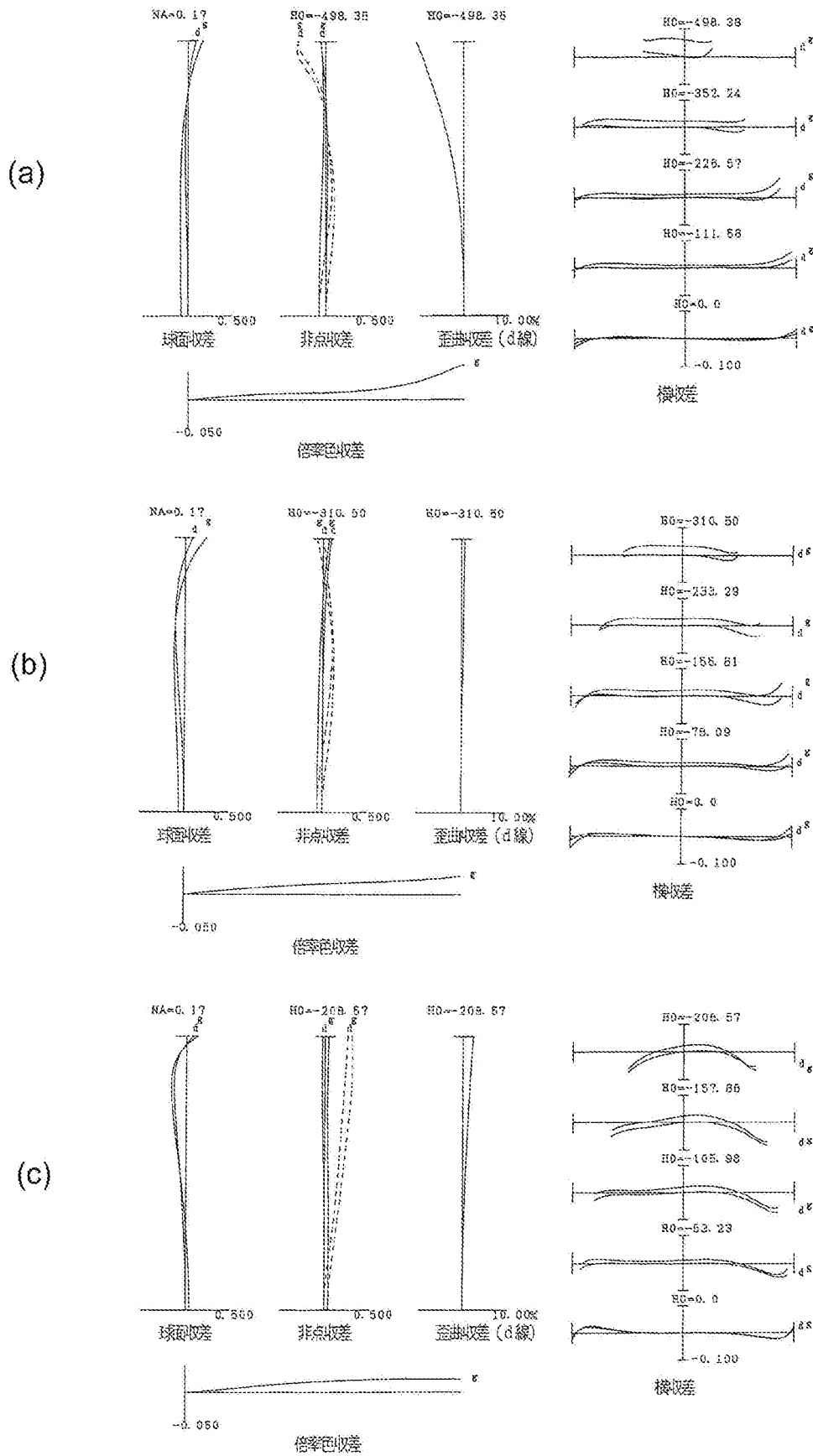
(第7実施例)



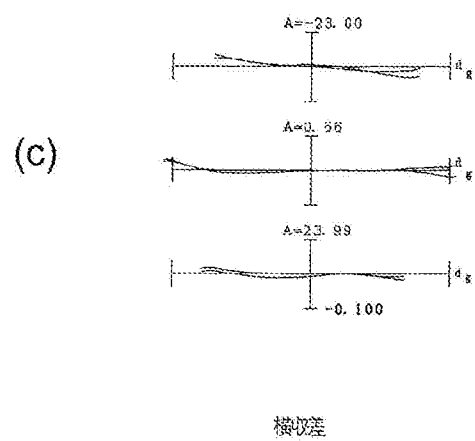
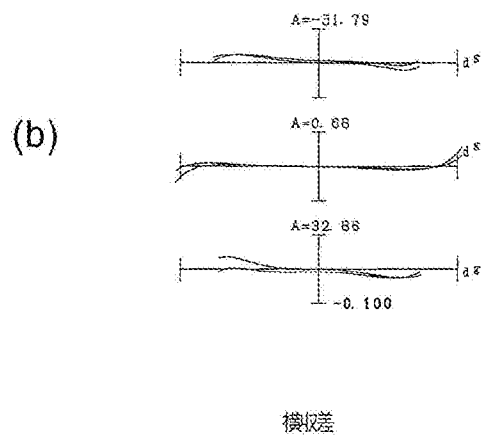
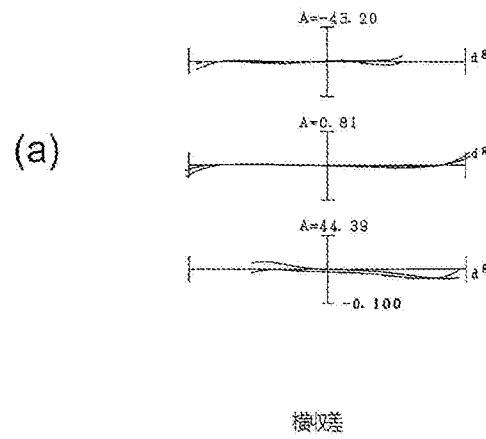
[図26]



[図27]



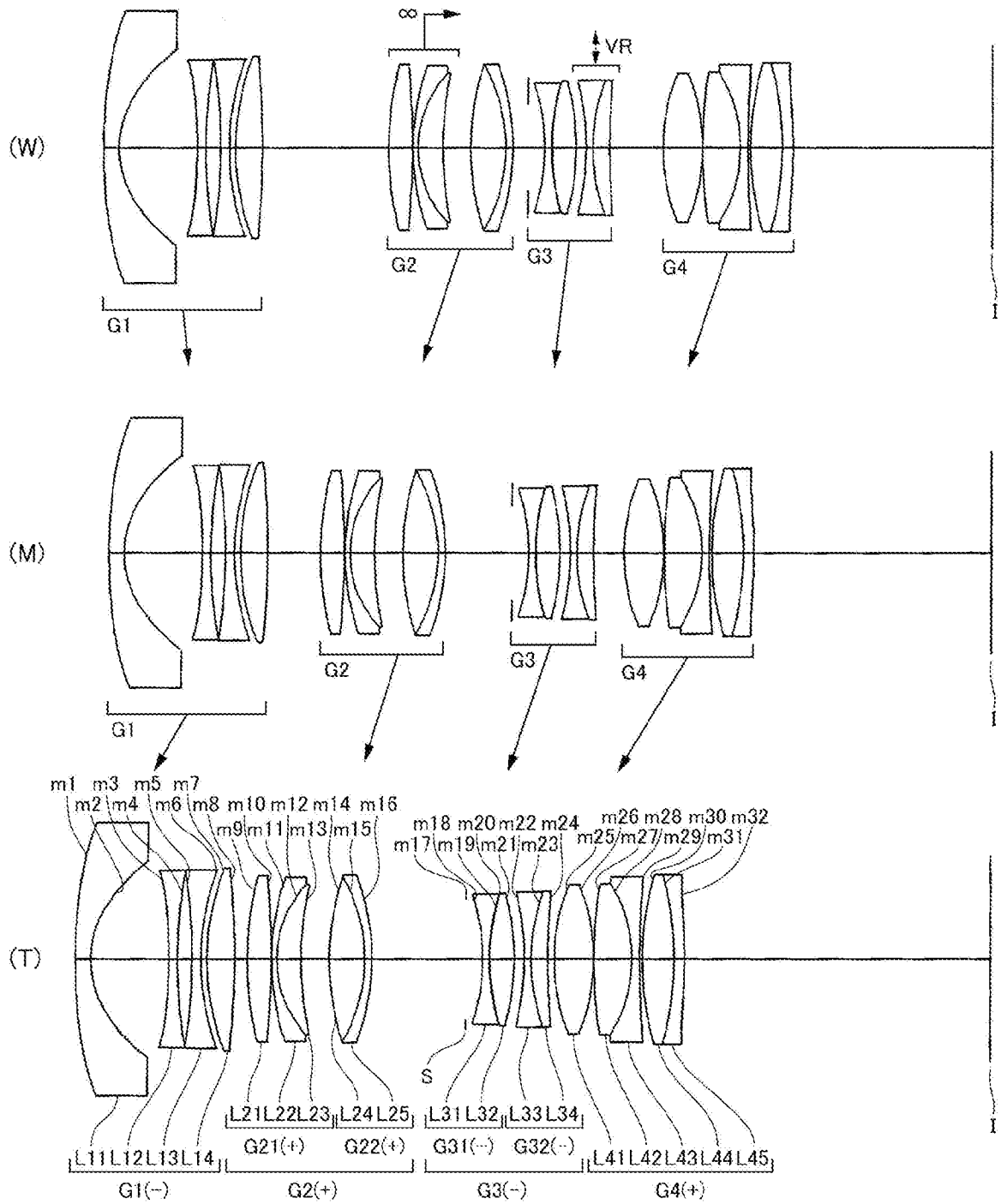
[図28]



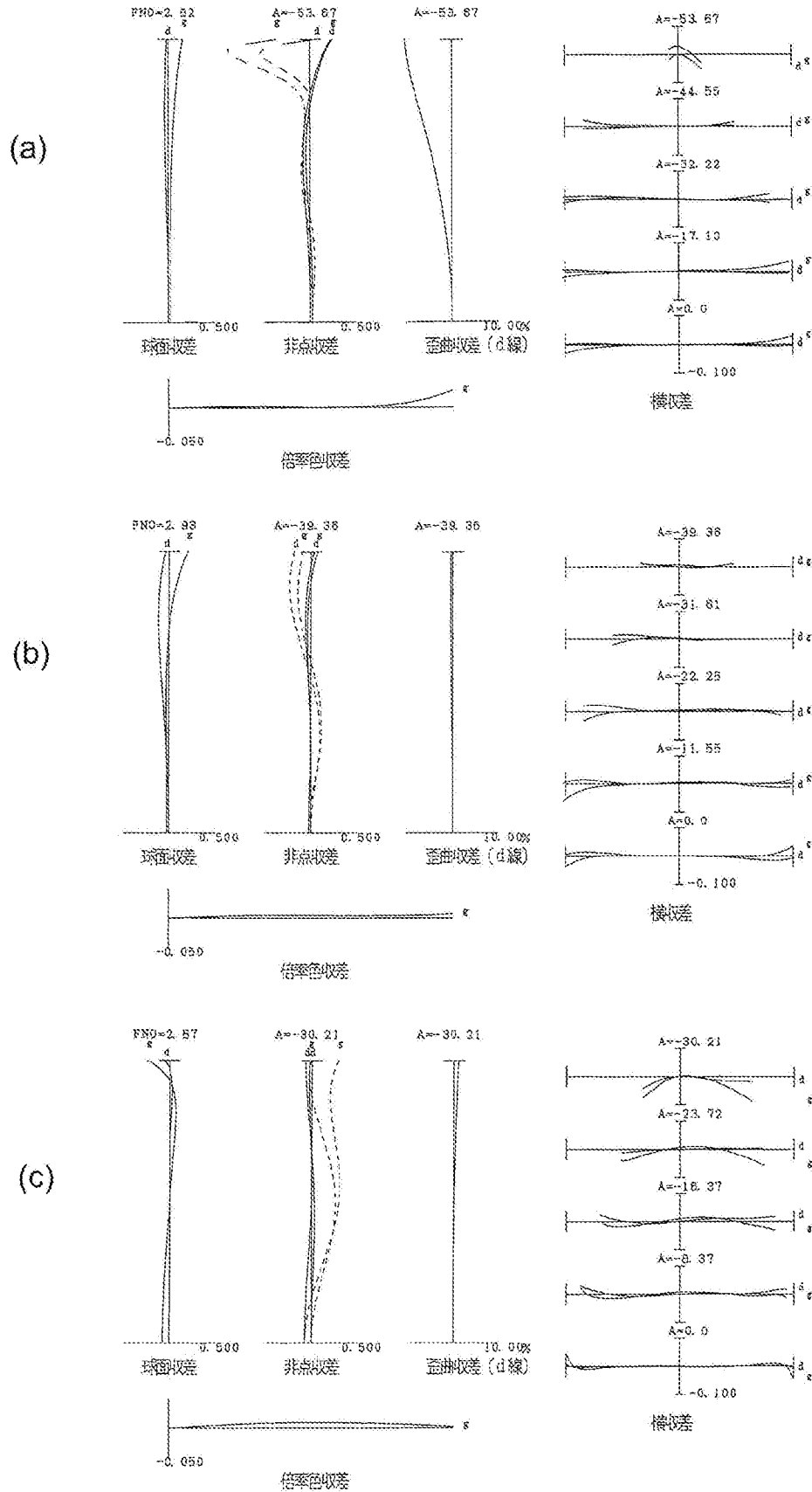
[図29]

(第8実施例)

ZL(ZL8)

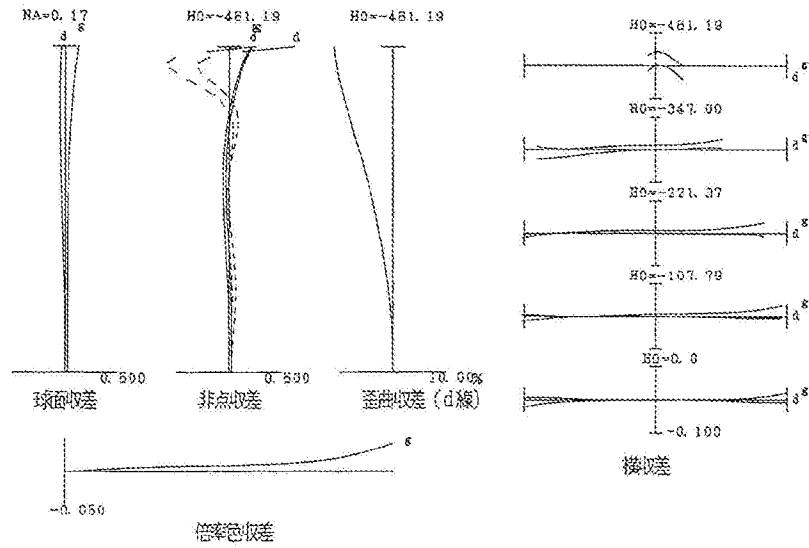


[図30]

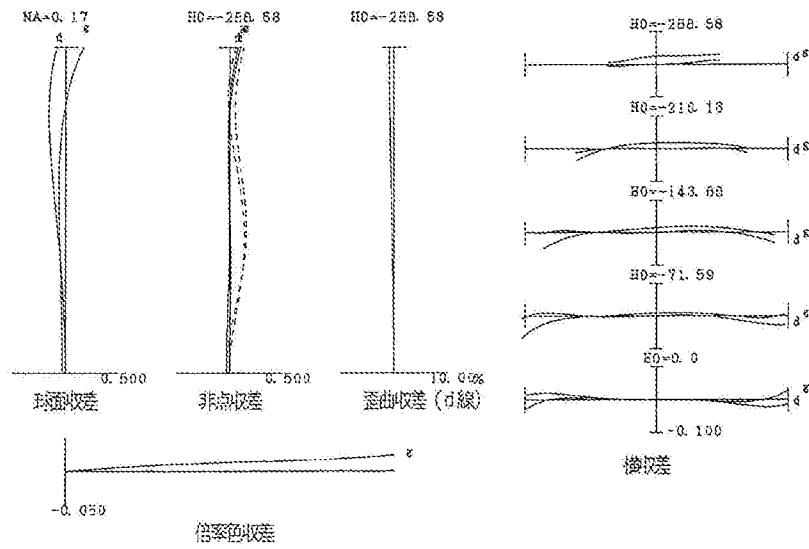


[図31]

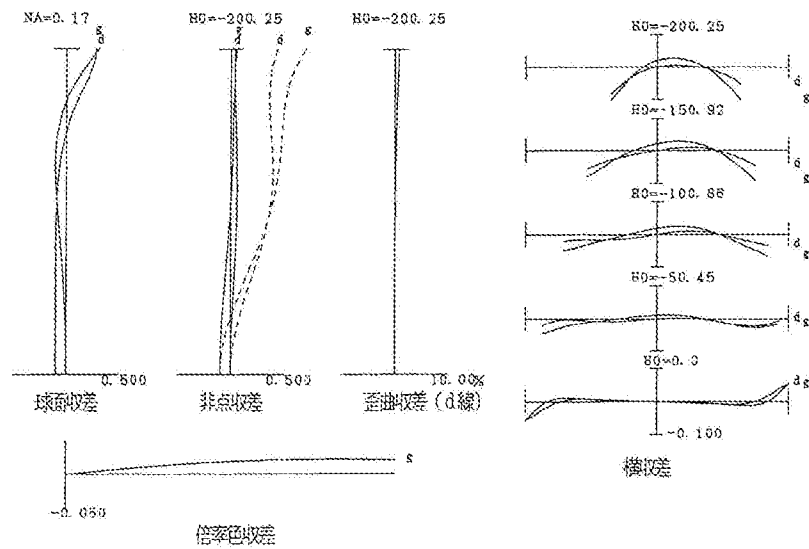
(a)



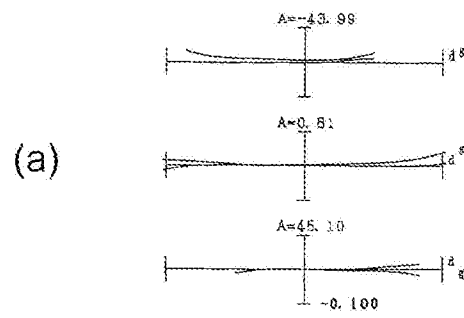
(b)



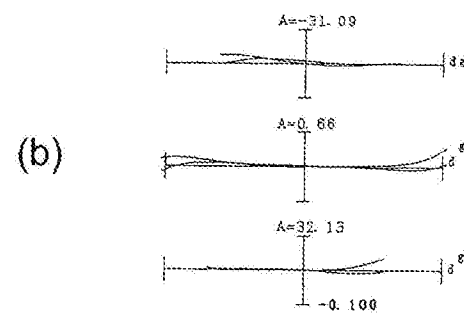
(c)



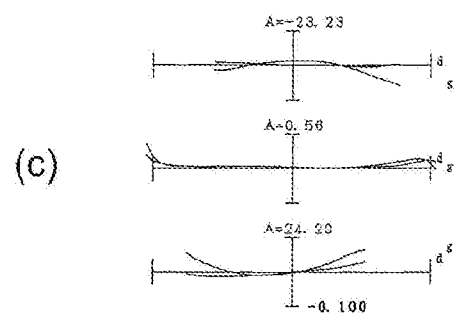
[図32]



横収差



横収差

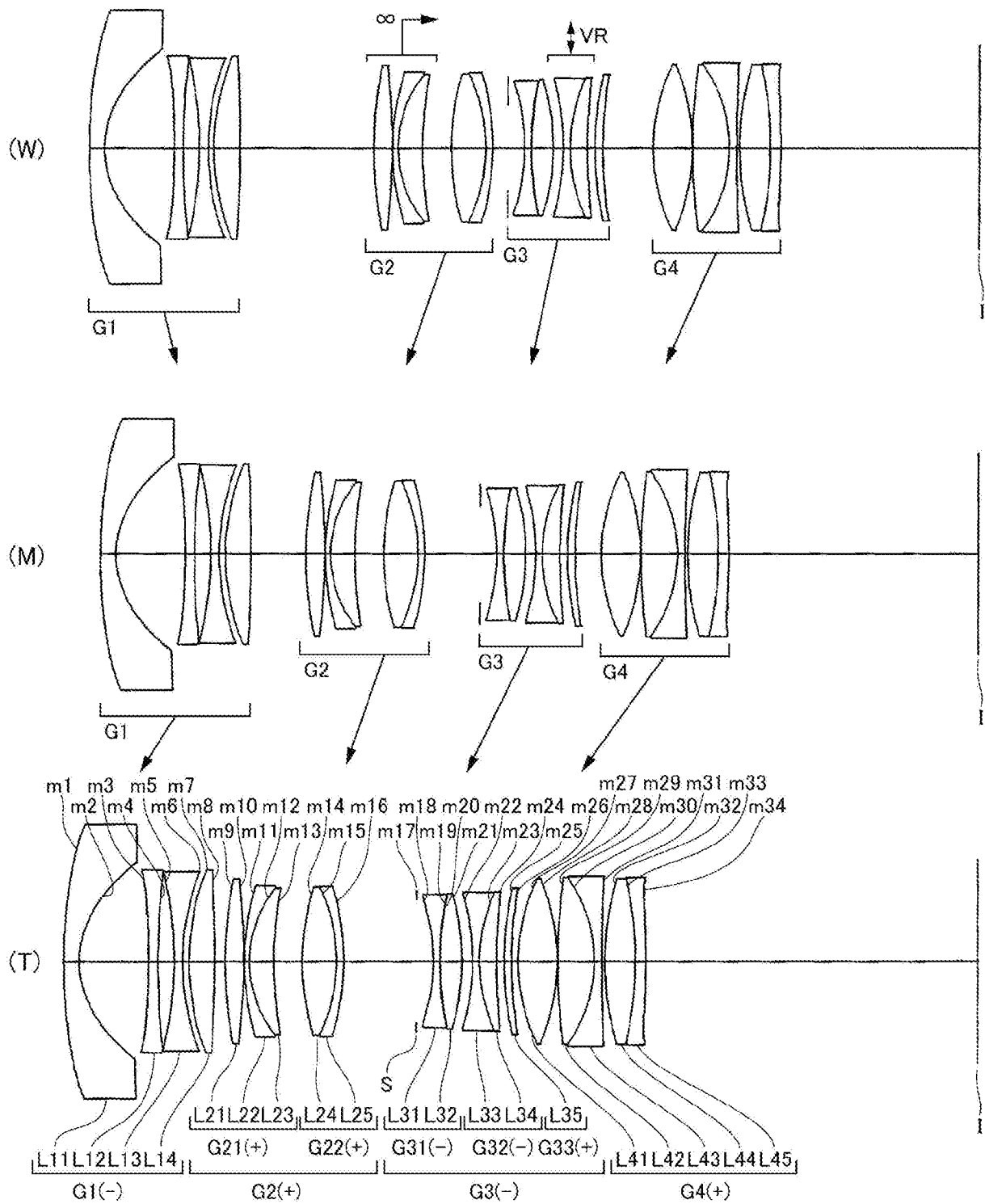


横収差

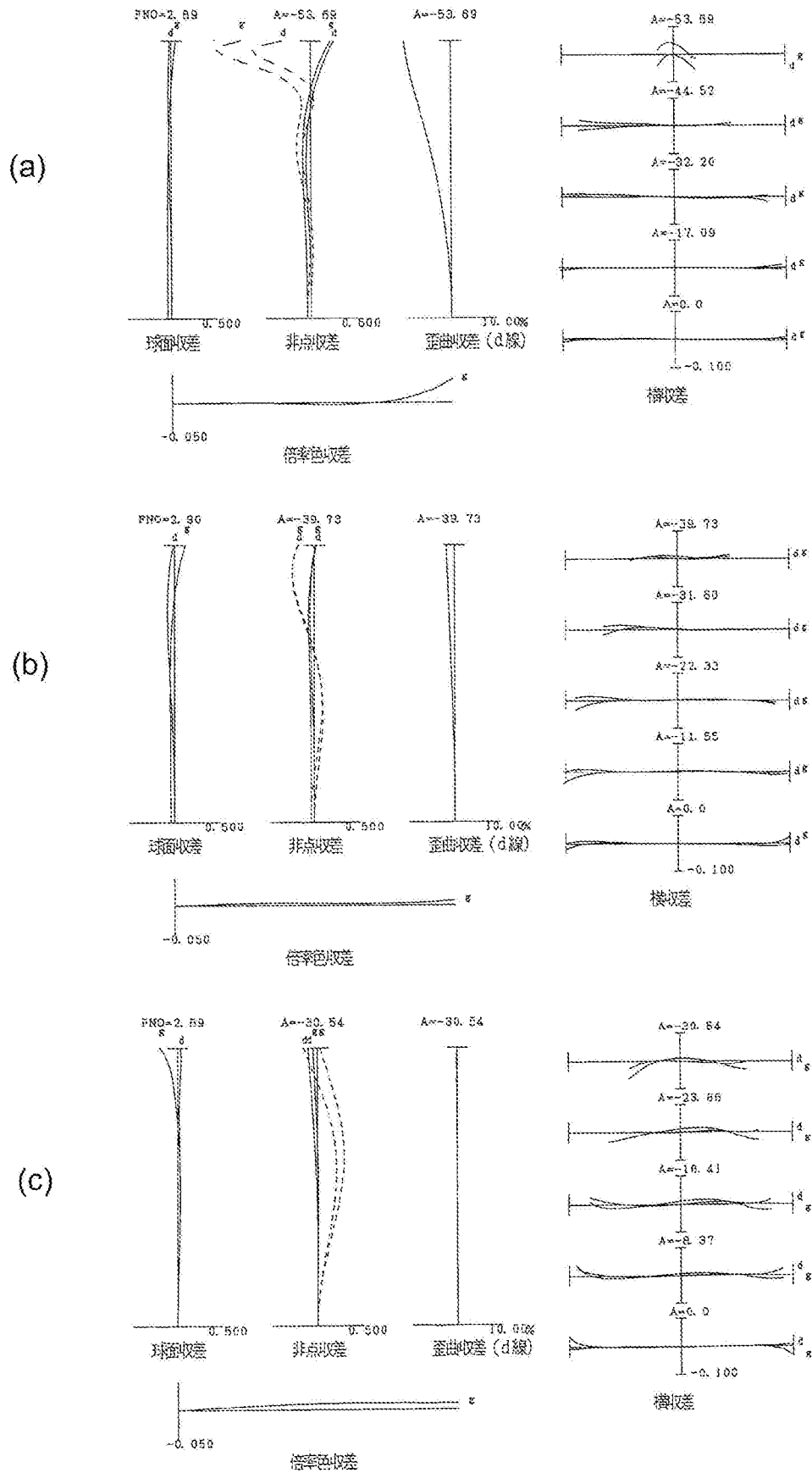
[図33]

(第9実施例)

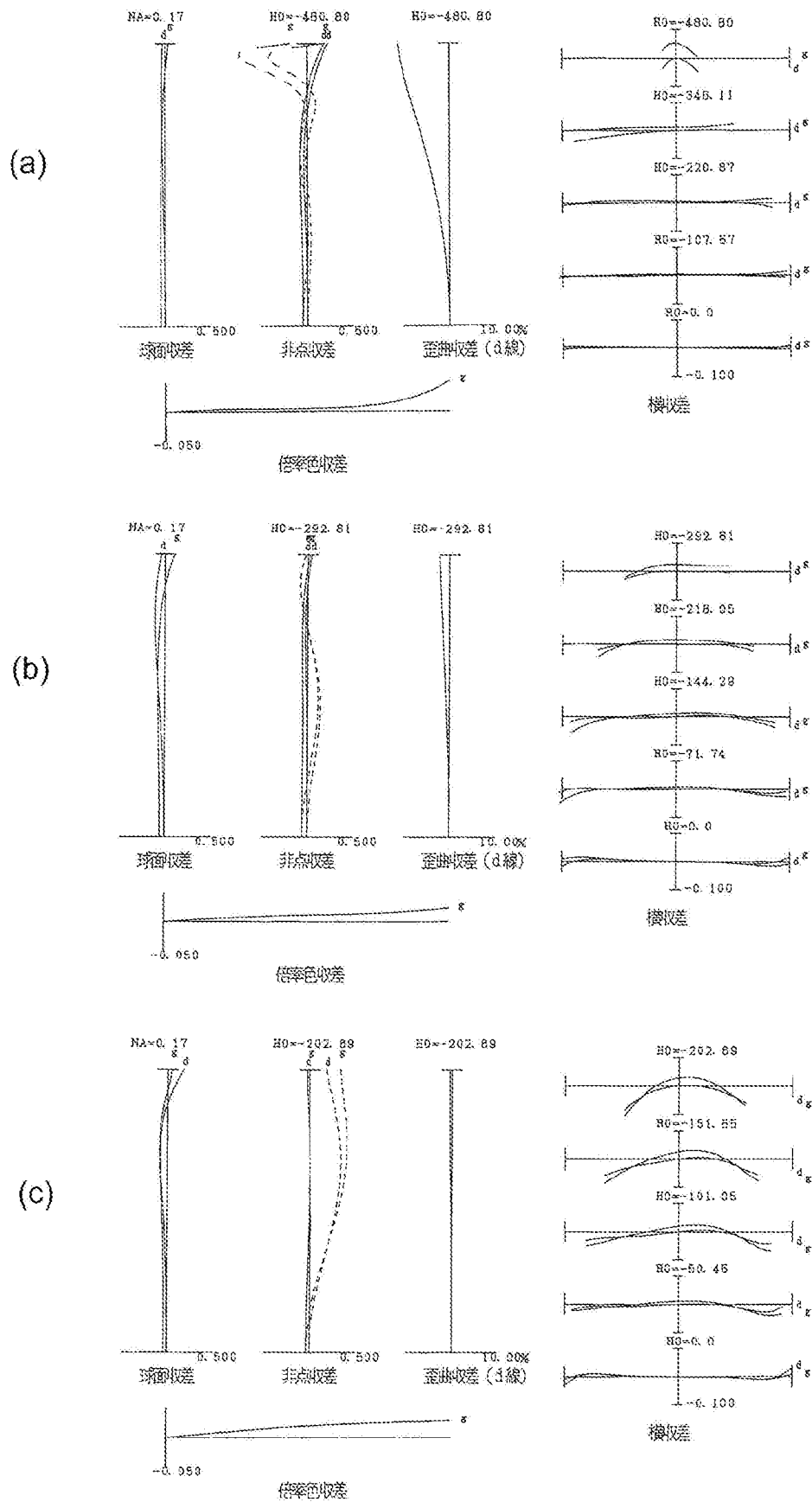
ZL(ZL9)



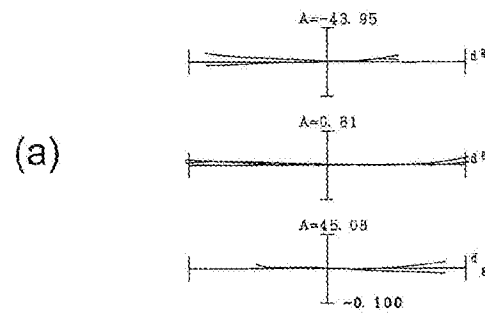
[図34]



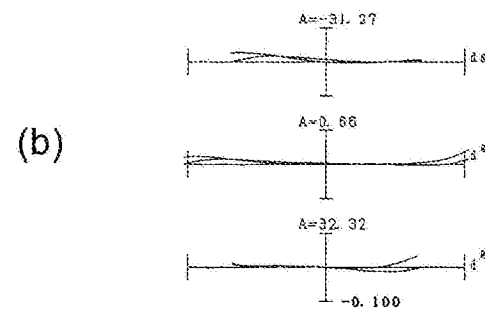
[図35]



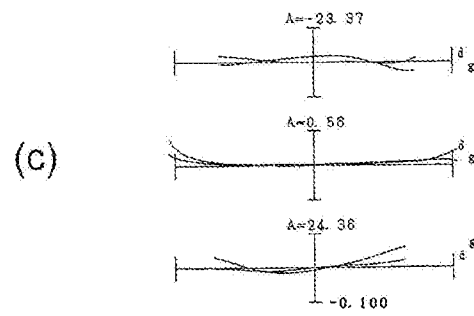
[図36]



横収差



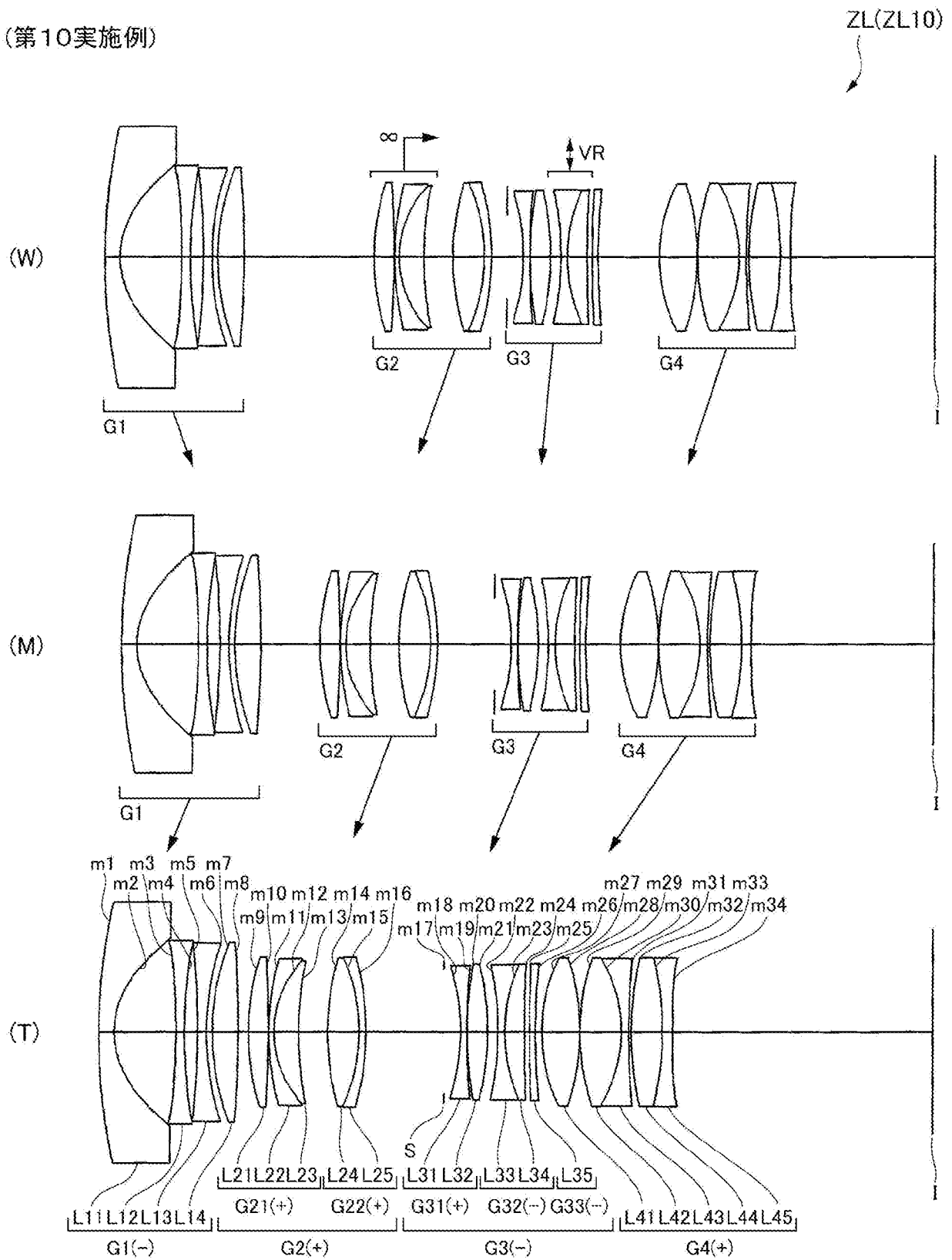
横収差



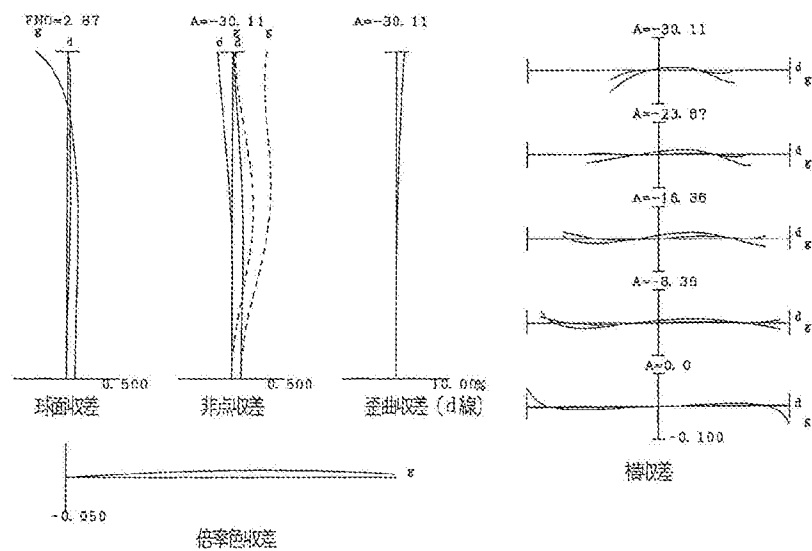
横収差

[図37]

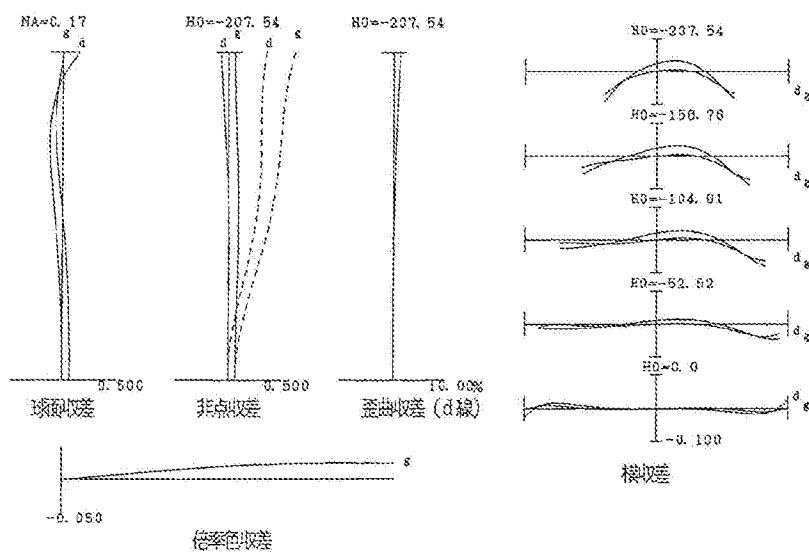
(第10実施例)



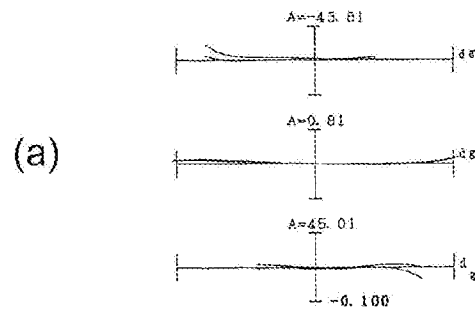
(a)



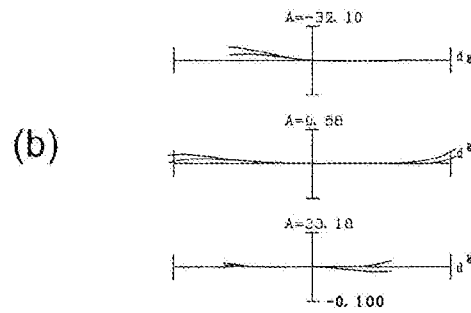
(a)



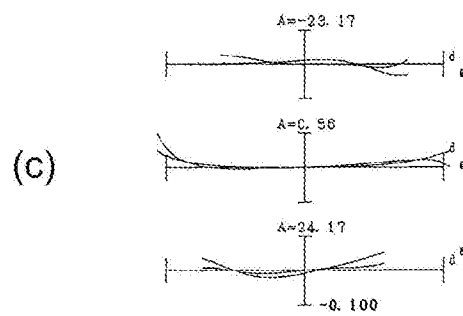
[図40]



横収差



横収差

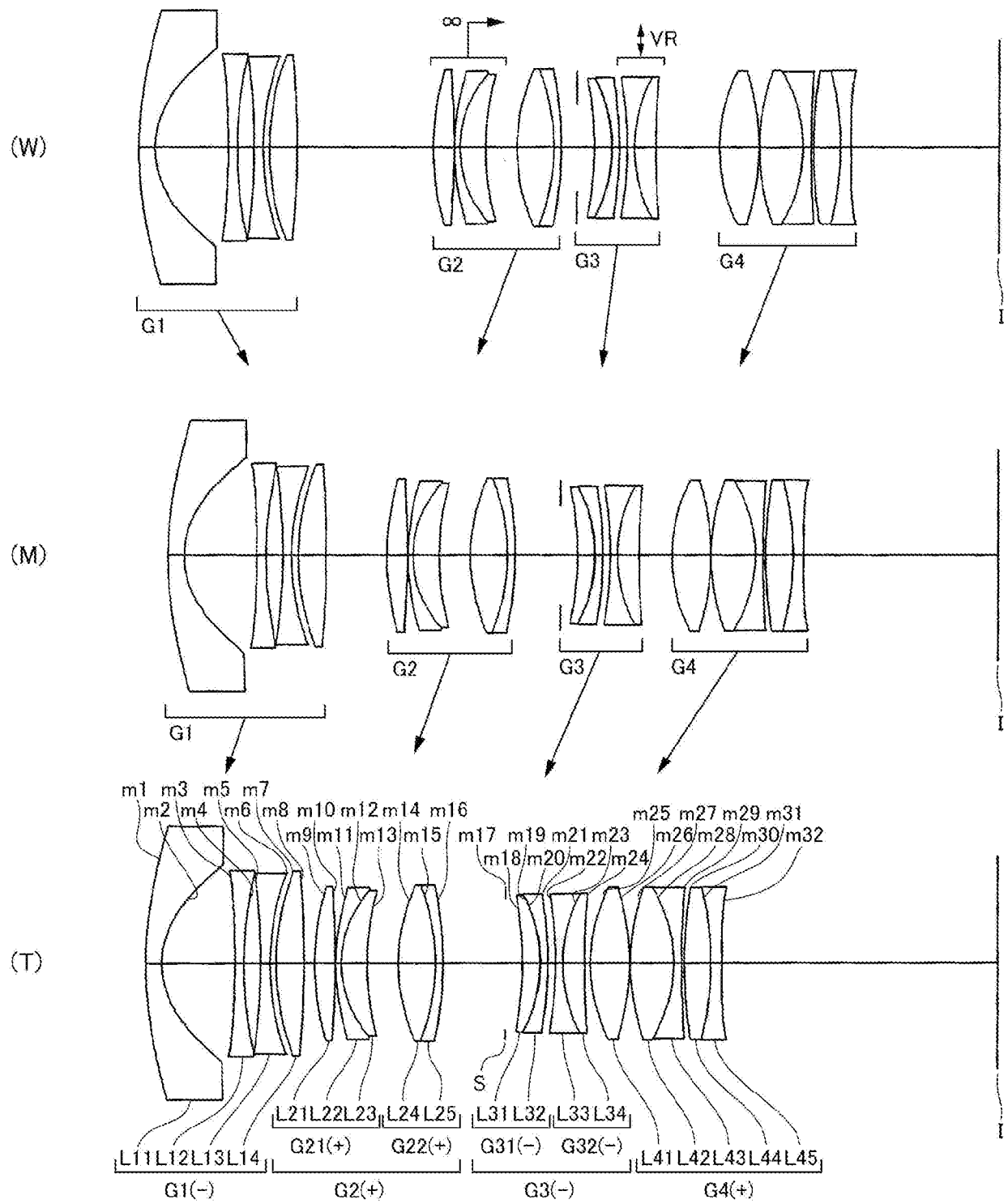


横収差

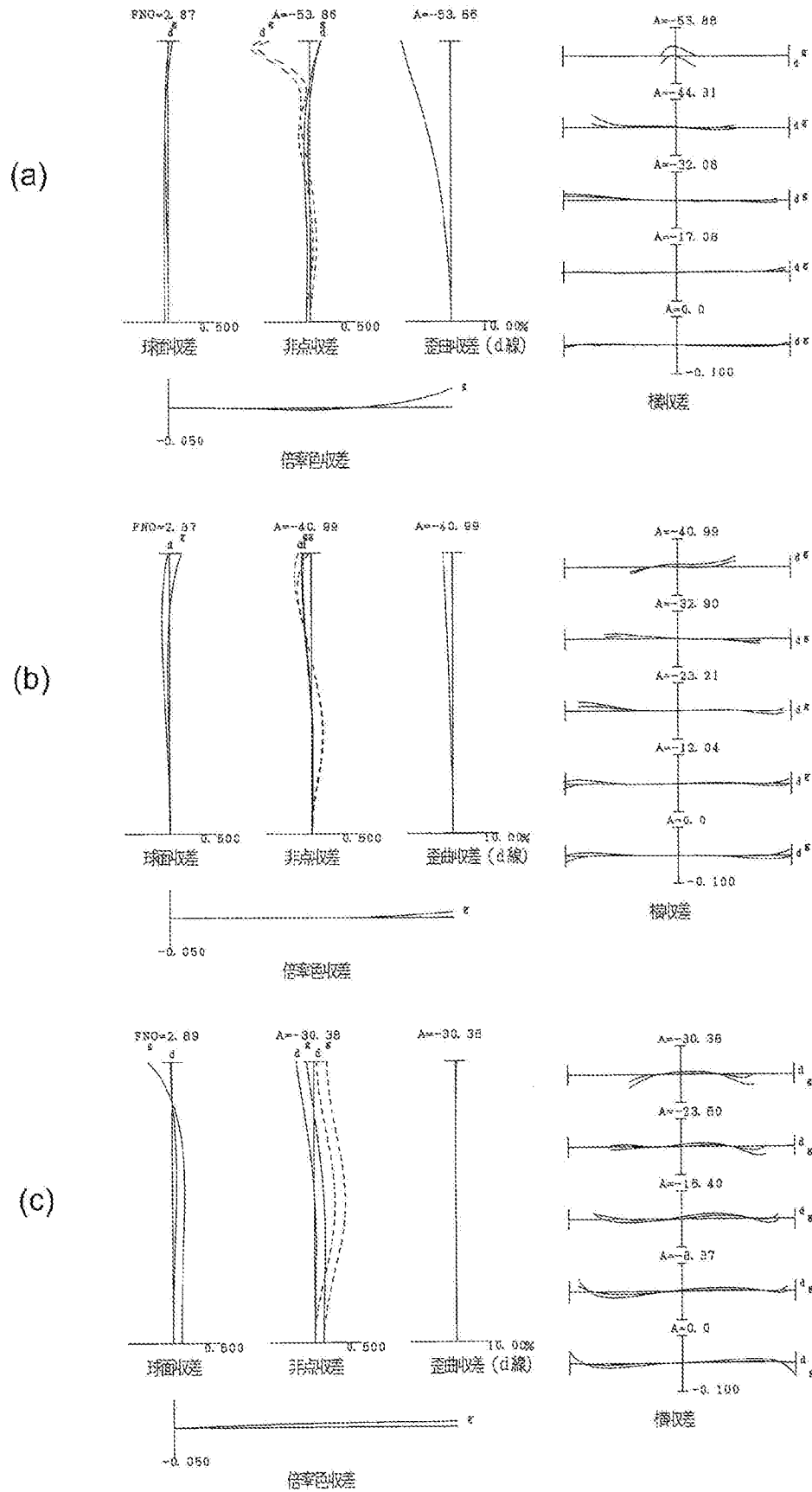
[図41]

(第11実施例)

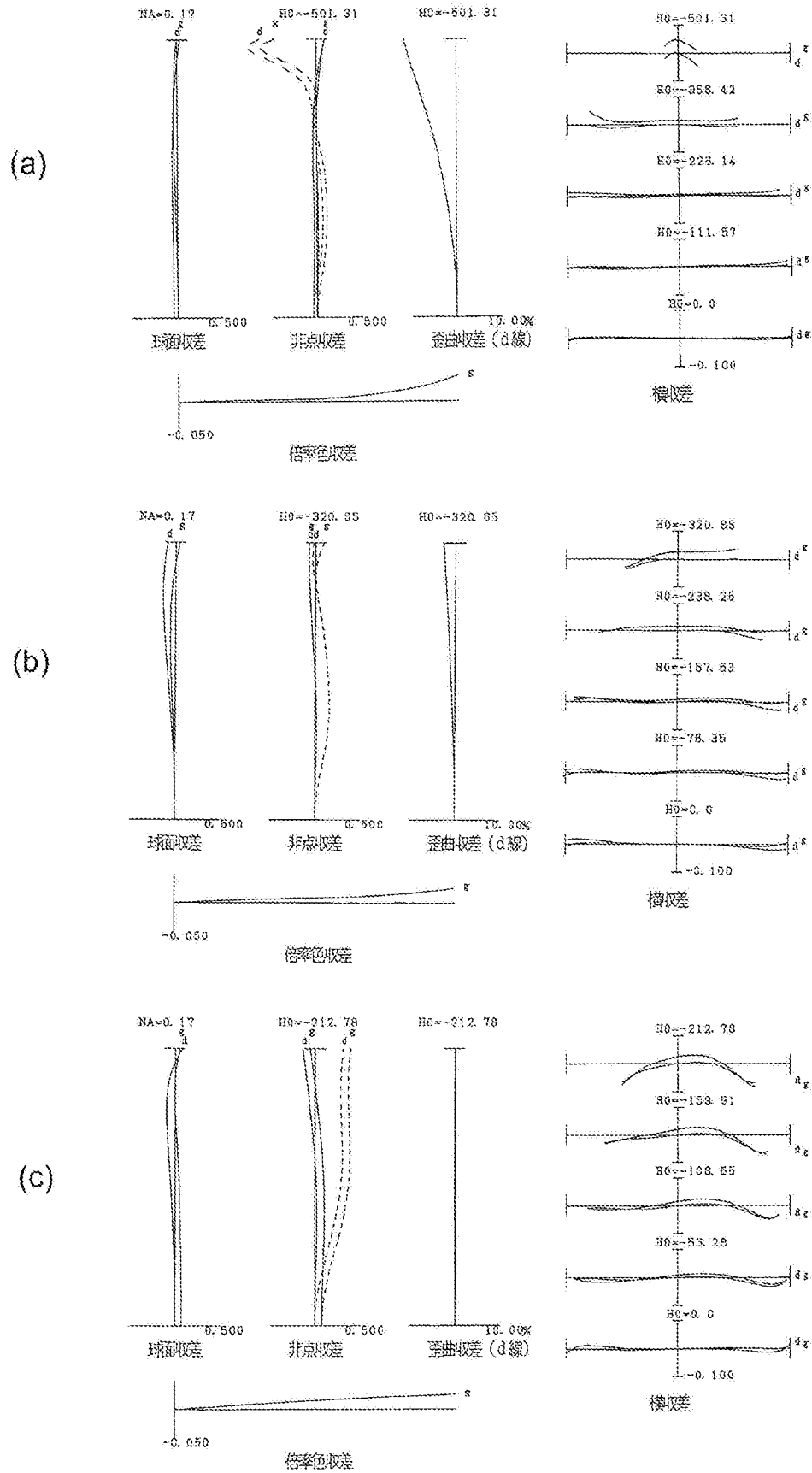
ZL(ZL11)



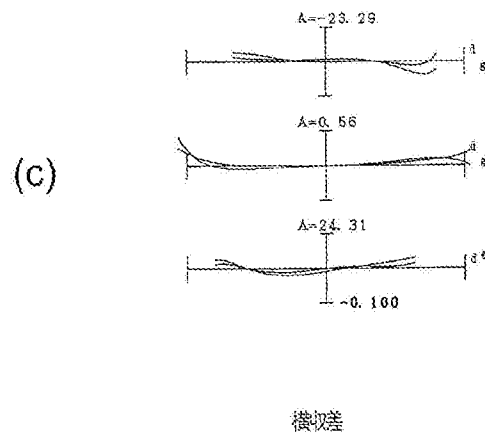
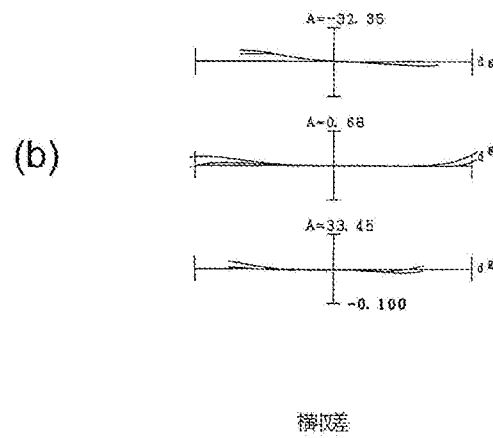
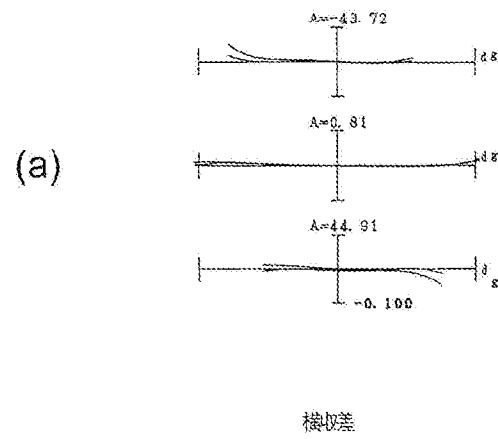
[図42]



[図43]

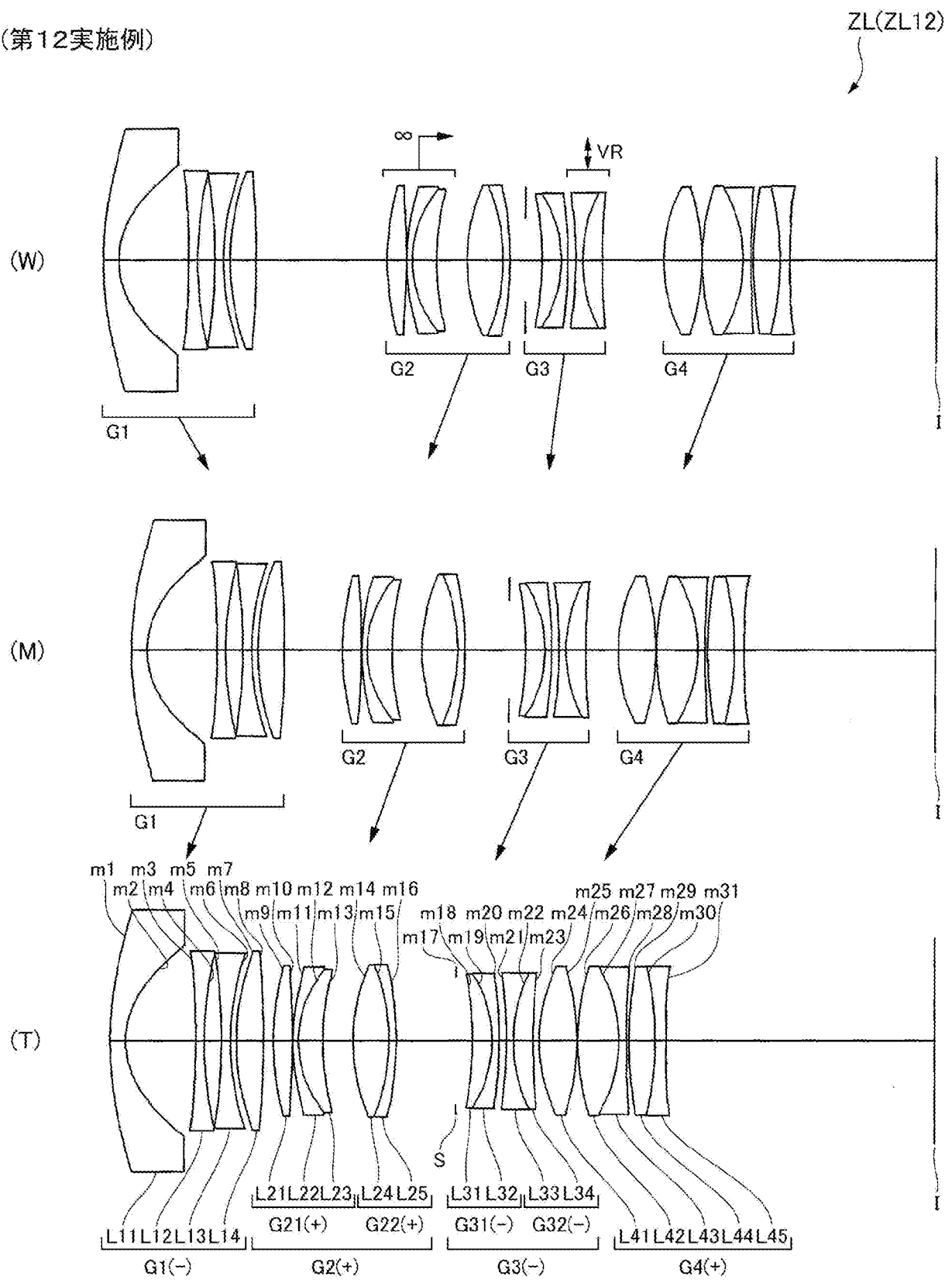


[図44]

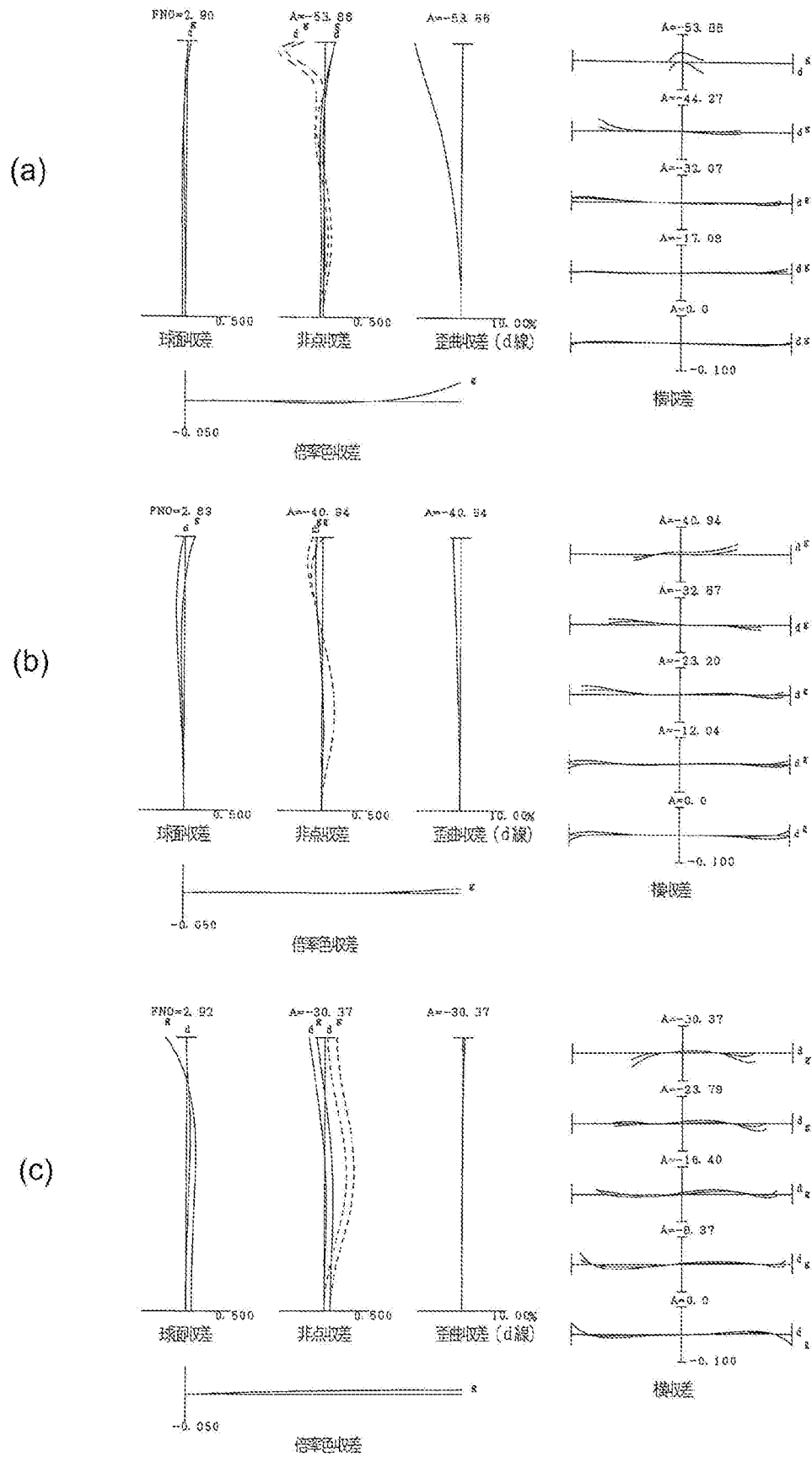


[図45]

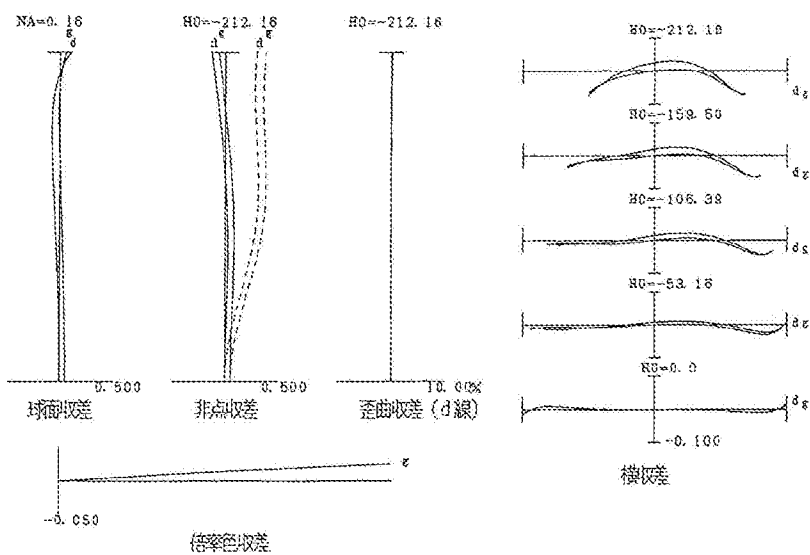
(第12実施例)



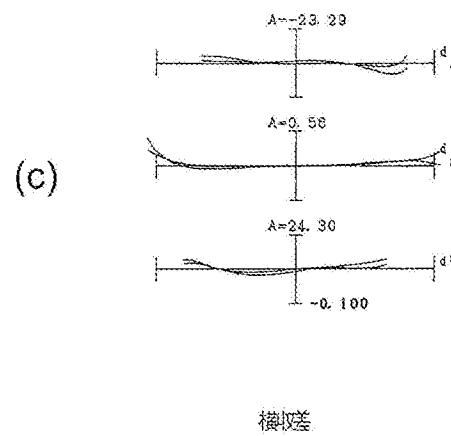
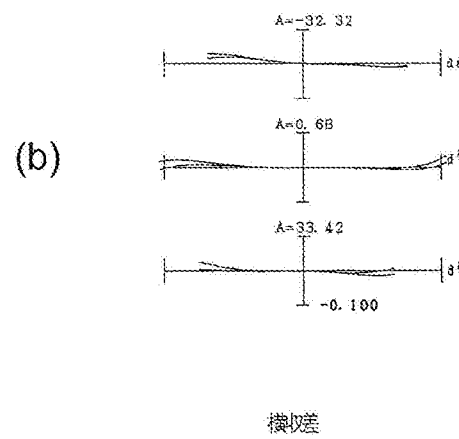
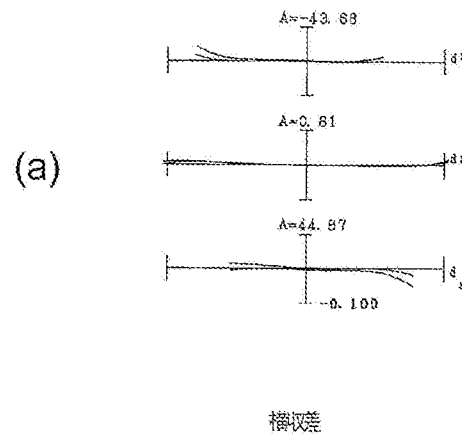
[図46]



(a)



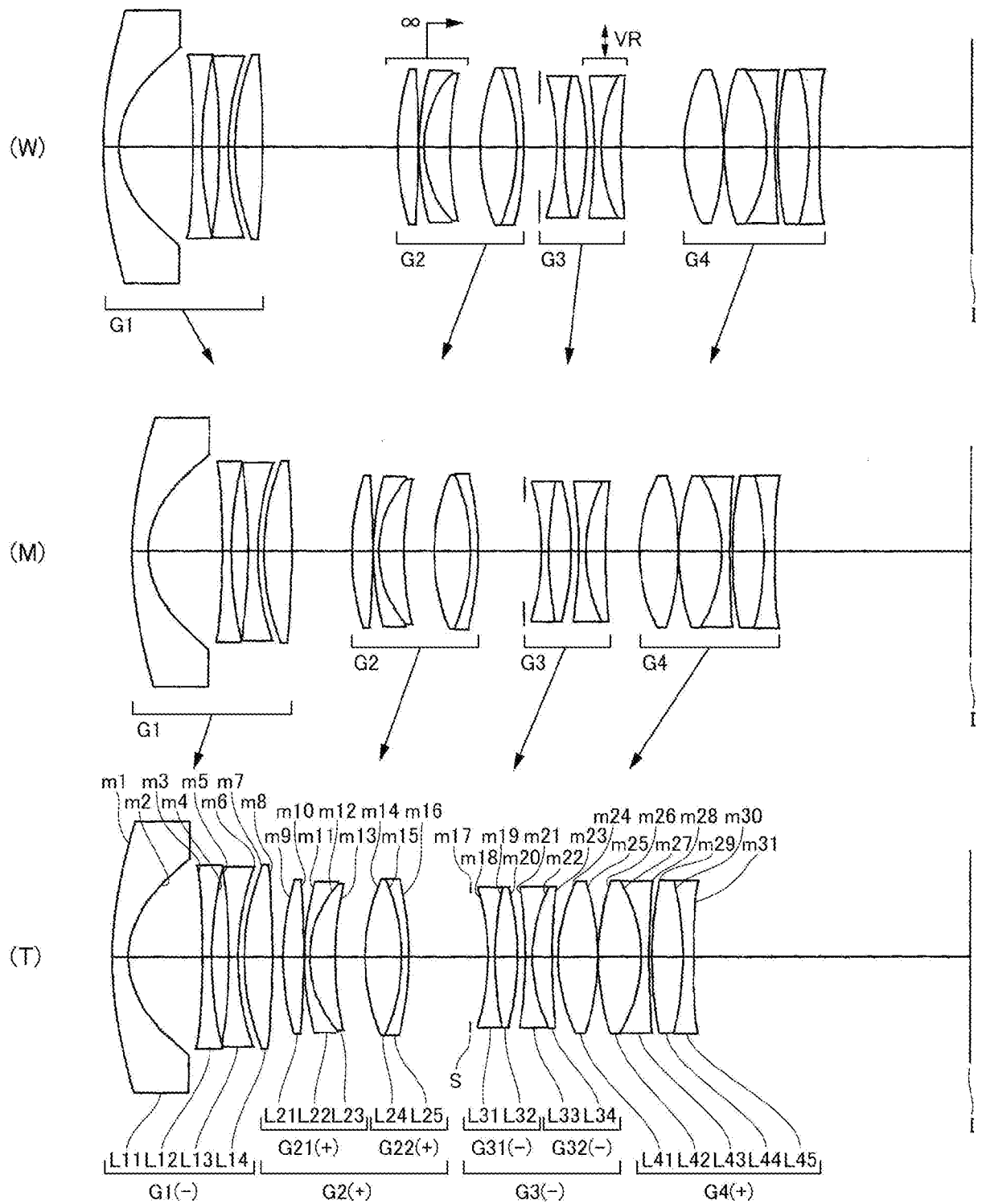
[図48]



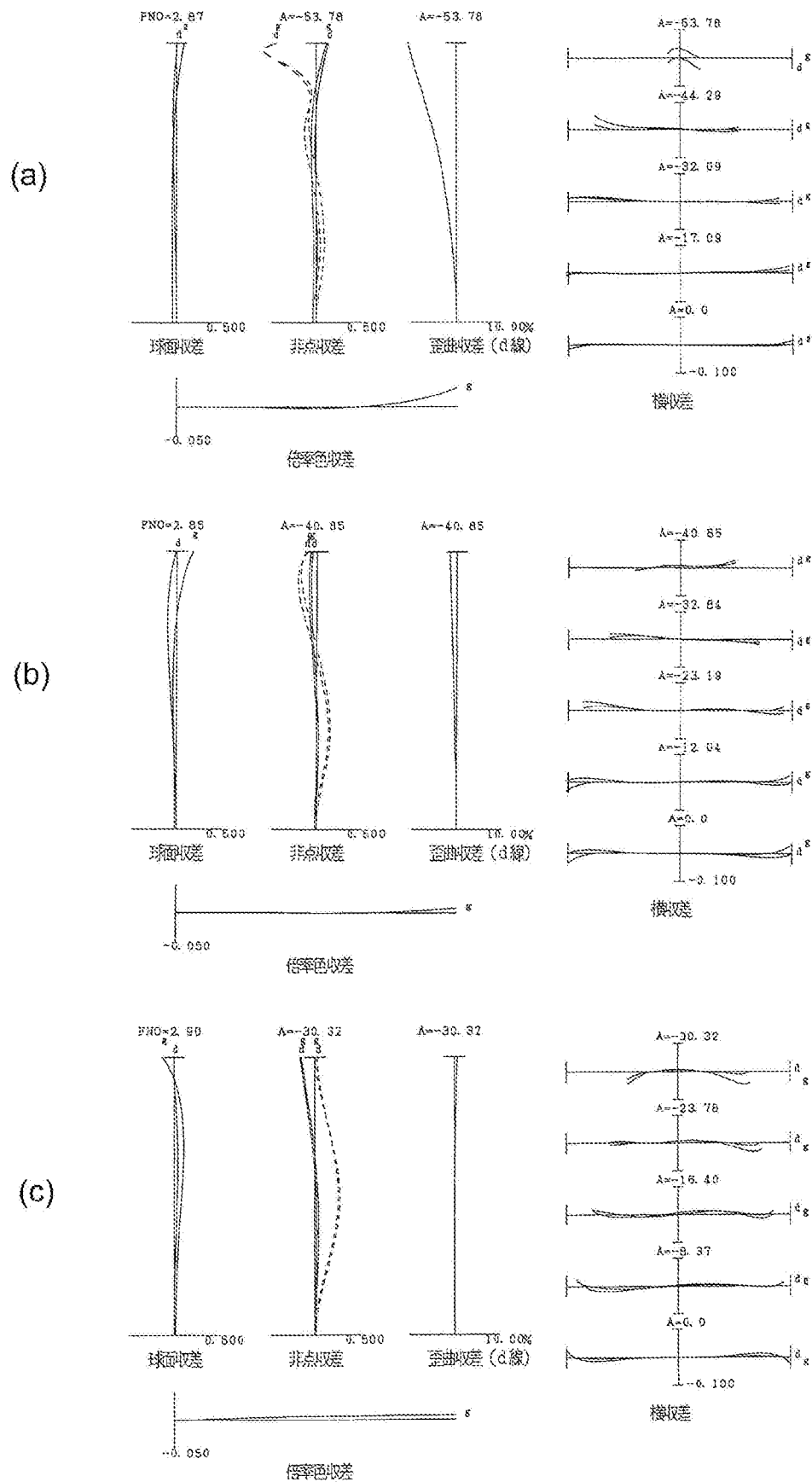
[図49]

(第13実施例)

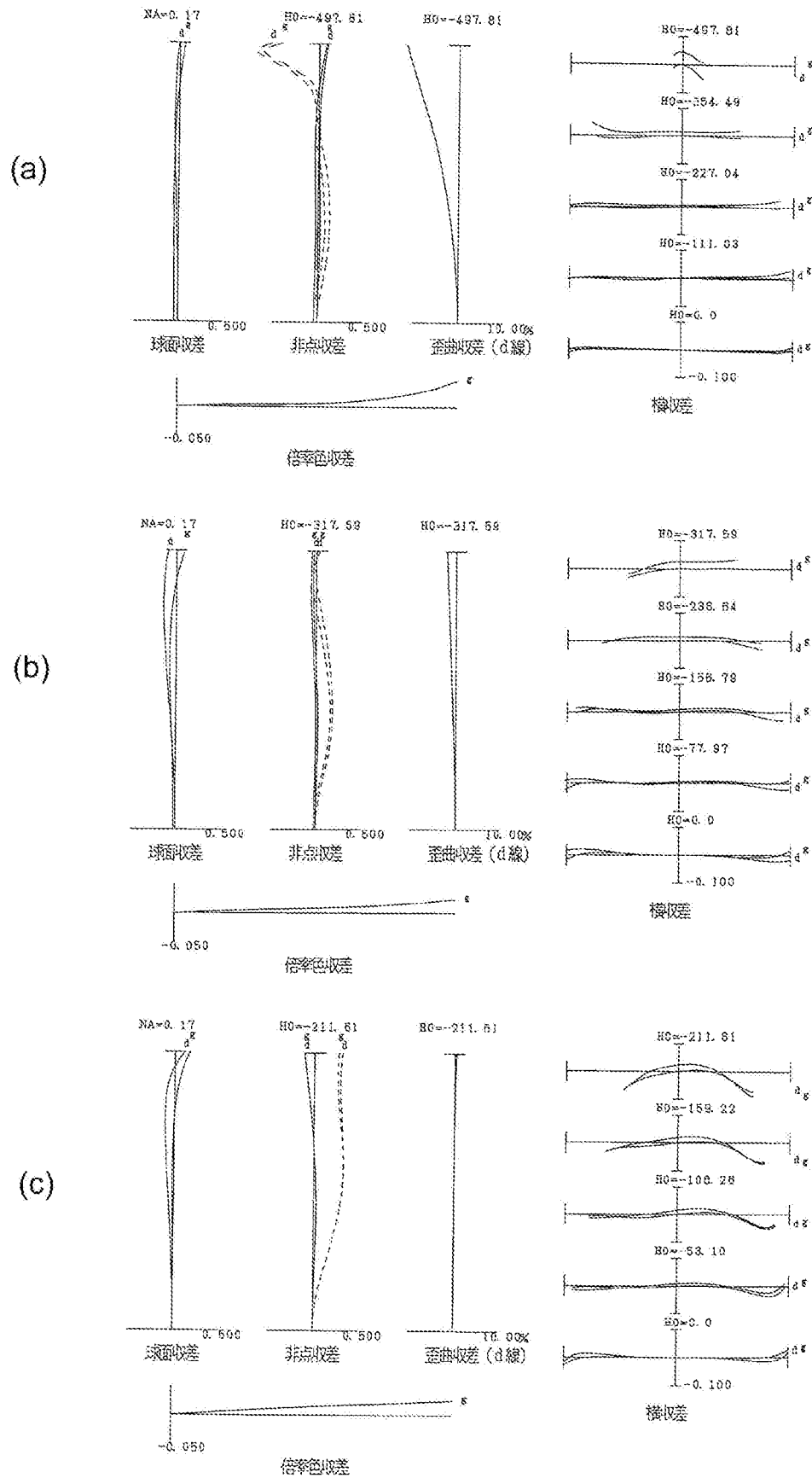
ZL(ZL13)



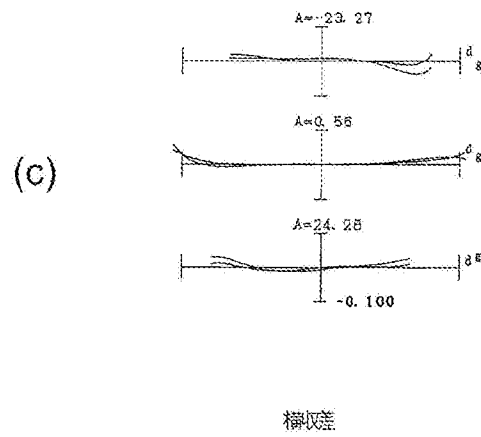
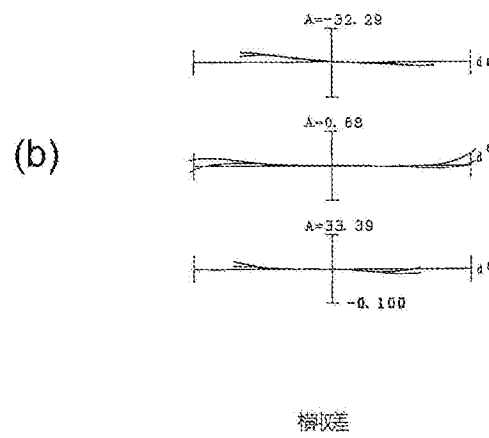
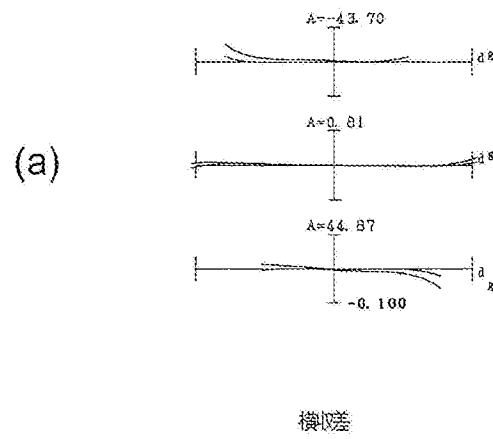
[図50]



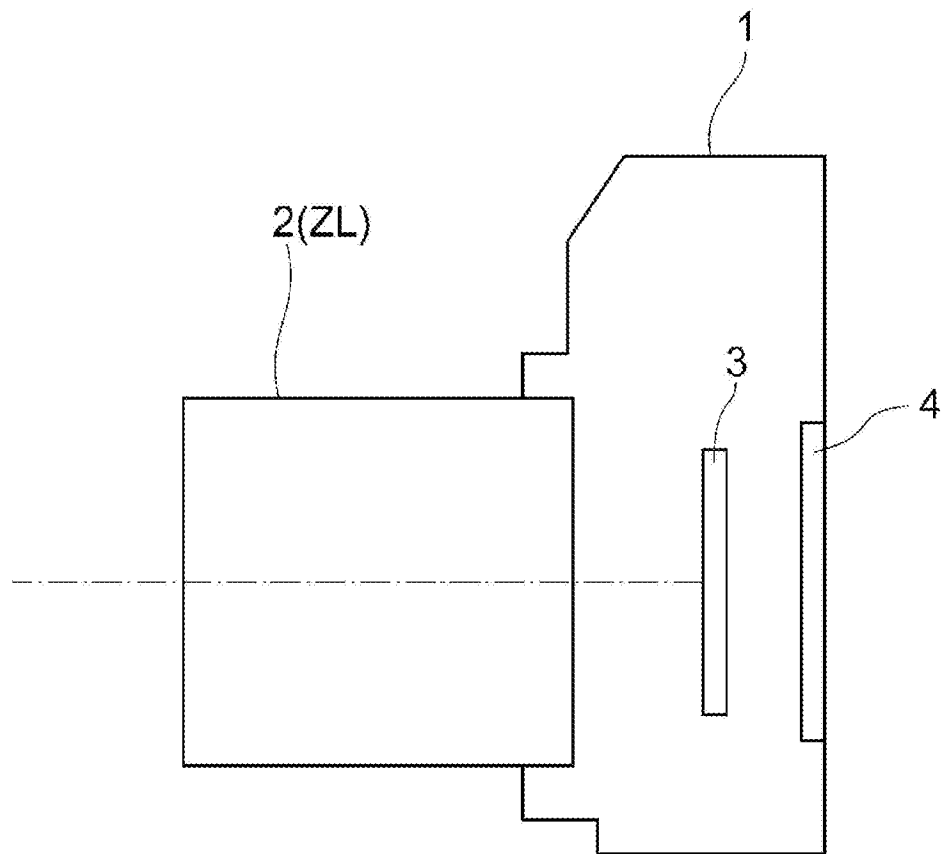
[図51]



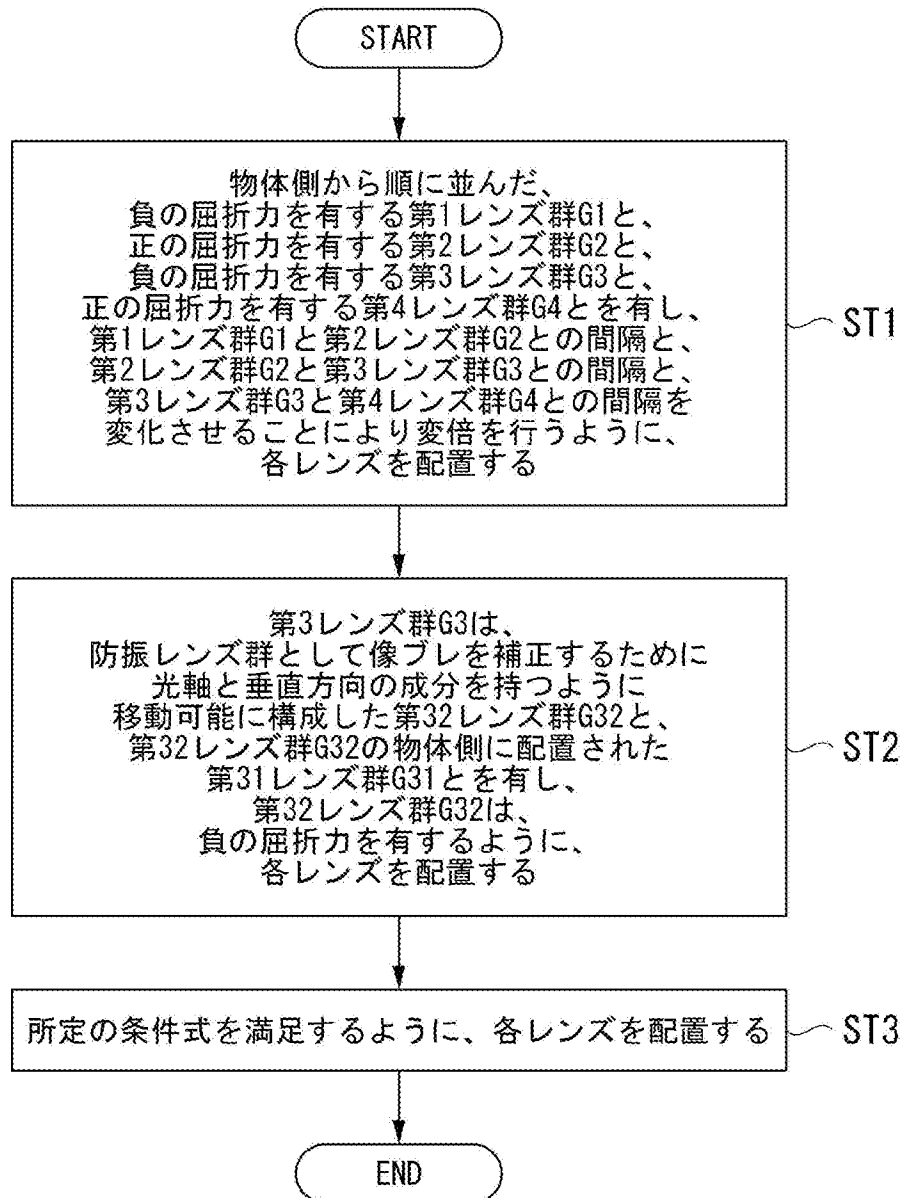
[図52]



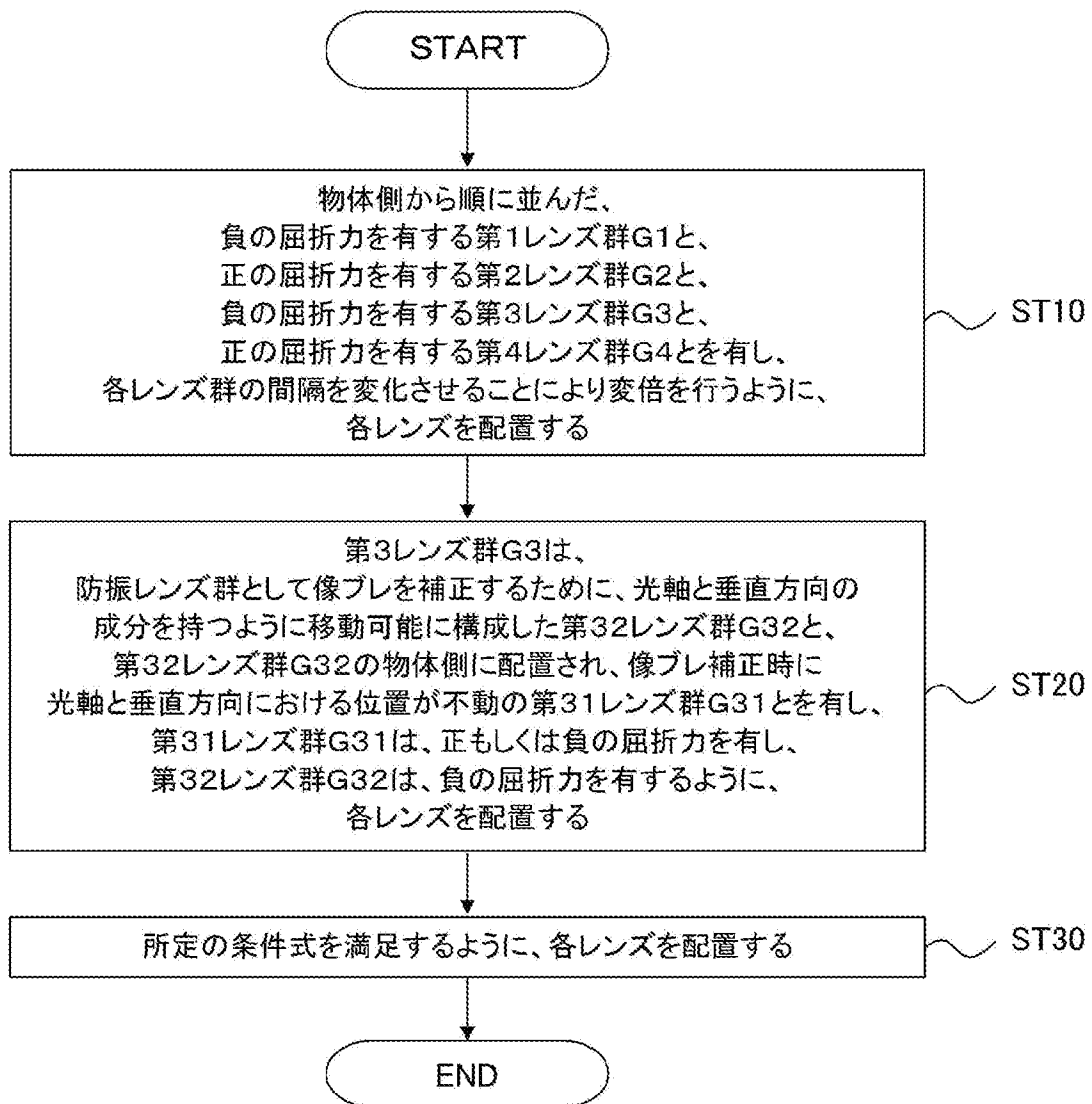
[図53]



[図54]



[図55]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052665

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

G02B15/20, G02B13/18

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y	JP 11-231220 A (Canon Inc.), 27 August 1999 (27.08.1999), claims 1, 7, 10 to 11; examples 2 to 4 (Family: none)	1-3, 9-13 1-13
X A	JP 2008-176271 A (Nikon Corp.), 31 July 2008 (31.07.2008), 2nd, 5th examples; paragraph [0107] & US 2009/0231708 A1 examples 6, 9; paragraph [0331] & WO 2008/010563 A1 & EP 2045639 A1 & CN 101490594 A	1, 4, 7-13 2-3, 5-6

☒ 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

"I" 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
20 April 2016 (20.04.16)

Date of mailing of the international search report
10 May 2016 (10.05.16)

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/JP2016/052665

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-049843 A (Nikon Corp.), 24 February 2005 (24.02.2005), 1st to 10th examples & US 2005/0013015 A1 examples 1 to 10 & CN 1576942 A	1-2, 4, 7-13 3, 5-6
Y A	JP 2005-107036 A (Nikon Corp.), 21 April 2005 (21.04.2005), 1st to 4th examples (Family: none)	1-2, 4, 7-13 3, 5-6
Y A	JP 5-173071 A (Nikon Corp.), 13 July 1993 (13.07.1993), 3rd example & US 5276553 A Embodiment 3	1-2, 4-6, 9-13 3, 7-8
Y A	JP 2007-010913 A (Pentax Corp.), 18 January 2007 (18.01.2007), examples 3, 6 & US 2007/0002458 A1 Embodiment 3, 6	1-4, 7-13 5-6
Y A	JP 2009-042527 A (Canon Inc.), 26 February 2009 (26.02.2009), example 2 (Family: none)	1-3, 9-13 4-8
Y A	JP 5-019169 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 29 December 1993 (29.12.1993), examples 3, 4 & US 5416639 A Embodiment 6, 7	1, 3-5, 9-13 2, 6-8
X A	JP 2012-068303 A (Nikon Corp.), 05 April 2012 (05.04.2012), 1st example; paragraph [0018] & US 2012/0069441 A1 example 1; paragraph [0041] & CN 102411196 A	1-2, 4, 7-13 3, 5-6

Subject to be covered by this search:

Concerning the lens configuration of a variable power optical system, described in claims 1 and 13 is "having a first lens group..., a second lens group..., a third lens group..., and a fourth lens group..., which are arranged sequentially in that order from an object." It is thus understood that the inventions of claims 1 and 13 may also include a variable power optical system with another lens group added to the variable power optical system of the four-group configuration. However, disclosed in the description as a specific example of an optical system is only a variable power optical system which comprises sequentially from an object: a first lens group having negative refractive power, a second lens group having positive refractive power, a third lens group having negative refractive power, and a fourth lens group having positive refractive power.

Furthermore, in the technical field of optics, it is common general knowledge that a different configuration of lenses constituting an optical system typically leads to a different optical performance such as aberration, and no evidence can be found to extend or generalize the contents disclosed in the description to the extent of the inventions of claims 1 and 13.

Further, also claims dependent on claim 1 are same as said above.

Consequently, the inventions of claims 1-13 exceed the range set forth in the description of the present application, and do not comply with the requirement concerning the support prescribed under PCT Article 6.

Therefore, no meaningful search could be carried out on and thus no search was conducted on other than a variable power optical system comprising: a first lens group having negative refractive power, a second lens group having positive refractive power, a third lens group having negative refractive power, and a fourth lens group having positive refractive power, which are arranged sequentially in that order from an object.

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 11-231220 A (キヤノン株式会社) 1999. 08. 27, 請求項 1, 7, 10-11、 実施例 2-4 等（ファミリーなし）	1-3, 9-13 1-13
X A	JP 2008-176271 A (株式会社ニコン) 2008. 07. 31, 第 2, 5 実施例、 [0107]等 & US 2009/0231708 A1, EXAMPLE 6, 9, [0331] & WO 2008/010563 A1 & EP 2045639 A1 & CN 101490594 A	1, 4, 7-13 2-3, 5-6
Y A	JP 2005-049843 A (株式会社ニコン) 2005. 02. 24, 第 1-10 実施例等 & US 2005/0013015 A1, EXAMPLE 1-10 & CN 1576942 A	1-2, 4, 7-13 3, 5-6

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.04.2016

国際調査報告の発送日

10.05.2016

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）

殿岡 雅仁

2 V

4 7 4 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-107036 A (株式会社ニコン) 2005.04.21, 第1-4 実施例等 (ファミリーなし)	1-2, 4, 7-13 3, 5-6
Y A	JP 5-173071 A (株式会社ニコン) 1993.07.13, 第3 実施例等 & US 5276553 A, Embodiment 3	1-2, 4-6, 9-13 3, 7-8
Y A	JP 2007-010913 A (ペンタックス株式会社) 2007.01.18, 実施例 3, 6 等 & US 2007/0002458 A1, Embodiment 3, 6	1-4, 7-13 5-6
Y A	JP 2009-042527 A (キヤノン株式会社) 2009.02.26, 実施例 2 等 (ファミリーなし)	1-3, 9-13 4-8
Y A	JP 5-019169 A (オリンパス光学工業株式会社) 1993.12.29, 実施例 3, 4 等 & US 5416639 A, Embodiment 6, 7	1, 3-5, 9-13 2, 6-8
X A	JP 2012-068303 A (株式会社ニコン) 2012.04.05, 第1 実施例、[0018]等 & US 2012/0069441 A1, Example 1, [0041] & CN 102411196 A	1-2, 4, 7-13 3, 5-6

<調査対象について>

請求項1, 13には、変倍光学系のレンズ構成に関して、「物体側から順に並んだ、…第1レンズ群と、…第2レンズ群と、…第3レンズ群と、…第4レンズ群とを有し、」という記載があり、請求項1, 13に係る発明には、4群構成の変倍光学系に、他のレンズ群を追加した変倍光学系も含まれると解されるが、明細書には、光学系の具体例として、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とから構成される変倍光学系が記載されているのみである。

そして、光学の技術分野においては、光学系を構成するレンズ構成が異なると、一般に、収差等の光学性能が異なることが技術常識であり、また、請求項1, 13に係る発明の範囲まで、明細書に開示された内容を拡張ないし一般化するための根拠も見いだせない。

また、請求項1に従属する請求項についても同様である。

したがって、請求項1－13に係る発明は、明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

よって、物体側から順に並んだ、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負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レンズ群とから構成される変倍光学系以外の変倍光学系については、有意義な調査を行うことができないため、調査を行わなかった。