

(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12月8日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/194811 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/JP2016/065715
- (22) 国際出願日: 2016年5月27日(27.05.2016)
- (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 2015-109802 2015年5月29日(29.05.2015) 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15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山口 悟史(YAMAGUCHI, Satoshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大西 正悟, 外(OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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).

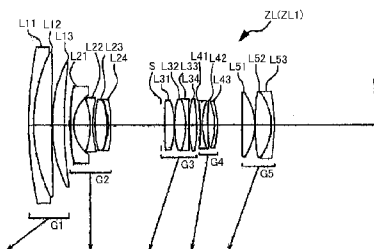
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

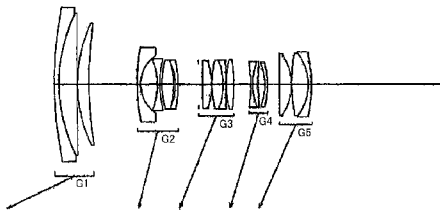
(54) Title: VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL SYSTEM, OPTICAL COMPONENT, AND VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL SYSTEM MANUFACTURING METHOD

(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

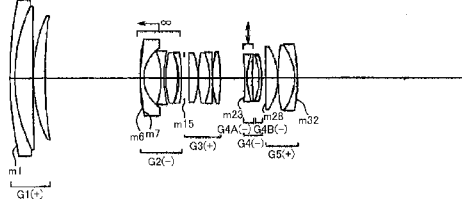
(W)



(M)



(T)



(57) Abstract: A variable magnification optical system (ZL) includes the following, along the light axis and in order from the object side: a first lens group (G1) having a positive refractive power; a second lens group (G2) having a negative refractive power; a third lens group (G3) having a positive refractive power; a fourth lens group (G4) having a negative refractive power; and a fifth lens group (G5) having a positive refractive power. When magnification is varied from the wide angle end state to the telescopic end state, each lens group moves along the optical axis so that the spaces between the lens groups change. The fifth lens group (G5) has at least one positive lens and one negative lens, and a prescribed conditional formula is satisfied.

(57) 要約: 光軸に沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群(G1)と、負の屈折力を有する第2レンズ群(G2)と、正の屈折力を有する第3レンズ群(G3)と、負の屈折力を有する第4レンズ群(G4)と、正の屈折力を有する第5レンズ群(G5)と、を有し、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、各レンズ群の間隔が変化するように、各レンズ群が光軸に沿って移動する変倍光学系(ZL)は、第5レンズ群(G5)が、正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ有し、所定の条件式を満足する。

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。

背景技術

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

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-352057号公報

[0004] しかしながら、従来の変倍光学系は、さらなる高変倍化・大画角化を図ると、大型化し且つ良好な光学性能を達成できないという課題があった。

発明の概要

[0005] 本発明に係る変倍光学系は、光軸に沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、を有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が変化するように、各レンズ群が光軸に沿って移動し、第5レンズ群は、正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ有し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$0.80 < (-f_4) / f_{5w} < 2.50$$

$$FN_w < 3.50$$

但し、

f_4 ：第4レンズ群の焦点距離

f_{5w} ：広角端状態における第5レンズ群を含む像側の光学系の合成焦点

距離

$F N w$: 広角端状態における全系の F ナンバー

[0006] また、本発明に係る変倍光学系の製造方法は、光軸に沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、を有する変倍光学系の製造方法であって、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が変化するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように配置し、第5レンズ群に、正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ配置し、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする。

$$0.80 < (-f_4) / f_{5w} < 2.50$$

$$F N w < 3.50$$

但し、

f_4 : 第4レンズ群の焦点距離

f_{5w} : 広角端状態における第5レンズ群を含む像側の光学系の合成焦点距離

$F N w$: 広角端状態における全系の F ナンバー

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図2]第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図3]第1実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図4]第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a)

は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図5]第1実施例に係る変倍光学系の至近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態のときの諸収差図であり、(b)は中間焦点距離状態のときの諸収差図であり、(c)は望遠端状態のときの諸収差図である。

[図6]第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図7]第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図8]第2実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図9]第2実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図10]第2実施例に係る変倍光学系の至近距離合焦状態における諸収差図であって、(a)は広角端状態のときの諸収差図であり、(b)は中間焦点距離状態のときの諸収差図であり、(c)は望遠端状態のときの諸収差図である。

[図11]第3実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

[図12]第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図13]第3実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、(b)は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図14]第3実施例に係る変倍光学系の望遠端状態の諸収差図であって、(a

）は無限遠合焦状態のときの諸収差図であり、（b）は無限遠合焦状態において手振れ補正を行ったときの横収差図である。

[図15]第3実施例に係る変倍光学系の至近距離合焦状態における諸収差図であって、（a）は広角端状態のときの諸収差図であり、（b）は中間焦点距離状態のときの諸収差図であり、（c）は望遠端状態のときの諸収差図である。

[図16]上記変倍光学系を搭載するカメラの断面図である。

[図17]上記変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図1に示すように、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、光軸に沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、を有して構成されている。また、この変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が変化するように、各レンズ群G1～G5が光軸に沿って移動する。また、この変倍光学系ZLにおいて、第5レンズ群G5は、正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ有している。このように構成することで、Fナンバーの明るいレンズで、良好な光学性能を得ることができる。

[0009] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式（1）を満足することが望ましい。

$$[0010] \quad 0.80 < (-f_4) / f_{5w} < 2.50 \quad (1)$$

但し、

f_4 : 第4レンズ群G4の焦点距離

f_{5w} : 広角端状態における第5レンズ群G5を含む像側の光学系の合成

焦点距離

[0011] 条件式(1)は、第4レンズ群G4の焦点距離と、広角端状態における第5レンズ群G5を含む像側の光学系の合成焦点距離との比を規定するものである。なお、後述する第1実施例及び第2実施例のように5群構成の場合の f_{5w} は、第5レンズ群G5の焦点距離であり、第3実施例のように6群構成の場合の f_{5w} は、広角端状態における第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との合成焦点距離である。この条件式(1)を満足することで、高変倍・大口径・大画角化を図りながら、変倍時の収差変動を小さく抑えることができる。また、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4の外径を小さくすることができ、鏡筒の小型化が可能である。この条件式(1)の上限値を上回ると、第5レンズ群G5の屈折力が過大となり、製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式(1)による効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を2.00とすることが望ましい。また、この条件式(1)による効果を更に確実にするために、条件式(1)の上限値を1.40とすることが望ましい。また、この条件式(1)による効果を更に確実にするために、条件式(1)の上限値を1.10とすることが望ましい。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が過大となり、変倍時のコマ収差の変動が過大となる。また、第3レンズ群G3が大径化し、製品径の増大及び高次の球面収差が過大となり、補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(1)による効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を、0.84とすることが望ましい。また、この条件式(1)による効果を更に確実にするために、条件式(1)の下限値を、0.88とすることが望ましい。

[0012] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

$$[0013] \quad F N w < 3.50 \quad (2)$$

但し、

F N w : 広角端状態における全系のFナンバー

[0014] 条件式(2)は、広角端状態における本実施形態に係る変倍光学系ZLの全系のFナンバーを規定するものである。この条件式(2)を満足することで大口径が得られるとともに、球面収差等を良好に補正することができる。なお、この条件式(2)による効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を3.30とすることが望ましい。また、この条件式(2)による効果を更に確実にするために、条件式(2)の上限値を3.10とすることが望ましい。また、この条件式(2)による効果を更に確実にするために、条件式(2)の上限値を2.90とすることが望ましい。

[0015] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(3)及び(4)を満足することが望ましい。

$$[0016] \quad 0.30 < N5n - N5p \quad (3)$$

$$1.85 < N5n \quad (4)$$

但し、

N5n : 第5レンズ群G5中の全ての負レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

N5p : 第5レンズ群G5中の全ての正レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

[0017] 条件式(3)及び(4)は、第5レンズ群G5内のレンズの媒質の屈折率を規定するものである。これらの条件式(3)及び(4)を満足することで、第5レンズ群G5内のレンズ面の曲率を小さくし、大口径・大画角化時に問題となる高次の球面収差・コマ収差・像面湾曲の補正を良好に行うことができる。なお、この条件式(3)による効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を0.33とすることが望ましい。また、この条件式(3)による効果を更に確実にするために、条件式(3)の下限値を0.35とすることが望ましい。また、この条件式(4)による効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を1.86とすることが望ましい。また、この条件式(4)による効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を1.8

8とすることが望ましい。

[0018] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(5)を満足することが望ましい。

$$[0019] \quad 3.50 < f_t / f_w \quad (5)$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

[0020] 条件式(5)は望遠端状態における全系の焦点距離と広角端状態における全系の焦点距離との比、すなわち、変倍比を規定するものである。この条件式(5)を満足することで、高い変倍比が得られるとともに、球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。なお、この条件式(5)による効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を3.80にすることが望ましい。また、この条件式(5)による効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を4.00にすることが望ましい。

[0021] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(6)を満足することが望ましい。

$$[0022] \quad F_{Nt} < 4.50 \quad (6)$$

但し、

F_{Nt} : 望遠端状態における全系のFナンバー

[0023] 条件式(6)は、望遠端状態における本実施形態に係る変倍光学系ZLの全系のFナンバーを規定するものである。この条件式(6)を満足することで大口径が得られるとともに、球面収差等を良好に補正することができる。なお、この条件式(6)による効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を4.40とすることが望ましい。また、この条件式(6)による効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を4.30とすることが望ましい。また、この条件式(6)による効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を4.20とすることが望ましい。

[0024] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、広角端状態から望遠端状態に

変倍する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されていることが好ましい。このような構成とすることにより、高変倍を実現しつつ、各レンズ群のパワー（屈折力）の低減が可能であり、高次の収差の低減及び製造時の結像性能の劣化を小さく抑えることができる。

[0025] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式（7）を満足することが望ましい。

$$[0026] \quad 2.50 < f_1 / f_3 < 4.20 \quad (7)$$

但し、

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群G3の焦点距離

[0027] 条件式（7）は、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（7）を満足することで、大口径・大画角化時の収差補正をバランスよく実現できる。この条件式（7）の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が過大となり、大口径化に伴って高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式（7）による効果を確実にするために、条件式（7）の上限値を4.00とすることが望ましい。また、この条件式（7）による効果を更に確実にするために、条件式（7）の上限値を3.80とすることが望ましい。また、この条件式（7）による効果を更に確実にするために、条件式（7）の上限値を3.70とすることが望ましい。一方、条件式（7）の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動が過大となる。また、大画角化に伴って高次の像面湾曲の補正が困難となる。さらに第1レンズ群G1が大径化し、製品径の増大を招く為好ましくない。なお、この条件式（7）による効果を確実にするために、

条件式（７）の下限値を２．８０とすることが望ましい。また、この条件式（７）による効果を更に確実にするために、条件式（７）の下限値を３．１０とすることが望ましい。また、この条件式（７）による効果を更に確実にするために、条件式（７）の下限値を３．３０とすることが望ましい。

[0028] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（８）を満足することが望ましい。

$$[0029] \quad 0.25 < f_2 / f_4 < 0.55 \quad (8)$$

但し、

f_2 : 第２レンズ群 G_2 の焦点距離

f_4 : 第４レンズ群 G_4 の焦点距離

[0030] 条件式（８）は、第２レンズ群 G_2 と第４レンズ群 G_4 の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（８）を満足することで、大口径・大画角化時の収差補正をバランスよく実現できる。この条件式（８）の上限値を上回ると、第４レンズ群 G_4 の屈折力が過大となり、大口径化に伴って高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式（８）による効果を確実にするために、条件式（８）の上限値を０．５０とすることが望ましい。また、この条件式（８）による効果を更に確実にするために、条件式（８）の上限値を０．４５とすることが望ましい。また、この条件式（８）による効果を更に確実にするために、条件式（８）の上限値を０．４０とすることが望ましい。一方、条件式（８）の下限値を下回ると、第２レンズ群 G_2 の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動が過大となる。また、大画角化に伴って高次の像面湾曲の補正が困難となる。さらに第１レンズ群 G_1 が大径化し、製品径の増大を招く為好ましくない。なお、この条件式（８）による効果を確実にするために、条件式（８）の下限値を０．２８とすることが望ましい。また、この条件式（８）による効果を更に確実にするために、条件式（８）の下限値を０．３０とすることが望ましい。また、この条件式（８）による効果を更に確実に

するために、条件式（８）の下限値を０．３３とすることが望ましい。

[0031] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（９）を満足することが望ましい。

$$[0032] \quad 1.85 < N_{2max} \quad (9)$$

但し、

N_{2max} ：第２レンズ群Ｇ２中のレンズの媒質のｄ線に対する屈折率の絶対値のうちの最大値

[0033] 条件式（９）は、第２レンズ群Ｇ２内のレンズの媒質の屈折率を規定するものである。この条件式（９）を満足することにより、変倍時の球面収差・コマ収差の変動を小さく抑えることができる。なお、この条件式（９）による効果を確実にするために、条件式（９）の下限値を１．８６とすることが望ましい。また、この条件式（９）による効果を更に確実にするために、条件式（９）の下限値を１．８８とすることが望ましい。

[0034] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１０）を満足することが望ましい。

$$[0035] \quad 0.40 < f_w / f_3 < 1.00 \quad (10)$$

但し、

f_w ：広角端状態における全系の焦点距離

f_3 ：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離

[0036] 条件式（１０）は、広角端状態における変倍光学系ＺＬの全系の焦点距離と第３レンズ群Ｇ３の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（１０）を満足することにより、大口径化に伴う高次の収差の補正と、高変倍化に伴う収差の変動と、製品の小型化とをバランスよく実現することが可能である。この条件式（１０）の上限値を上回ると、第３レンズ群Ｇ３の屈折力が過大となり、大口径化による高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式（１０）による効果を確実にするために、条件式（１０）の上限値を０．９０とすることが望

ましい。また、この条件式（１０）による効果を更に確実にするために、条件式（１０）の上限値を０．８０とすることが望ましい。一方、条件式（１０）の下限値を下回ると、第３レンズ群Ｇ３の屈折力が過小となり、十分な変倍を確保することができない。その結果、変倍を確保するために、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２及び第５レンズ群Ｇ５等の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動や第５レンズ群Ｇ５の敏感度増加による製造時の収差劣化等が過大となる為、望ましくない。なお、この条件式（１０）による効果を確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．４５とすることが望ましい。また、この条件式（１０）による効果を更に確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．５０とすることが望ましい。また、この条件式（１０）による効果を更に確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．６０とすることが望ましい。

[0037] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$[0038] \quad 0.30 < f_w / (-f_4) < 0.80 \quad (11)$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離

f_4 : 第４レンズ群Ｇ４の焦点距離

[0039] 条件式（１１）は、広角端状態における変倍光学系ＺＬの全系の焦点距離と第４レンズ群Ｇ４の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（１１）を満足することにより、大口径化に伴う高次の収差の補正と、高変倍化に伴う収差の変動と、製品の小型化とをバランスよく実現することが可能である。この条件式（１１）の上限値を上回ると、第４レンズ群Ｇ４の屈折力が過大となり、大口径化による高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式（１１）による効果を確実にするために、条件式（１１）の上限値を０．７０とすることが望ましい。また、この条件式（１１）による効果を更に確実にするために、条

件式(11)の上限値を0.60とすることが望ましい。一方、条件式(11)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が過小となり、十分な変倍を確保することができない。その結果、変倍を確保するために、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2及び第5レンズ群G5等の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動や第5レンズ群G5の敏感度増加による製造時の収差劣化等が過大となる為、望ましくない。なお、この条件式(11)による効果を確実にするために、条件式(11)の下限値を0.35とすることが望ましい。また、この条件式(11)による効果を更に確実にするために、条件式(11)の下限値を0.38とすることが望ましい。また、この条件式(11)による効果を更に確実にするために、条件式(11)の下限値を0.42とすることが望ましい。

[0040] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(12)を満足することが望ましい。

$$[0041] \quad 2.00 < f_t / f_3 < 5.00 \quad (12)$$

但し、

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群G3の焦点距離

[0042] 条件式(12)は、望遠端状態における変倍光学系ZLの全系の焦点距離と第3レンズ群G3の焦点距離の比を規定するものである。この条件式(12)を満足することにより、大口径化に伴う高次の収差の補正と、高変倍化に伴う収差の変動と、製品の小型化とをバランスよく実現することが可能である。この条件式(12)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が過大となり、大口径化による高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式(12)による効果を確実にするために、条件式(12)の上限値を4.50とすることが望ましい。また、この条件式(12)による効果を更に確実にするために、条件式(12)の上限値を4.00とすることが望ましい。また、この条件式

(12) による効果を更に確実にするために、条件式(12)の上限値を3.50とすることが望ましい。一方、条件式(12)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が過小となり、十分な変倍を確保することができない。その結果、変倍を確保するために、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2及び第5レンズ群G5等の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動や第5レンズ群G5の敏感度増加による製造時の収差劣化等が過大となる為、望ましくない。なお、この条件式(12)による効果を確実にするために、条件式(12)の下限値を2.40とすることが望ましい。また、この条件式(12)による効果を更に確実にするために、条件式(12)の下限値を2.60とすることが望ましい。また、この条件式(12)による効果を更に確実にするために、条件式(12)の下限値を2.90とすることが望ましい。

[0043] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、以下に示す条件式(13)を満足することが望ましい。

$$[0044] \quad 1.50 < f_t / (-f_4) < 4.50 \quad (13)$$

但し

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

f_4 : 第4レンズ群G4の焦点距離

[0045] 条件式(13)は、望遠端状態における変倍光学系ZLの全系の焦点距離と第4レンズ群G4の焦点距離の比を規定するものである。この条件式(13)を満足することにより、大口径化に伴う高次の収差の補正と、高変倍化に伴う収差の変動と、製品の小型化とをバランスよく実現することが可能である。この条件式(13)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が過大となり、大口径化による高次の球面収差・コマ収差の補正が困難となる。また製造誤差による結像性能の劣化、すなわち偏芯コマ収差及び偏芯像面タオレが過大となるため好ましくない。なお、この条件式(13)による効果を確実にするために、条件式(13)の上限値を4.00とすることが望ましい。また、この条件式(13)による効果を更に確実にするために、条

件式（１３）の上限値を３．５０とすることが望ましい。また、この条件式（１３）による効果を更に確実にするために、条件式（１３）の上限値を３．００とすることが望ましい。また、この条件式（１３）による効果を更に確実にするために、条件式（１３）の上限値を２．５０とすることが望ましい。一方、条件式（１３）の下限値を下回ると、第４レンズ群Ｇ４の屈折力が過小となり、十分な変倍を確保することができない。その結果、変倍を確保するために、第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２及び第５レンズ群Ｇ５等の屈折力が過大となり、変倍時の像面湾曲の変動や第５レンズ群Ｇ５の敏感度増加による製造時の収差劣化等が過大となる為、望ましくない。なお、この条件式（１３）による効果を確実にするために、条件式（１３）の下限値を１．６０とすることが望ましい。また、この条件式（１３）による効果を更に確実にするために、条件式（１３）の下限値を１．８０とすることが望ましい。また、この条件式（１３）による効果を更に確実にするために、条件式（１３）の下限値を２．００とすることが望ましい。

[0046] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１４）及び（１５）を満足することが望ましい。

$$[0047] \quad 0.30 < N3n - N3p \quad (14)$$

$$1.85 < N3n \quad (15)$$

但し、

$N3n$ ：第３レンズ群Ｇ３中の全ての負レンズの媒質のｄ線に対する屈折率の平均値

$N3p$ ：第３レンズ群Ｇ３中の全ての正レンズの媒質のｄ線に対する屈折率の平均値

[0048] 条件式（１４）及び（１５）は、第３レンズ群Ｇ３内のレンズの媒質の屈折率を規定するものである。これらの条件式（１４）及び（１５）を満足することにより、第３レンズ群Ｇ３内のレンズ面の曲率を小さくし、大口径・大変倍時に問題となる高次の球面収差・コマ収差及び、収差変動の補正を良好に行うことができる。なお、この条件式（１４）による効果を確実にするた

めに、条件式（１４）の下限値を０．３３とすることが望ましい。また、この条件式（１５）による効果を確実にするために、条件式（１５）の下限値を１．８８とすることが望ましい。

[0049] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１６）を満足することが望ましい。

$$[0050] \quad 25.0^\circ < \omega_w < 60.0^\circ \quad (16)$$

但し、

ω_w : 広角端状態における半画角

[0051] 条件式（１６）は、広角端状態における画角の最適な値を規定する条件である。この条件式（１６）を満足することにより、広い画角を有しつつ、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。なお、この条件式（１６）による効果を確実にするために、条件式（１６）の上限値を５０．０°とすることが望ましい。また、この条件式（１６）による効果を更に確実にするために、条件式（１６）の上限値を４５．０°とすることが望ましい。また、この条件式（１６）による効果を確実にするために、条件式（１６）の下限値を３０．０°とすることが望ましい。また、この条件式（１６）による効果を更に確実にするために、条件式（１６）の下限値を３５．０°とすることが望ましい。

[0052] また、本実施形態に係る変倍光学系ＺＬは、以下に示す条件式（１７）を満足することが望ましい。

$$[0053] \quad 3.0^\circ < \omega_t < 20.0^\circ \quad (17)$$

但し、

ω_t : 望遠端状態における半画角

[0054] 条件式（１７）は、望遠端状態における画角の最適な値を決定する条件である。この条件式（１７）を満足することにより、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。なお、この条件式（１７）による効果を確実にするために、条件式（１７）の上限値を１５．０°と

することが望ましい。また、この条件式(17)による効果を更に確実にするために、条件式(17)の上限値を 12.0° とすることが望ましい。また、この条件式(17)による効果を確実にするために、条件式(17)の下限値を 5.0° とすることが望ましい。また、この条件式(17)による効果を更に確実にするために、条件式(17)の下限値を 7.0° とすることが望ましい。また、この条件式(17)による効果を更に確実にするために、条件式(17)の下限値を 8.0° とすることが望ましい。

[0055] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第5レンズ群G5内に非球面形状のレンズ面を有することが望ましい。このような構成とすることにより、高次の球面収差・コマ収差・像面湾曲の補正を良好に行うことができる。

[0056] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5の少なくとも一部を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、手振れ発生時の像位置の補正(防振)を行うように構成することが望ましい。これらのレンズ群のいずれか一つを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させてもよいし、いずれかのレンズ群の一部のレンズ又はレンズ群を光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させてもよい。

[0057] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第4レンズ群G4の少なくとも一部を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、手振れ発生時の像位置の補正(防振)を行うように構成することが望ましい。この第4レンズ群G4のように光線高の低い負のレンズ群を防振群とすることにより、レンズ外径の小型化が可能となる。また、防振群を開口絞りSと像面Iの中間付近に位置させることになり、手振れ発生時に像位置を補正した際の、光線変化を小さく抑え、手振れ補正時の収差変動を小さくすることが可能となる。

[0058] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、第4レンズ群G4が、負の屈折力を有する第4Aレンズ群G4Aと、負の屈折力を有する第4Bレンズ群

G 4 B と、を有し、第 4 A レンズ群 G 4 A 及び第 4 B レンズ群 G 4 B の一方を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、手振れ発生時の像位置の補正(防振)を行うこともできる。このような構成とすることにより、手振れ発生時の像面補正を行った際の、第 3 レンズ群 G 3 及び第 5 レンズ群 G 5 で発生する正屈折力成分の諸収差を、第 4 レンズ群 G 4 内の防振していない方のレンズ群により発生する負屈折力成分の諸収差によって補正することが可能となり、手振れ発生時の像面補正を行った際の収差を良好に補正することができる。

[0059] また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第 3 レンズ群 G 3 及び第 5 レンズ群 G 5 が物体方向に移動し、且つ、像面 I に対する移動量が等しいことが望ましい。このような構成により、第 3 レンズ群 G 3 と第 5 レンズ群 G 5 を一体構造にでき、広角端状態から望遠端状態への変倍時の相互偏芯の変化を小さく抑えることが可能となり、製造誤差による光学性能の劣化を緩和することができる。

[0060] また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、近距離物点への合焦に際し、第 2 レンズ群 G 2 の少なくとも一部を光軸に沿って移動させるように構成することが望ましい。このような構成とすることにより、合焦群の外径短縮と軽量化をはかりつつ、合焦時における球面収差・像面湾曲の変動を小さく抑えることができる。

[0061] また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 4 レンズ群 G 4 内に非球面形状のレンズ面を有することが望ましい。このような構成とすることにより、高次の球面収差・コマ収差の補正を良好に行うことができる。

[0062] また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 2 レンズ群 G 2 内に非球面形状のレンズ面を有することが望ましい。このような構成とすることにより、高次の像面湾曲・コマ収差の補正を良好に行うことができる。

[0063] また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、第 1 レンズ群 G 1 から最も像側のレンズ群における光学面のうちの少なくとも 1 面に反射防止膜が設けられており、反射防止膜は、d 線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率

を n_d としたとき、 n_d が1.30以下である層を少なくとも1層含むことを特徴とする。この構成により、屈折率 n_d が1.30以下である層と空気との屈折率差を小さくすることができるため、光の反射をより小さくすることが可能になり、ゴーストやフレアをさらに低減させることができ、高い結像性能を達成することができる。

[0064] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLは、開口絞りを有し、反射防止膜が設けられた光学面は、開口絞りから見て凹形状のレンズ面であることが望ましい。第1レンズ群G1から最も像側のレンズ群における光学面のうち、開口絞りから見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0065] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、開口絞りから見て凹形状のレンズ面は、第1レンズ群G1内のレンズの物体側レンズ面であることが望ましい。第1レンズ群G1における光学面のうち、開口絞りから見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0066] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、開口絞りから見て凹形状のレンズ面は、第1レンズ群G1内のレンズの像側レンズ面であることが望ましい。第1レンズ群G1における光学面のうち、開口絞りから見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0067] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、開口絞りから見て凹形状のレンズ面は、最も像側のレンズ群内のレンズの物体側レンズ面であることが望ましい。最も像側のレンズ群における光学面のうち、開口絞りから見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させるこ

とができる。

[0068] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、開口絞りから見て凹形状のレンズ面は、最も像側のレンズ群内のレンズの像側レンズ面であることが望ましい。最も像側のレンズ群における光学面のうち、開口絞りから見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0069] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、反射防止膜が設けられた光学面は、像側から見て凹形状のレンズ面であることが望ましい。最も像側のレンズ群及び第1レンズ群G1における光学面のうち、像側から見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0070] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、像側から見て凹形状のレンズ面は、最も像側のレンズ群内のレンズの物体側レンズ面であることが望ましい。最も像側のレンズ群における光学面のうち、像側から見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0071] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、像側から見て凹形状のレンズ面は、最も像側のレンズ群内のレンズの像側レンズ面であることが望ましい。最も像側のレンズ群における光学面のうち、像側から見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0072] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、反射防止膜が設けられた光学面は、物体から見て凹形状のレンズ面であることが望ましい。第1レンズ群G1から最も像側のレンズ群における光学面のうち、物体から見て凹

形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0073] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、物体から見て凹形状のレンズ面は、第1レンズ群G1内のレンズの像側レンズ面であることが望ましい。第1レンズ群G1における光学面のうち、物体から見て凹形状のレンズ面では反射光が発生しやすい。このため、斯かるレンズ面に反射防止膜を形成することで、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

[0074] また、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおいて、反射防止膜が多層膜であり、屈折率 n_d が1.30以下である層は、多層膜を構成する層のうちの最も表面側の層であることが望ましい。この構成により、屈折率 n_d が1.30以下である層と空気との屈折率差を小さくすることができるため、光の反射をより小さくすることが可能になり、ゴーストやフレアをさらに低減させることができる。

[0075] なお、本実施形態に係る変倍光学系ZLにおける反射防止膜は、ウェットプロセスまたは、ドライプロセス等によって形成されてもよい。ドライプロセスの場合、反射防止膜は屈折率 n_d が1.30以下となる層を少なくとも1層含むようにすることが好ましい。この構成により、反射防止膜をドライプロセス等によって形成した場合でも、反射防止膜をウェットプロセスによって形成した場合と同様の効果を得ることができる。なお、屈折率 n_d が1.30以下となる層は、多層膜を構成する層のうちの最も表面側の層であることが好ましい。

[0076] なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

[0077] 次に、本実施形態に係る変倍光学系ZLを備えた光学機器であるカメラを図16に基づいて説明する。このカメラ1は、撮影レンズ2として本実施形

態に係る変倍光学系ZLを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF（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、EVF4を介して被写体を観察することができる。

[0078] 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により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、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ー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る変倍光学系ZL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。

[0079] なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

[0080] 本実施形態では、5群または6群構成の変倍光学系ZLを示したが、以上の構成条件等は、7群、8群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、変倍時又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。また、本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍時に各群間の空気間隔が変化するように、第1レンズ群G1～第5レンズ群G5がそれぞれ光軸に沿って移動する。また、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

- [0081] また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2のすくなくとも一部を合焦レンズ群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、合焦レンズ群は単レンズから構成するのが好ましい。
- [0082] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れ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、上述したように、第4レンズ群G4のすくなくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。
- [0083] また、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、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。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）或いはプラスチックレンズとしてもよい。
- [0084] 開口絞りSは、第3レンズ群G3の近傍または中に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。
- [0085] さらに、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高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。
- [0086] また、本実施形態の変倍光学系ZLは、変倍比が3～10倍程度である。

[0087] 以下、本実施形態に係る変倍光学系ZLの製造方法の概略を、図17を参照して説明する。まず、各レンズを配置して第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5をそれぞれ準備し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、各レンズ群G1～G5の間隔が変化するように、各レンズ群G1～G5が光軸に沿って移動するように配置する（ステップS100）。また、第5レンズ群G5に正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ配置する（ステップS200）。そして、上述した条件（例えば、条件式（1）及び（2））を満足するように配置する（ステップS300）。

[0088] 具体的には、本実施形態では、例えば図1に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12とを接合した接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13を配置して第1レンズ群G1とし、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24を配置して第2レンズ群G2とし、開口絞りS、両凸レンズL31、両凸レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33とを接合した接合レンズ、及び、両凸レンズL34を配置して第3レンズ群G3とし、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL41と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL42とを接合した接合レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43を配置して第4レンズ群G4とし、物体側に平面を向けた平凸レンズL51、及び、両凸レンズL52と像側のレンズ面が非球面形状に形成された負メニスカスレンズ形状の負レンズL53とを接合した接合レンズを配置して第5レンズ群G5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ZLを製造する。

[0089] 以上のような構成により、コンパクトで良好な光学性能を有する変倍光学系ZL、この変倍光学系ZLを有する光学機器及び変倍光学系ZLの製造方

法を提供することができる。

実施例

[0090] 以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図1、図6及び図11は、各実施例に係る変倍光学系ZL（ZL1～ZL3）の構成及び屈折力配分を示す断面図である。また、これらの変倍光学系ZL1～ZL3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G1～G5（またはG6）の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0091] 各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を K とし、 n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（a）で表される。なお、以降の実施例において、「 $E-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

$$[0092] \quad S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12} \quad (a)$$

[0093] なお、各実施例において、2次の非球面係数 $A2$ は0である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

[0094] [第1実施例]

図1は、第1実施例に係る変倍光学系ZL1の構成を示す図である。この図1に示す変倍光学系ZL1は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、から構成されている。

[0095] この変倍光学系ZL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12とを接合した接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球

面形状が形成された負レンズL 2 1、両凹レンズL 2 2、両凸レンズL 2 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 4で構成されている。また、第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸レンズL 3 1、両凸レンズL 3 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 3とを接合した接合レンズ、及び、両凸レンズL 3 4で構成されている。また、第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL 4 1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 2とを接合した接合レンズである負の屈折力を有する第4 Aレンズ群G 4 A、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3である負の屈折力を有する第4 Bレンズ群G 4 Bで構成されている。また、第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸レンズL 5 1、及び、両凸レンズL 5 2と像側のレンズ面が非球面形状に形成された負メニスカスレンズ形状の負レンズL 5 3とを接合した接合レンズで構成されている。また、開口絞りSは、第3レンズ群G 3の物体側に配置されている。また、負レンズL 4 1及び負レンズL 5 3はガラスモールド非球面レンズである。

[0096] この変倍光学系Z L 1は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が減少し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が増大し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って物体側に移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第3レンズ群G 3と一体に移動する。また、第3レンズ群G 3と第5レンズ群G 5は、像面に対する移動量が等しくなるように構成されている。

[0097] また、この変倍光学系Z L 1において、無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G 2を物体側に移動させることにより行うように構成されている。

[0098] また、この変倍光学系Z L 1において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、第4レンズ群G 4の第4 Aレンズ群G 4 Aを光軸と直交する方向の

変位成分を持つように移動させることにより行う。なお、全系の焦点距離が f で、防振係数（手振れ発生時の像位置の補正での第4 A レンズ群 G 4 A の移動量に対する結像面での像移動量の比）が K のレンズで角度 θ の回転ぶれを補正するには、防振群である第4 A レンズ群 G 4 A を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交方向に移動させればよい（以降の実施例においても同様である）。この第1実施例の広角端状態においては、防振係数は -0.65 であり、焦点距離は 16.49 (mm) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.22 (mm) である。また、この第1実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は -0.79 であり、焦点距離は 35.00 (mm) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.39 (mm) である。また、この第1実施例の望遠端状態においては、防振係数は -0.99 であり、焦点距離は 77.79 (mm) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.68 (mm) である。

[0099] 以下の表1に、変倍光学系 Z L 1 の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示す f は全系の焦点距離、F N O は F ナンバー、 ω は半画角、 Y は最大像高、T L は全長、及び、B F はバックフォーカスの値を、広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態毎に表している。ここで、全長 T L は、無限合焦時の最も物体側のレンズ面（図1における第1面）から像面 I までの光軸上の距離を示している。また、バックフォーカス B F は、無限遠合焦時の最も像面側のレンズ面（図1における第32面）から像面 I までの光軸上の距離（空気換算長）を示している。また、レンズデータにおける第1欄 m は、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第2欄 r は、各レンズ面の曲率半径を、第3欄 d は、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第4欄 $n d$ 及び第5欄 νd は、 d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する屈折率及びアッペ数を示している。また、曲率半径 0.000 は平面を示し、空気の屈折率 1.00000 は省略してある。

なお、表 1 に示す面番号 1 ～ 3 2 は、図 1 に示す番号 m 1 ～ m 3 2 に対応している（なお、図 1 において、一部の面番号のみを示している）。また、レンズ群焦点距離は第 1 ～ 第 5 レンズ群 G 1 ～ G 5 の各々の始面と焦点距離を示している。

[0100] ここで、以下の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 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大また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、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

[0101] （表 1）第 1 実施例

〔全体諸元〕

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 16.49	～ 35.00	～ 77.79
$F N o$	= 2.72	～ 3.38	～ 4.16
ω	= 43.2	～ 22.0	～ 10.4
Y	= 14.75	～ 14.75	～ 14.75
$T L$	= 130.371	～ 146.181	～ 171.571
$B F$	= 37.994	～ 49.378	～ 63.528
$B F$ （空気換算長）	= 37.994	～ 49.378	～ 63.528

〔レンズデータ〕

m	r	d	n d	νd
物面	∞			
1	142.08408	1.800	1.84666	23.8
2	61.98900	6.800	1.59319	67.9
3	2234.55748	0.100		
4	54.61907	4.400	1.81600	46.6
5	160.87634	D5		

6*	111.35036	0.200	1.56093	36.6	
7	74.66256	1.200	1.81600	46.6	
8	13.29818	6.450			
9	-26.94042	1.000	1.81600	46.6	
10	41.14663	0.800			
11	38.15106	4.500	1.84666	23.8	
12	-28.49989	0.500			
13	-21.99346	1.000	1.88300	40.7	
14	-53.69291	D14			
15	0.00000	1.600			開口絞り S
16	237.40240	3.500	1.54814	45.8	
17	-29.52544	0.150			
18	41.68613	4.200	1.51742	52.2	
19	-26.94900	1.100	1.90200	25.3	
20	-425.16586	0.100			
21	37.61777	2.850	1.49782	82.6	
22	-64.06628	D22			
23*	-69.82119	0.800	1.79050	45.0	
24	24.82010	2.000	1.90200	25.3	
25	100.53108	2.550			
26	-22.07831	1.000	1.81600	46.6	
27	-33.57787	D27			
28	0.00000	4.600	1.49782	82.6	
29	-20.99670	0.100			
30	71.45078	6.100	1.49782	82.6	
31	-20.04840	1.200	1.88202	37.2	
32*	-55.06437	BF			
像面	∞				

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	86.49
第2レンズ群	6	-13.10
第3レンズ群	15	24.85
第4レンズ群	23	-35.11
第5レンズ群	28	36.01

[0102] この変倍光学系Z L 1において、第6面、第23面及び第32面は非球面形状に形成されている。次の表2に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0103] (表2)

[非球面データ]

第6面 K = 1.00000e+00

A4	A6	A8	A10	A12
1.91866e-05	-3.07743e-08	-1.44905e-10	1.15106e-12	-1.98690e-15

第23面 K = 1.00000e+00

A4	A6	A8	A10	A12
3.75789e-06	-1.80254e-08	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00

第32面 K = 1.00000e+00

A4	A6	A8	A10	A12
7.46360e-06	8.05331e-09	-4.65179e-11	2.16314e-13	0.00000e+00

[0104] この変倍光学系Z L 1において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔D 5、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3（開口絞りS）との軸上空気間隔D 14、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔D 22、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との軸上空気間隔D 27、及び、バックフォーカスB Fは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表3に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での広角端状態（W）、

中間焦点距離状態（M）及び望遠端状態（T）の各焦点距離状態における可変間隔を示す。なお、D Oは変倍光学系Z L 1の最も物体側の面（第1面）から物体までの距離を示し、 β は倍率を示す（以降の実施例においても同様である）。

[0105] （表3）

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
D O	∞	∞	∞	219.63	203.82	178.43
β	—	—	—	-0.0648	-0.1260	-0.2249
f	16.49	35.00	77.79	—	—	—
D 5	2.100	17.730	35.502	0.885	15.776	31.579
D 1 4	18.846	7.642	1.110	20.061	9.596	5.033
D 2 2	1.434	6.306	9.411	1.434	6.306	9.411
D 2 7	9.397	4.525	1.420	9.397	4.525	1.420
B F	37.994	49.378	63.528	37.994	49.378	63.528

[0106] 次の表4に、この変倍光学系Z L 1における各条件式対応値を示す。この表4において、 f_w は広角端状態における全系の焦点距離を、 f_t は望遠端状態における全系の焦点距離を、 f_1 は第1レンズ群G 1の焦点距離を、 f_2 は第2レンズ群G 2の焦点距離を、 f_3 は第3レンズ群G 3の焦点距離を、 f_4 は第4レンズ群G 4の焦点距離を、 f_{5w} は広角端状態における第5レンズ群G 5を含む像側の光学系の合成焦点距離を、 ω_w は広角端状態における半画角を、 ω_t は望遠端状態における半画角を、 $F N_w$ は広角端状態における全系のFナンバーを、 $F N_t$ は望遠端状態における全系のFナンバーを、 N_{2max} は第2レンズ群G 2中のレンズの媒質のd線に対する屈折率の絶対値のうちの最大値を、 N_{3n} は第3レンズ群G 3中の全ての負レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値を、 N_{3p} は第3レンズ群G 3中の全ての正レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値を、 N_{5n} は第5レンズ

群G 5 中の全ての負レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値を、 N_{5p} は第5 レンズ群G 5 中の全ての正レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値を、それぞれ表している。この符号の説明は、以降の実施例においても同様である。

[0107] (表4)

$$f_{5w} = 36.01$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_4) / f_{5w} = 0.975$$

$$(2) \quad F_{Nw} = 2.722$$

$$(3) \quad N_{5n} - N_{5p} = 0.384$$

$$(4) \quad N_{5n} = 1.882$$

$$(5) \quad f_t / f_w = 4.717$$

$$(6) \quad F_{Nt} = 4.160$$

$$(7) \quad f_1 / f_3 = 3.480$$

$$(8) \quad f_2 / f_4 = 0.371$$

$$(9) \quad N_{2max} = 1.883$$

$$(10) \quad f_w / f_3 = 0.664$$

$$(11) \quad f_w / (-f_4) = 0.470$$

$$(12) \quad f_t / f_3 = 3.130$$

$$(13) \quad f_t / (-f_4) = 2.216$$

$$(14) \quad N_{3n} - N_{3p} = 0.381$$

$$(15) \quad N_{3n} = 1.902$$

$$(16) \quad \omega_w = 43.244$$

$$(17) \quad \omega_t = 10.411$$

[0108] このように、この変倍光学系Z L 1 は、上記条件式(1)～(17)を全て満足している。

[0109] この変倍光学系Z L 1 の、無限遠合焦時の広角端状態、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

図及び横収差図を図2(a)、図3(a)、図4(a)に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図2(b)、図3(b)、図4(b)に示し、至近合焦時の広角端状態、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を図5(a)～(c)に示す。各収差図において、FNOはFナンバー、Aは半画角(単位は $[\circ]$)、NAは開口数、HOは物体高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバー又は開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では半画角又は物体高の最大値をそれぞれ示し、横収差図では各半画角又は各物体高の値を示す。dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この変倍光学系ZL1は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

[0110] [第2実施例]

図6は、第2実施例に係る変倍光学系ZL2の構成を示す図である。この図6に示す変倍光学系ZL2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、から構成されている。

[0111] この変倍光学系ZL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12とを接合した接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズL21、両凹レンズL22、両凸レンズL23、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24で構成されている。

。また、第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸レンズL 3 1、両凸レンズL 3 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 3とを接合した接合レンズ、及び、両凸レンズL 3 4で構成されている。また、第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL 4 1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 2とを接合した接合レンズである負の屈折力を有する第4 Aレンズ群G 4 A、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3である負の屈折力を有する第4 Bレンズ群G 4 Bで構成されている。また、第5レンズ群G 5は、物体側から順に、両凸レンズL 5 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5 2、及び、像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸レンズ形状の正レンズL 5 3で構成されている。また、開口絞りSは、第3レンズ群G 3の物体側に配置されている。また、負レンズL 4 1及び正レンズL 5 3はガラスモールド非球面レンズである。

[0112] この変倍光学系Z L 2は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が減少し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が増大し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って物体側に移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第3レンズ群G 3と一体に移動する。また、第3レンズ群G 3と第5レンズ群G 5は、像面に対する移動量が等しくなるように構成されている。

[0113] また、この変倍光学系Z L 2において、無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G 2を物体側に移動させることにより行うように構成されている。

[0114] また、この変倍光学系Z L 2において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、第4レンズ群G 4の第4 Aレンズ群G 4 Aを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより行う。この第2実施例の広角端状態においては、防振係数は−0.68であり、焦点距離は17.92（m

m) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.23 (mm) である。また、この第2実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は -0.78 であり、焦点距離は 32.00 (mm) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.36 (mm) である。また、この第2実施例の望遠端状態においては、防振係数は -1.01 であり、焦点距離は 83.00 (mm) であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4 A レンズ群 G 4 A の移動量は -0.72 (mm) である。

[0115] 以下の表5に、変倍光学系 Z L 2 の諸元の値を掲げる。なお、表5に示す面番号1～33は、図6に示す番号 m 1 ～ m 33 に対応している（なお、図6において、一部の面番号のみを示している）。

[0116] (表5) 第2実施例

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 17.92	～ 32.00	～ 83.00
F N o	= 2.44	～ 2.92	～ 3.77
ω	= 40.0	～ 23.4	～ 9.5
Y	= 14.25	～ 14.25	～ 14.25
T L	= 132.419	～ 144.654	～ 174.652
B F	= 41.537	～ 49.713	～ 65.542
B F (空気換算長)	= 41.537	～ 49.713	～ 65.542

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	167.51126	1.800	1.84666	23.8
2	65.36598	6.800	1.59319	67.9
3	-2500.00000	0.100		

4	53.28844	4.400	1.81600	46.6	
5	148.73119	D5			
6*	98.04448	0.200	1.56093	36.6	
7	60.00000	1.200	1.80400	46.6	
8	14.40723	6.471			
9	-27.00000	1.000	1.81600	46.6	
10	49.41381	0.749			
11	42.76510	4.500	1.84666	23.8	
12	-29.37797	1.000			
13	-19.04811	1.000	1.88300	40.7	
14	-46.90749	D14			
15	0.00000	0.400			開口絞り S
16	436.00582	2.927	1.54814	45.8	
17	-30.11148	0.150			
18	59.43487	4.000	1.48749	70.3	
19	-28.97361	1.100	1.90200	25.3	
20	-62.61619	0.100			
21	56.98362	2.750	1.49782	82.6	
22	-76.57983	D22			
23*	-41.28693	0.800	1.79050	45.0	
24	37.52861	2.000	1.90200	25.3	
25	-3339.51980	3.000			
26	-26.16246	1.000	1.72916	54.6	
27	-49.02058	D27			
28	36.11715	4.600	1.49782	82.6	
29	-43.89441	0.100			
30	67.43312	1.200	1.91748	28.6	
31	25.37662	1.310			

32	37.12949	4.271	1.49786	82.5
33*	-39.01900	BF		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	87.89
第2レンズ群	6	-13.10
第3レンズ群	15	24.40
第4レンズ群	23	-33.98
第5レンズ群	28	36.22

[0117] この変倍光学系Z L 2において、第6面、第23面及び第33面は非球面形状に形成されている。次の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0118] (表6)

[非球面データ]

第 6面	K = 1.00000e+00				
A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
1.85470e-05	-4.02525e-08	2.54277e-10	-1.05685e-12	3.80620e-15	
第23面	K = 1.00000e+00				
A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
3.85870e-06	6.25371e-10	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00	
第33面	K = -3.93240e+00				
A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
2.65953e-06	1.69344e-08	-8.71281e-13	1.49597e-13	0.00000e+00	

[0119] この変倍光学系Z L 2において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔D 5、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3（開口絞りS）との軸上空気間隔D 14、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空

気間隔D 2 2、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との軸上空気間隔D 2 7、及び、バックフォーカスB Fは、上述したように、変倍に際して変化する。次の表7に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での広角端状態（W）、中間焦点距離状態（M）及び望遠端状態（T）の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

[0120] （表7）

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
D 0	∞	∞	∞	217.58	205.35	175.35
β	—	—	—	-0.0704	-0.1176	-0.2335
f	17.92	32.00	83.00	—	—	—
D 5	2.650	15.012	36.908	1.386	13.195	32.734
D 1 4	18.429	10.126	2.400	19.693	11.944	6.574
D 2 2	1.400	5.657	9.876	1.400	5.657	9.876
D 2 7	9.476	5.219	1.000	9.476	5.219	1.000
B F	41.537	49.713	65.542	41.537	49.713	65.542

[0121] 次の表8に、この変倍光学系Z L 2における各条件式対応値を示す。

[0122] （表8）

$f_{5w} = 36.22$

[条件式対応値]

(1) $(-f_4) / f_{5w} = 0.938$

(2) $FN_w = 2.443$

(3) $N_{5n} - N_{5p} = 0.420$

(4) $N_{5n} = 1.917$

(5) $f_t / f_w = 4.632$

(6) $FN_t = 3.769$

(7) $f_1 / f_3 = 3.602$

$$(8) \quad f_2 / f_4 = 0.385$$

$$(9) \quad N_{2\max} = 1.883$$

$$(10) \quad f_w / f_3 = 0.734$$

$$(11) \quad f_w / (-f_4) = 0.527$$

$$(12) \quad f_t / f_3 = 3.401$$

$$(13) \quad f_t / (-f_4) = 2.442$$

$$(14) \quad N_{3n} - N_{3p} = 0.391$$

$$(15) \quad N_{3n} = 1.902$$

$$(16) \quad \omega_w = 39.990$$

$$(17) \quad \omega_t = 9.463$$

[0123] このように、この変倍光学系ZL2は、上記条件式(1)～(17)を全て満足している。

[0124] この変倍光学系ZL2の、無限遠合焦時の広角端状態、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を図7(a)、図8(a)、図9(a)に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図7(b)、図8(b)、図9(b)に示し、至近合焦時の広角端状態、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を図10(a)～(c)に示す。これらの各収差図より、この変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

[0125] [第3実施例]

図11は、第3実施例に係る変倍光学系ZL3の構成を示す図である。この図11に示す変倍光学系ZL3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6と、から構成されている。

[0126] この変倍光学系Z L 3において、第1レンズ群G 1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と両凸レンズL 1 2とを接合した接合レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 3で構成されている。また、第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズL 2 1、両凹レンズL 2 2、両凸レンズL 2 3、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 4で構成されている。また、第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凸レンズL 3 1、両凸レンズL 3 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 3 3とを接合した接合レンズ、及び、両凸レンズL 3 4で構成されている。また、第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL 4 1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4 2とを接合した接合レンズである負の屈折力を有する第4 Aレンズ群G 4 A、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 3である負の屈折力を有する第4 Bレンズ群G 4 Bで構成されている。また、第5レンズ群G 5は、物体側から順に、両凸レンズL 5 1、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸レンズ形状の正レンズL 5 2と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 5 3とを接合した接合レンズで構成されている。また、第6レンズ群G 6は、像側のレンズ面が非球面形状に形成され、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ形状の正レンズL 6 1で構成されている。また、開口絞りSは、第3レンズ群G 3の物体側に配置されている。また、負レンズL 4 1、正レンズL 5 2及び正レンズL 6 1はガラスモールド非球面レンズである。

[0127] この変倍光学系Z L 3は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増大し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が減少し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が増大し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が減少し、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との間隔が増大するように、各レン

ズ群が光軸に沿って物体側に移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第3レンズ群G3と一体に移動する。また、第3レンズ群G3と第5レンズ群G5は、像面に対する移動量が等しくなるように構成されている。

[0128] また、この変倍光学系ZL3において、無限遠から近距離物点への合焦は、第2レンズ群G2を物体側に移動させることにより行うように構成されている。

[0129] また、この変倍光学系ZL3において、手振れ発生時の像位置の補正（防振）は、第4レンズ群G4の第4Aレンズ群G4Aを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより行う。この第3実施例の広角端状態においては、防振係数は−0.67であり、焦点距離は18.60（mm）であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4Aレンズ群G4Aの移動量は−0.24（mm）である。また、この第3実施例の中間焦点距離状態においては、防振係数は−0.76であり、焦点距離は31.80（mm）であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4Aレンズ群G4Aの移動量は−0.37（mm）である。また、この第3実施例の望遠端状態においては、防振係数は−0.95であり、焦点距離は77.81（mm）であるので、 0.50° の回転ぶれを補正するための第4Aレンズ群G4Aの移動量は−0.71（mm）である。

[0130] 以下の表9に、変倍光学系ZL3の諸元の値を掲げる。なお、表9に示す面番号1～34は、図11に示す番号m1～m34に対応している（なお、図11において、一部の面番号のみを示している）。

[0131] （表9）第3実施例

[全体諸元]

		広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	=	18.60	～ 31.80	～ 77.81
FNo	=	2.01	～ 2.34	～ 2.96
ω	=	38.9	～ 23.5	～ 10.1
Y	=	14.25	～ 14.25	～ 14.25

T L	=	134.524	～	147.355	～	176.966
B F	=	38.015	～	45.607	～	60.406
B F (空気換算長)	=	38.015	～	45.607	～	60.406

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1	160.52802	1.800	1.84666	23.8
2	65.03652	6.800	1.59319	67.9
3	-2500.00000	0.100		
4	52.64606	4.400	1.81600	46.6
5	143.14329	D5		
6*	96.56216	0.200	1.56093	36.6
7	60.00000	1.200	1.80400	46.6
8	14.83792	6.143		
9	-27.00000	1.000	1.81600	46.6
10	44.96605	0.853		
11	43.56313	4.500	1.84666	23.8
12	-24.56322	0.812		
13	-18.65534	1.000	1.88300	40.7
14	-61.97483	D14		
15	0.00000	0.400		開口絞り S
16	159.25973	3.913	1.58913	61.2
17	-34.07018	0.150		
18	47.41744	5.310	1.57479	62.2
19	-36.74413	1.100	1.90200	25.3
20	-177.06283	0.100		
21	62.88551	3.778	1.49782	82.6

22	-66.42221	D22		
23*	-41.70870	0.800	1.79050	45.0
24	42.89444	2.100	1.90200	25.3
25	-2019.67150	3.000		
26	-26.60428	1.000	1.72916	54.6
27	-53.45527	D27		
28	1984.71100	4.800	1.50514	74.0
29	-25.14230	0.100		
30*	64.22325	5.500	1.49782	82.6
31	-26.83334	1.200	1.88202	37.2
32	-326.49263	D32		
33	-64.59872	3.428	1.49782	82.6
34*	-25.07133	BF		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	86.55
第2レンズ群	6	-13.10
第3レンズ群	15	23.83
第4レンズ群	23	-33.00
第5レンズ群	28	56.67
第6レンズ群	33	80.00

[0132] この変倍光学系ZL3において、第6面、第23面、第30面及び第34面は非球面形状に形成されている。次の表10に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0133] (表10)

[非球面データ]

第 6 面 $K = 1.00000e+00$

A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
1.75539e-05	-6.44055e-09	-1.64524e-10	1.05588e-12	6.14360e-16

第 23 面 $K = 1.00000e+00$

A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
5.80858e-06	-1.19924e-08	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00

第 30 面 $K = -1.79426e+01$

A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
-7.47242e-06	1.89731e-08	-3.85325e-10	9.87434e-13	0.00000e+00

第 34 面 $K = 4.62100e-01$

A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
-7.86061e-07	2.71115e-08	-2.30871e-10	4.72584e-13	0.00000e+00

[0134] この変倍光学系 Z L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 5、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3（開口絞り S）との軸上空気間隔 D 1 4、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との軸上空気間隔 D 2 2、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との軸上空気間隔 D 2 7、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との軸上空気間隔 D 3 2、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍に際して変化する。次の表 1 1 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での広角端状態（W）、中間焦点距離状態（M）及び望遠端状態（T）の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

[0135]（表 1 1）

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
D 0	∞	∞	∞	215.48	202.64	173.03
β	—	—	—	-0.0737	-0.1184	-0.2280
f	18.60	31.80	77.81	—	—	—

D 5	2.336	14.327	34.805	1.052	12.483	30.752
D 1 4	17.818	10.066	2.400	19.102	11.910	6.452
D 2 2	1.400	4.791	8.625	1.400	4.791	8.625
D 2 7	8.224	4.833	1.000	8.224	4.833	1.000
D 3 2	1.244	2.244	4.244	1.244	2.244	4.244
B F	38.015	45.607	60.406	38.015	45.607	60.406

[0136] 次の表 1 2 に、この変倍光学系 Z L 3 における各条件式対応値を示す。

[0137] (表 1 2)

$$f_5 w = 36.20$$

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_4) / f_5 w = 0.912$$

$$(2) \quad F N w = 2.010$$

$$(3) \quad N_5 n - N_5 p = 0.381$$

$$(4) \quad N_5 n = 1.882$$

$$(5) \quad f_t / f_w = 4.183$$

$$(6) \quad F N t = 2.957$$

$$(7) \quad f_1 / f_3 = 3.631$$

$$(8) \quad f_2 / f_4 = 0.397$$

$$(9) \quad N_2 m a x = 1.883$$

$$(10) \quad f_w / f_3 = 0.780$$

$$(11) \quad f_w / (-f_4) = 0.564$$

$$(12) \quad f_t / f_3 = 3.265$$

$$(13) \quad f_t / (-f_4) = 2.358$$

$$(14) \quad N_3 n - N_3 p = 0.348$$

$$(15) \quad N_3 n = 1.902$$

$$(16) \quad \omega w = 38.943$$

$$(17) \quad \omega t = 10.081$$

[0138] このように、この変倍光学系 Z L 3 は、上記条件式 (1) ~ (17) を全

て満足している。

- [0139] この変倍光学系 Z L 3 の、無限遠合焦時の広角端状態、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を図 1 2 (a)、図 1 3 (a)、図 1 4 (a) に示し、無限遠合焦時の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態において像ぶれ補正を行ったときの横収差図を図 1 2 (b)、図 1 3 (b)、図 1 4 (b) に示し、至近合焦時の広角端状態、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を図 1 5 (a) ~ (c) に示す。これらの各収差図より、この変倍光学系 Z L 3 は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

符号の説明

- [0140] 1 カメラ (光学機器) Z L (Z L 1 ~ Z L 3) 変倍光学系
- G 1 第 1 レンズ群 G 2 第 2 レンズ群 G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群 G 4 A 第 4 A レンズ群 G 4 B 第 4 B レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群

請求の範囲

[請求項1]

光軸に沿って、物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有する第2レンズ群と、

正の屈折力を有する第3レンズ群と、

負の屈折力を有する第4レンズ群と、

正の屈折力を有する第5レンズ群と、を有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が変化するように、各レンズ群が光軸に沿って移動し、

前記第5レンズ群は、正レンズ及び負レンズを少なくとも1枚ずつ有し、

次式の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

$$0.80 < (-f_4) / f_{5w} < 2.50$$

$$FN_w < 3.50$$

但し、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_{5w} : 広角端状態における前記第5レンズ群を含む像側の光学系の合成焦点距離

FN_w : 広角端状態における全系のFナンバー

[請求項2]

次式の条件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。

$$0.30 < N_{5n} - N_{5p}$$

$$1.85 < N_{5n}$$

但し、

N_{5n} : 前記第5レンズ群中の全ての負レンズの媒質のd線に対す

る屈折率の平均値

N_{5p} : 前記第 5 レンズ群中の全ての正レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値

[請求項3] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の変倍光学系。

$$3.50 < f_t / f_w$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

[請求項4] 次式の条件を満足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。

$$F_{Nt} < 4.50$$

但し、

F_{Nt} : 望遠端状態における全系の F ナンバー

[請求項5] 広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、
前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、
前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少し、
前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が増大し、
前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔が減少するように、
各レンズ群が光軸に沿って移動す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] 次式の条件を満足す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。

$$2.50 < f_1 / f_3 < 4.20$$

但し、

f_1 : 前記第 1 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7] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一

項に記載の変倍光学系。

$$0.25 < f_2 / f_4 < 0.55$$

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項8] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.85 < N_{2max}$$

但し、

N_{2max} : 前記第2レンズ群中のレンズの媒質のd線に対する屈折率の絶対値のうちの最大値

[請求項9] 次式の条件を満足する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。

$$0.40 < f_w / f_3 < 1.00$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

[請求項10] 次式の条件を満足す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。

$$0.30 < f_w / (-f_4) < 0.80$$

但し、

f_w : 広角端状態における全系の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項11] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$2.00 < f_t / f_3 < 5.00$$

但し、

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

[請求項12] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$1.50 < f_t / (-f_4) < 4.50$$

但し

f_t : 望遠端状態における全系の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

[請求項13] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$0.30 < N_{3n} - N_{3p}$$

$$1.85 < N_{3n}$$

但し、

N_{3n} : 前記第3レンズ群中の全ての負レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

N_{3p} : 前記第3レンズ群中の全ての正レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

[請求項14] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～13のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$25.0^\circ < \omega_w < 60.0^\circ$$

但し、

ω_w : 広角端状態における半画角

[請求項15] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載の変倍光学系。

$$3.0^\circ < \omega_t < 20.0^\circ$$

但し、

ω_t : 望遠端状態における半画角

[請求項16] 前記第5レンズ群は、非球面形状のレンズ面を有することを特徴とする請求項1～15のいずれか一項に記載の変倍光学系。

- [請求項17] 前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群及び前記第5レンズ群の少なくとも一部を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることを特徴とする請求項1～16のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項18] 前記第4レンズ群の少なくとも一部を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることを特徴とする請求項17に記載の変倍光学系。
- [請求項19] 前記第4レンズ群は、
負の屈折力を有する第4Aレンズ群と、
負の屈折力を有する第4Bレンズ群と、を有し、
前記第4Aレンズ群及び前記第4Bレンズ群の一方を、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることを特徴とする請求項18に記載の変倍光学系。
- [請求項20] 広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第3レンズ群及び前記第5レンズ群は物体方向に移動し、且つ、像面に対する移動量が等しいことを特徴とする請求項1～19のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項21] 近距離物点への合焦に際し、前記第2レンズ群の少なくとも一部を光軸に沿って移動させることを特徴とする請求項1～20のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項22] 前記第4レンズ群は、非球面形状のレンズ面を有することを特徴とする請求項1～21のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項23] 前記第2レンズ群は、非球面形状のレンズ面を有することを特徴とする請求項1～22のいずれか一項に記載の変倍光学系。
- [請求項24] 前記第1レンズ群から最も像側のレンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜が設けられており、
前記反射防止膜は、d線（波長 $\lambda = 587.6\text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_d としたとき、 n_d が1.30以下である層を少なくとも1層

含むことを特徴とする請求項 1 ～ 2 3 のいずれか一項に記載の変倍光学系。

[請求項25] 開口絞りを有し、
前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、前記開口絞りから見て凹形状のレンズ面であることを特徴とする請求項 2 4 に記載の変倍光学系。

[請求項26] 前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、像側から見て凹形状のレンズ面であることを特徴とする請求項 2 4 または 2 5 に記載の変倍光学系。

[請求項27] 請求項 1 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学機器。

[請求項28] 光軸に沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群と、を有する変倍光学系の製造方法であって、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が変化し、前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔が変化するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように配置し、

前記第 5 レンズ群に、正レンズ及び負レンズを少なくとも 1 枚ずつ配置し、

次式の条件を満足するように配置することを特徴とする変倍光学系の製造方法。

$$0.80 < (-f_4) / f_{5w} < 2.50$$

$$FN_w < 3.50$$

但し、

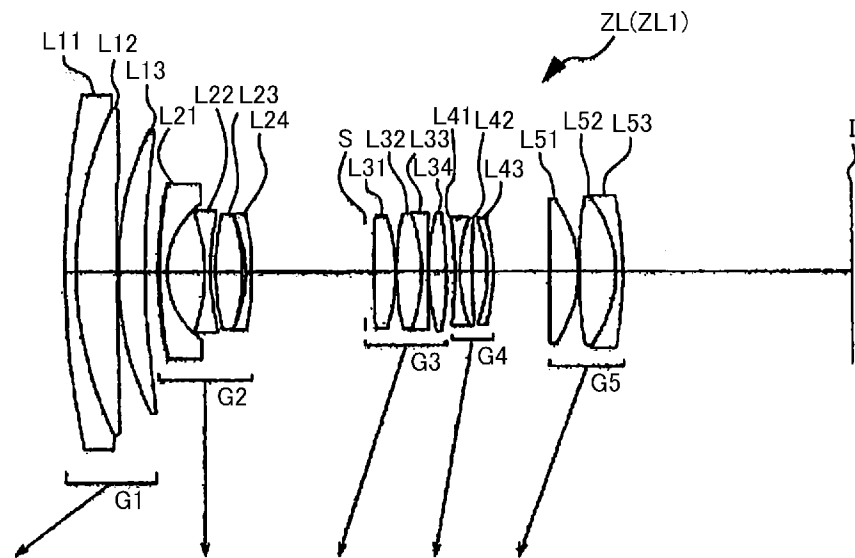
f_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

f_{5w} : 広角端状態における前記第 5 レンズ群を含む像側の光学系の合成焦点距離

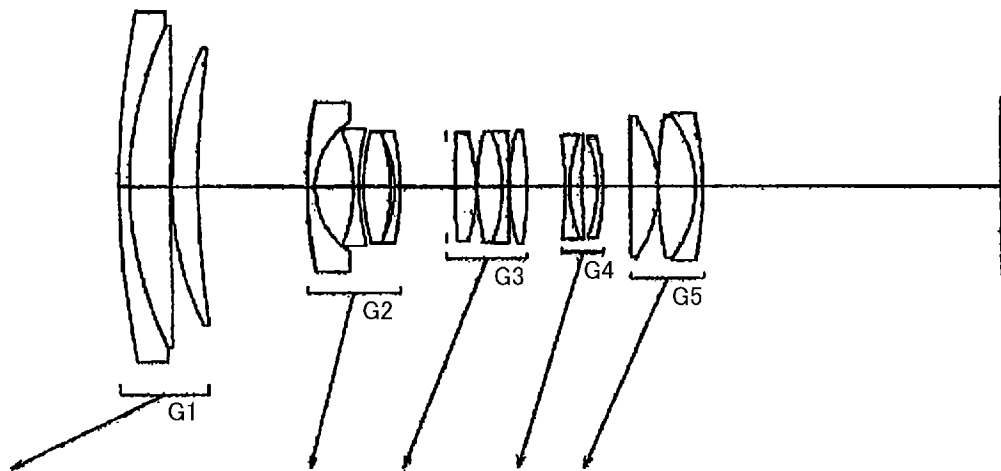
F_{Nw} : 広角端状態における全系の F ナンバー

[図1]

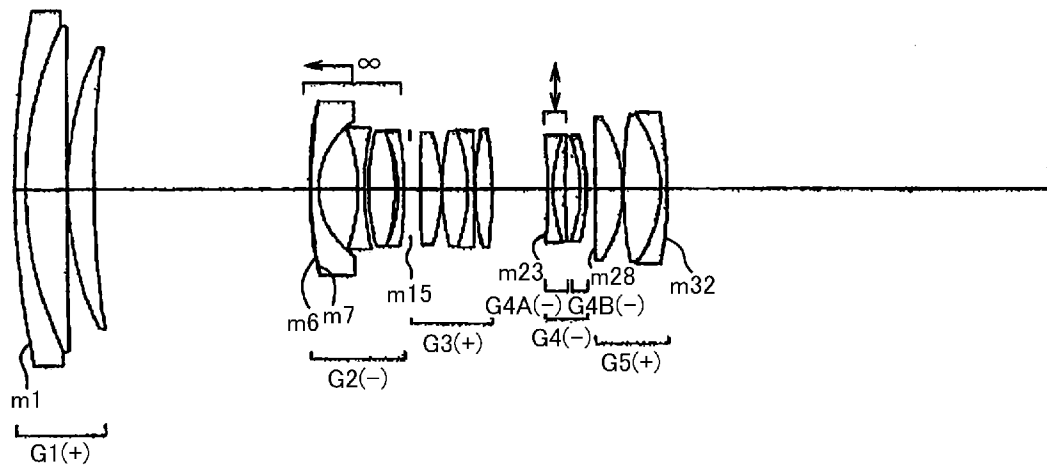
(W)



(M)

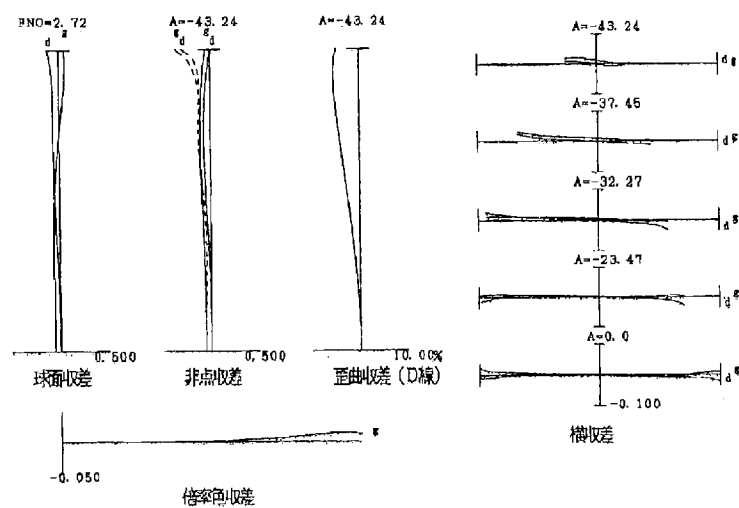


(T)

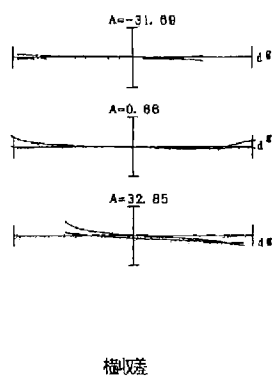


[図2]

(a)

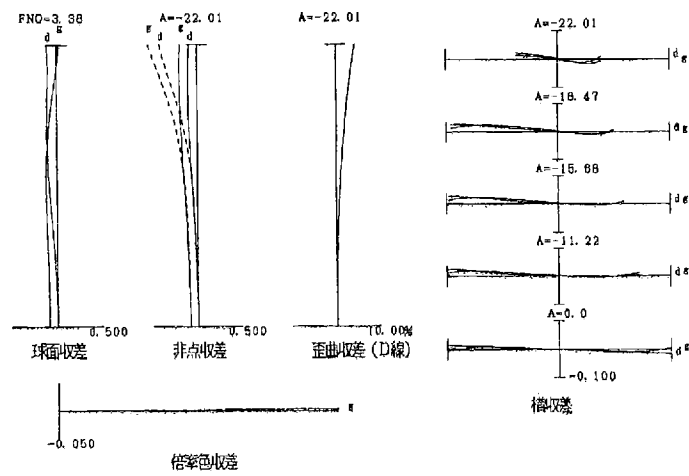


(b)

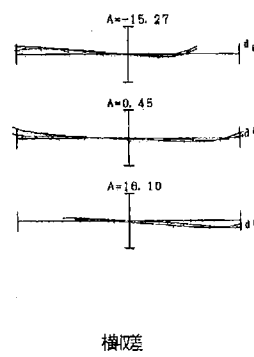


[図3]

(a)

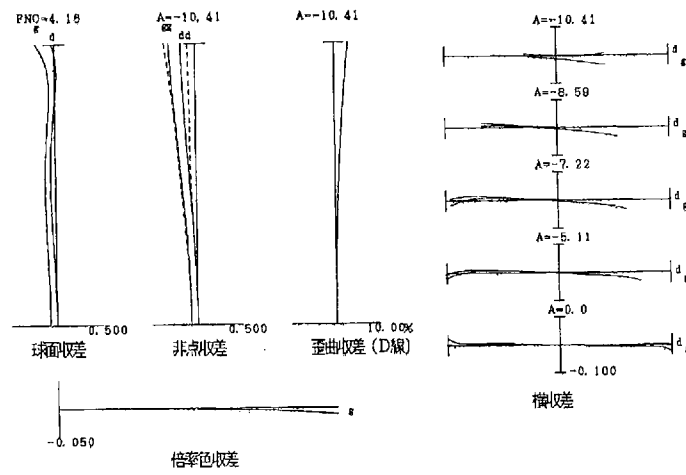


(b)

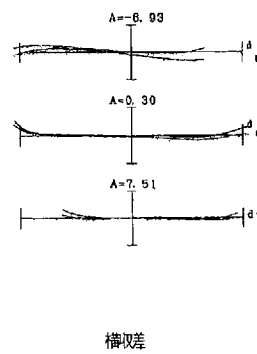


[図4]

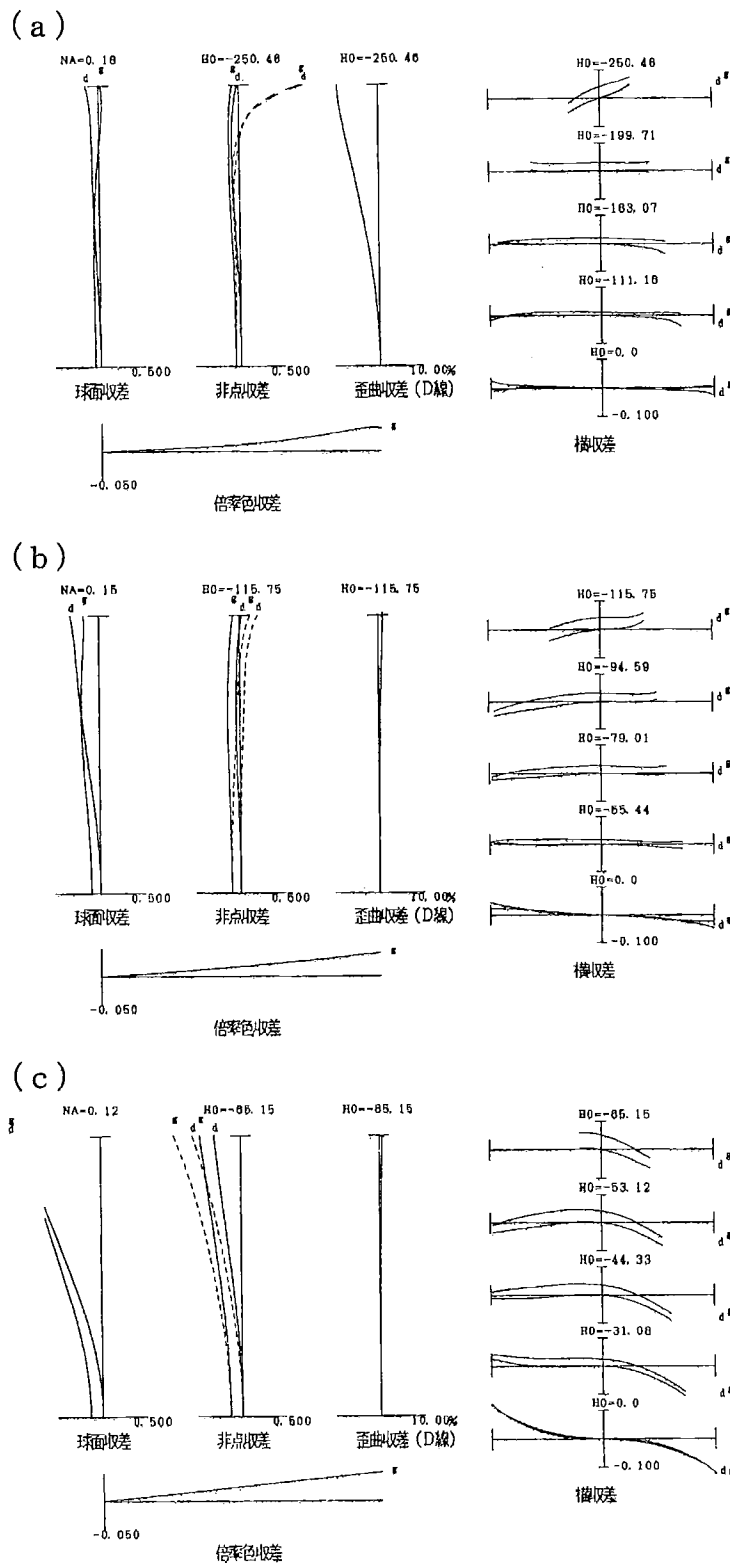
(a)



(b)

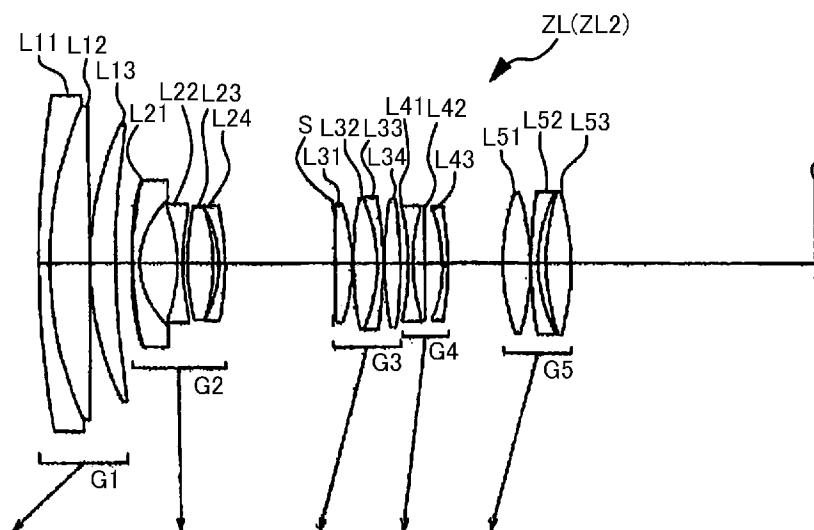


[図5]

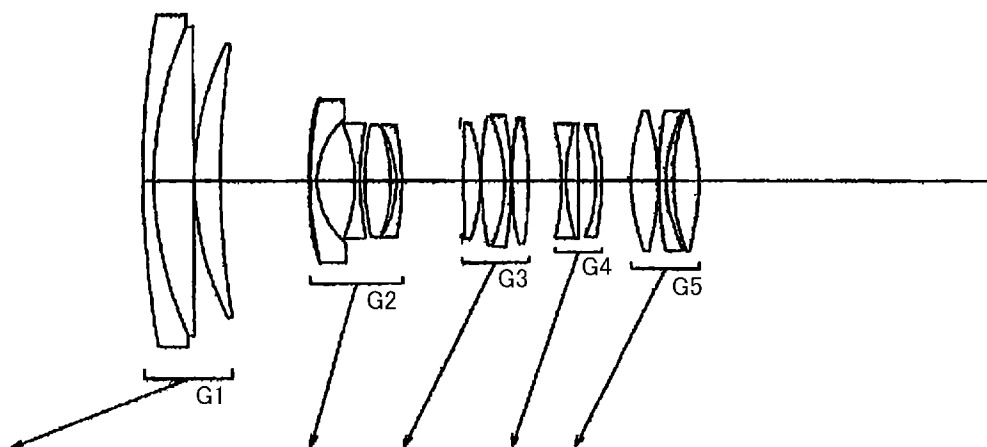


[図6]

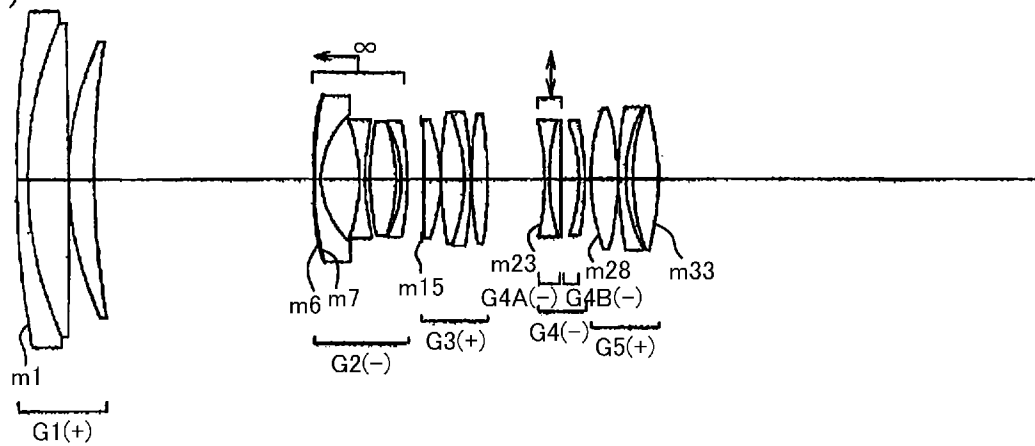
(W)



(M)

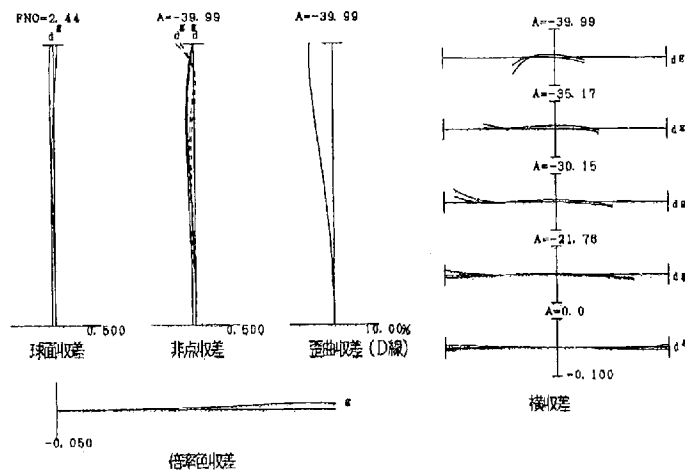


(T)

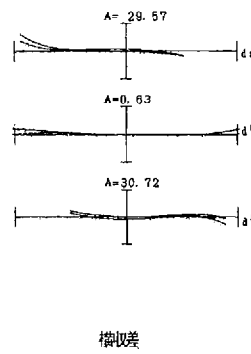


[図7]

(a)

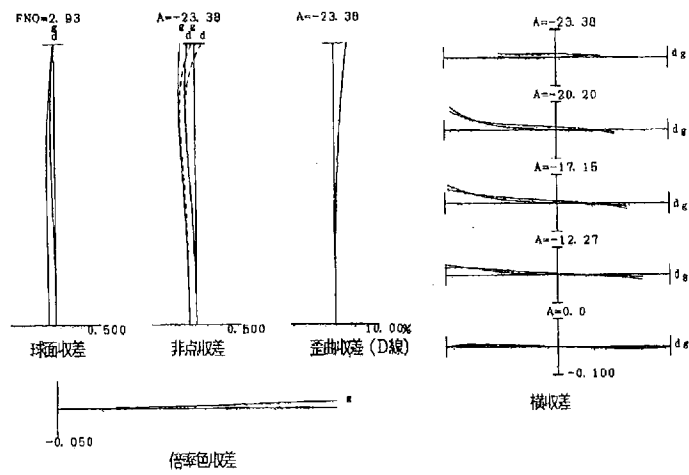


(b)

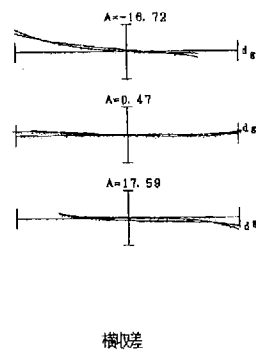


[図8]

(a)

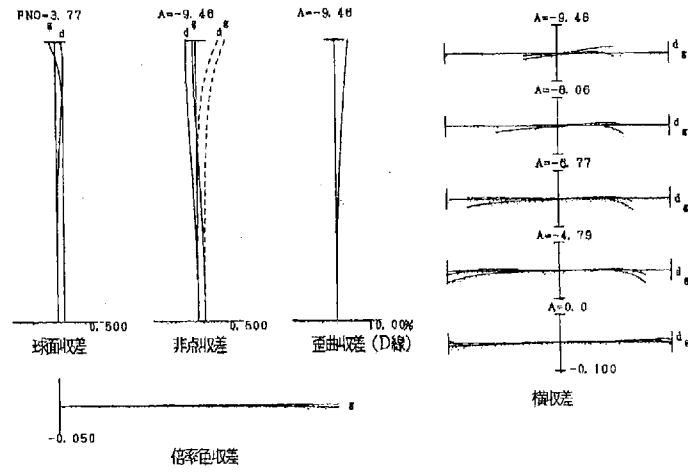


(b)

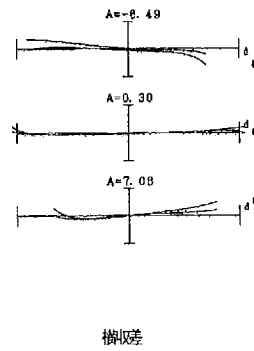


[図9]

(a)

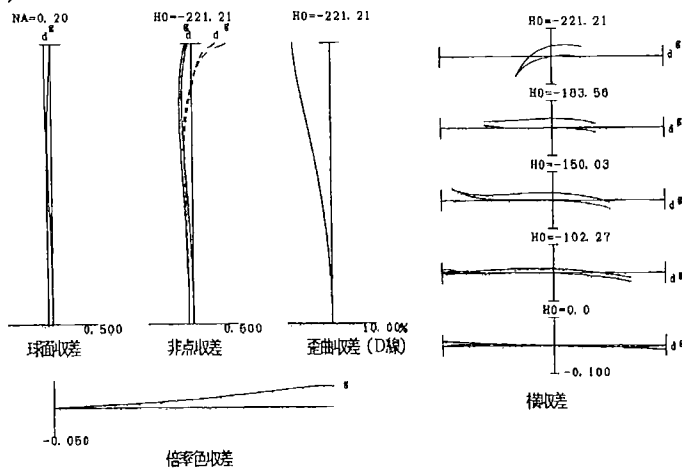


(b)

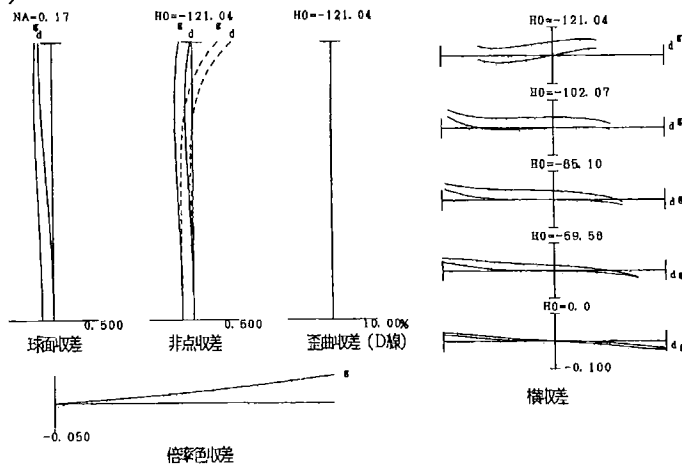


[図10]

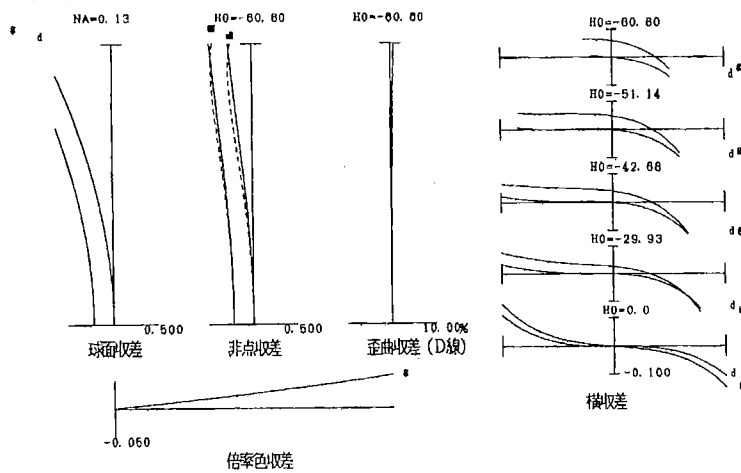
(a)



(b)

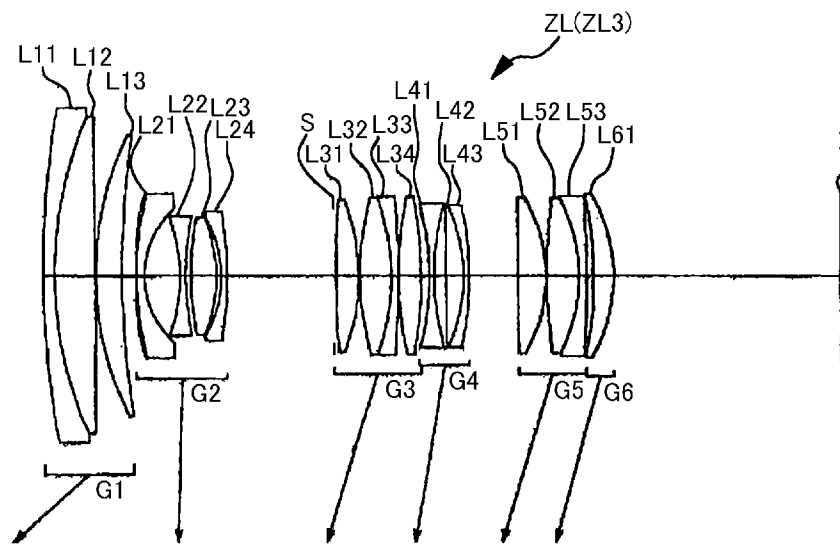


(c)

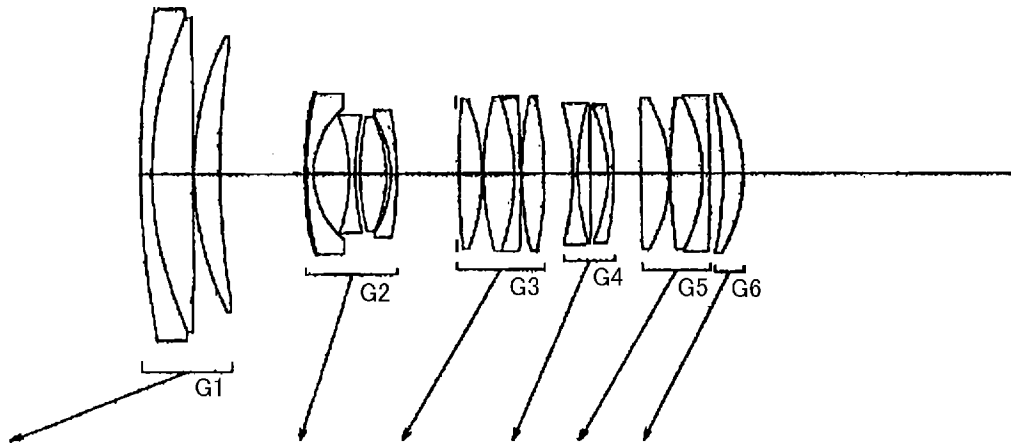


[図11]

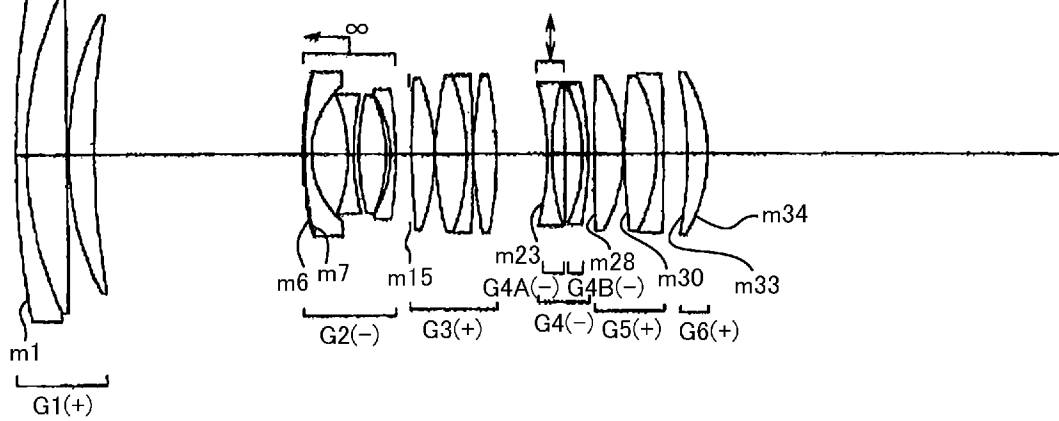
(W)



(M)

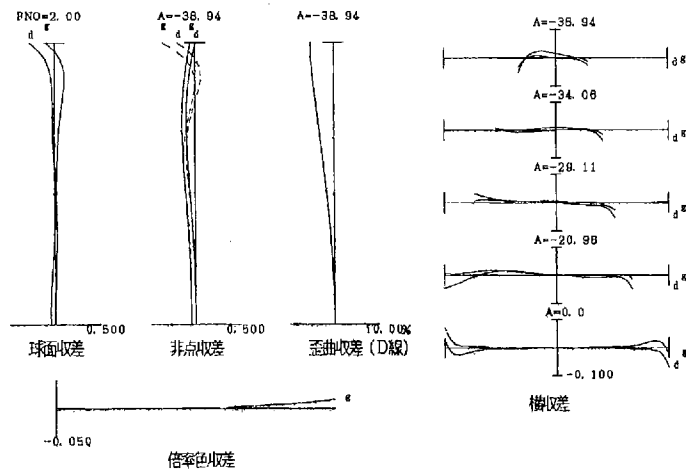


(T)

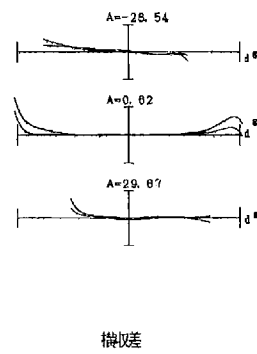


[図12]

(a)

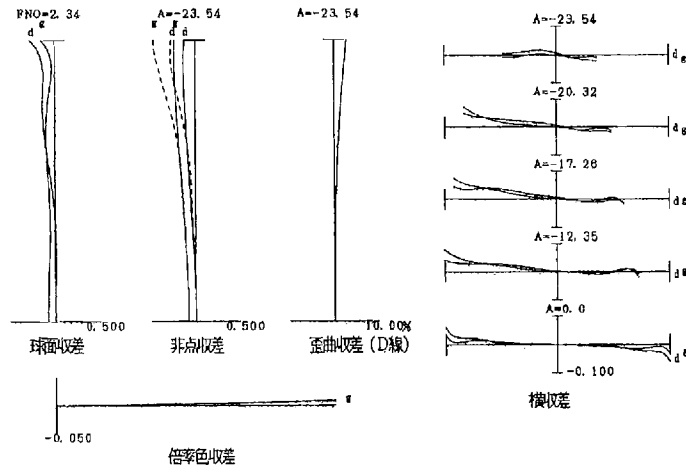


(b)

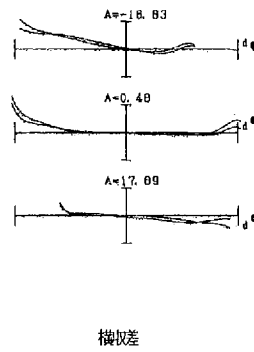


[図13]

(a)

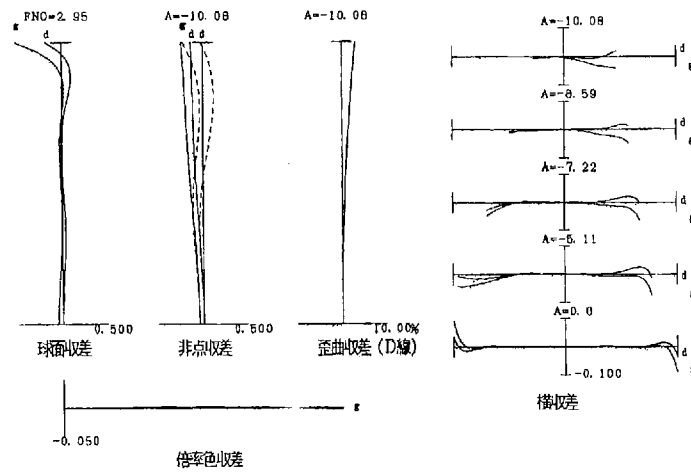


(b)

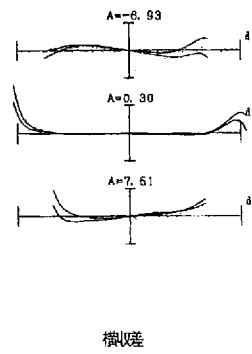


[図14]

(a)

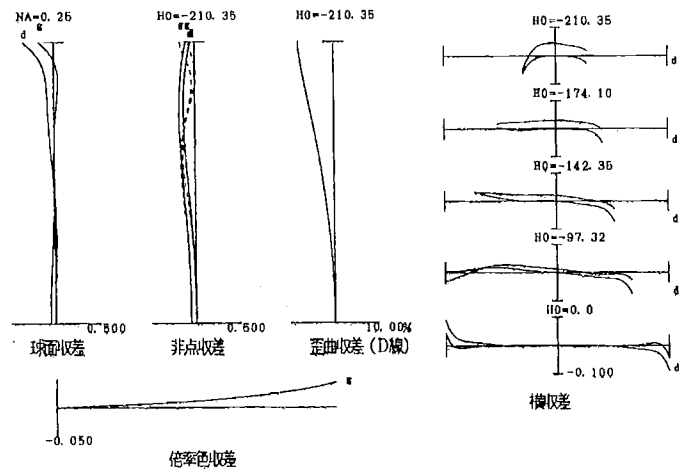


(b)

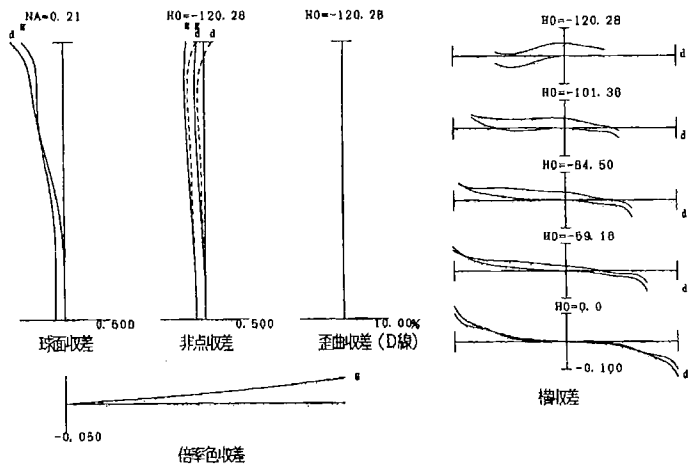


[図15]

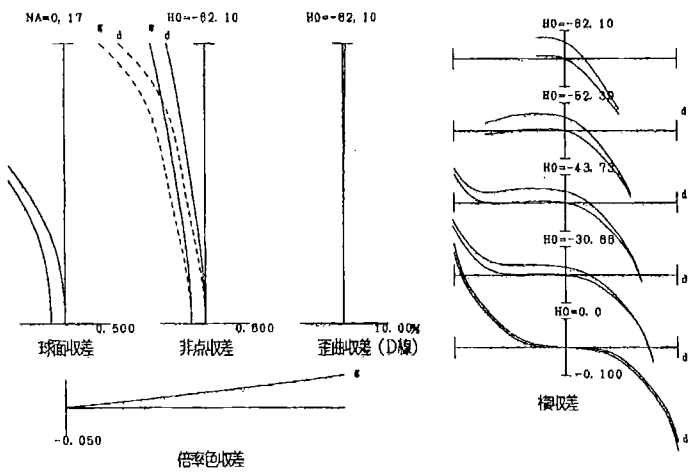
(a)



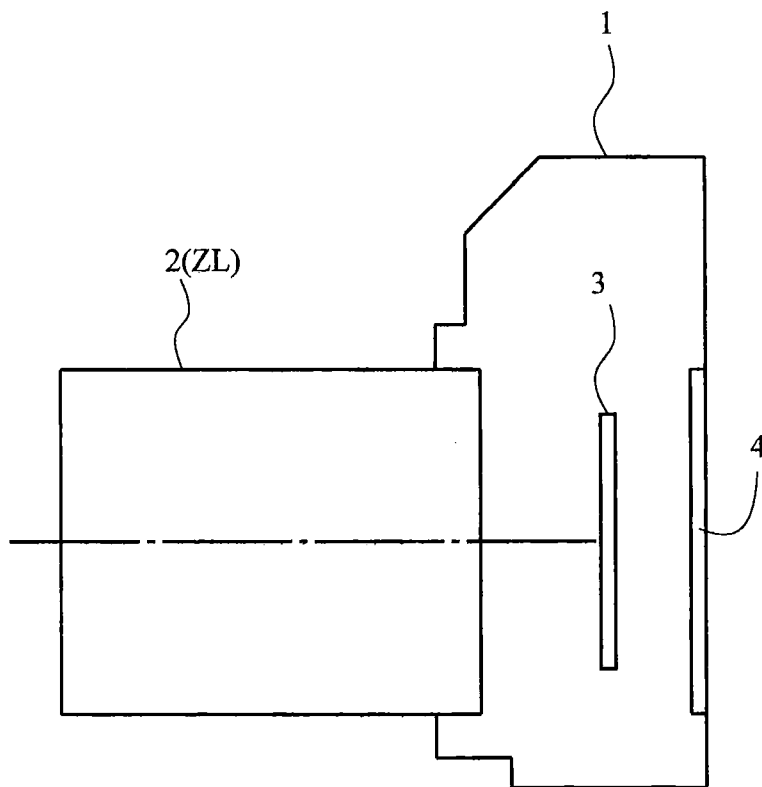
(b)



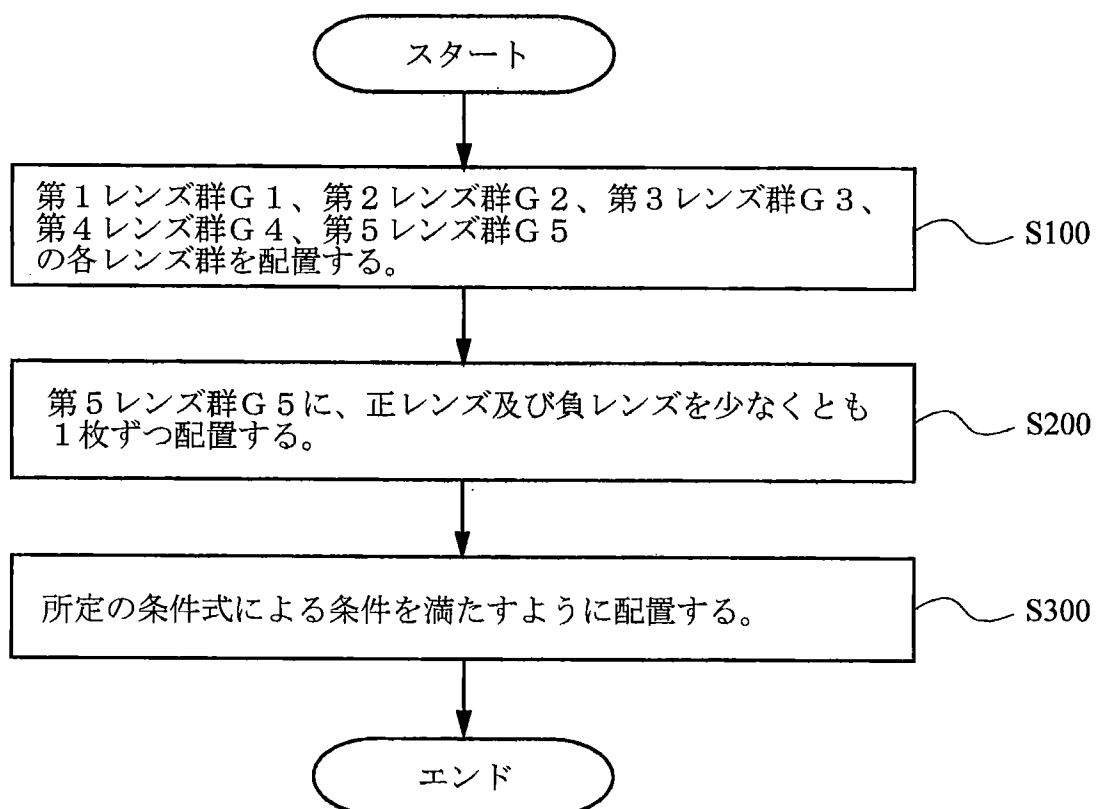
(c)



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065715

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	JP 2014-219480 A (Tamron Co., Ltd.), 20 November 2014 (20.11.2014),	1-18, 21-23,
Y	6th, 11th to 12th examples	27-28
A	(Family: none)	24-26
		19-20
X	JP 2013-134304 A (Nikon Corp.), 08 July 2013 (08.07.2013),	1-12, 14-18,
Y	2nd example	21-23, 27-28
A	(Family: none)	24-26
		13, 19-20
X	JP 2011-090185 A (Nikon Corp.), 06 May 2011 (06.05.2011),	1-6, 8-12,
Y	3rd example	14-19, 21-23,
A	(Family: none)	27-28
		24-26
		7, 13, 20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 July 2016 (11.07.16)

Date of mailing of the international search report
02 August 2016 (02.08.16)

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/JP2016/065715

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2013-190453 A (Canon Inc.), 26 September 2013 (26.09.2013), examples 1, 3, 7 to 8 & US 2013/0235466 A1 examples 1, 7 to 8	1, 3-12, 14-18, 20-23, 27-28 24-26 2, 13, 19
X Y A	JP 2013-190534 A (Canon Inc.), 26 September 2013 (26.09.2013), examples 1 to 3 & US 2013/0242408 A1 examples 1 to 3	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2011-133740 A (Canon Inc.), 07 July 2011 (07.07.2011), examples 1, 3 to 4 & US 2011/0157717 A1 examples 1, 3 to 4 & CN 102109665 A	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2011-039091 A (Canon Inc.), 24 February 2011 (24.02.2011), examples 1 to 2, 5 & US 2011/0032402 A1 examples 1 to 2, 5	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2013-182246 A (Canon Inc.), 12 September 2013 (12.09.2013), example 2 (Family: none)	1, 3-5, 7-12, 14-23, 27-28 24-26 2, 6, 13
X Y A	JP 2012-042549 A (Nikon Corp.), 01 March 2012 (01.03.2012), 1st to 2nd examples (Family: none)	1-6, 8-12, 14-23, 27-28 24-26 7, 13
Y	JP 2014-035478 A (Nikon Corp.), 24 February 2014 (24.02.2014), paragraphs [0014] to [0017], [0021] & US 2015/0153550 A1 paragraphs [0148] to [0153], [0157] & WO 2014/025015 A1 & EP 2884322 A1 & CN 104603665 A	24-26

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

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

国際調査で利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 A	JP 2014-219480 A（株式会社タムロン） 2014.11.20, 第6, 11-12実施例等 (ファミリーなし)	1-18, 21-23, 27-28 24-26 19-20
X Y A	JP 2013-134304 A（株式会社ニコン） 2013.07.08, 第2実施例等 (ファミリーなし)	1-12, 14-18, 21-23, 27-28 24-26 13, 19-20

☒ 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

11.07.2016

国際調査報告の発送日

02.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

4 7 4 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2011-090185 A (株式会社ニコン) 2011.05.06, 第3実施例等 (ファミリーなし)	1-6, 8-12, 14- 19, 21-23, 27- 28 24-26 7, 13, 20
X Y A	JP 2013-190453 A (キヤノン株式会社) 2013.09.26, 実施例1, 3, 7-8等 & US 2013/0235466 A1, 実施例1, 7-8等	1, 3-12, 14-18 , 20-23, 27-28 24-26 2, 13, 19
X Y A	JP 2013-190534 A (キヤノン株式会社) 2013.09.26, 実施例1-3等 & US 2013/0242408 A1, 実施例1-3等	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2011-133740 A (キヤノン株式会社) 2011.07.07, 実施例1, 3-4等 & US 2011/0157717 A1, 実施例1, 3-4等 & CN 102109665 A	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2011-039091 A (キヤノン株式会社) 2011.02.24, 実施例1-2, 5等 & US 2011/0032402 A1, 実施例1-2, 5等	1, 3-4, 6-18, 21-23, 27-28 24-26 2, 5, 19-20
X Y A	JP 2013-182246 A (キヤノン株式会社) 2013.09.12, 実施例2等 (ファミリーなし)	1, 3-5, 7-12, 14-23, 27-28 24-26 2, 6, 13
X Y A	JP 2012-042549 A (株式会社ニコン) 2012.03.01, 第1-2実施例等 (ファミリーなし)	1-6, 8-12, 14- 23, 27-28 24-26 7, 13
Y	JP 2014-035478 A (株式会社ニコン) 2014.02.24, 段落[0014]-[0017], [0021]等 & US 2015/0153550 A1, 段落[0148]-[0153], [0157]等 & WO 2014/025015 A1 & EP 2884322 A1 & CN 104603665 A	24-26