

(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
2014 年 9 月 12 日(12.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/136403 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/163 (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/001044
- (22) 国際出願日: 2014 年 2 月 27 日(27.02.2014)
- (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 2013-041762 2013 年 3 月 4 日(04.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目
1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 嶋田 俊之 (SHIMADA, Toshiyuki); 〒
1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1
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 S S 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, LT, 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, 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: ZOOM LENS, OPTICAL DEVICE, AND METHOD FOR VARYING MAGNIFICATION OF ZOOM LENS

(54) 発明の名称: ズームレンズ、光学機器及びズームレンズの変倍方法

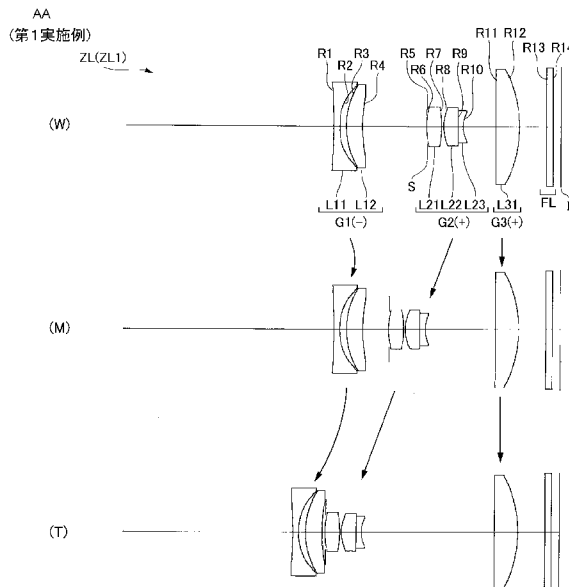


FIG. 1:
AA First example

(57) Abstract: Provided is a zoom lens that comprises a first lens group (G1) having a negative refractive power, a second lens group (G2) having a positive refractive power, and a third lens group (G3) that are arranged in this order from the object side along the optical axis. When varying magnification from a wide-angle end state to a telephoto end state, at least the first lens group (G1) and the second lens group (G2) move so that the interval between the first lens group (G1) and the second lens group (G2) decreases and the interval between the second lens group (G2) and the third lens group (G3) increases, and the following conditional expressions are satisfied: $0.80 < (-f1)/(fw \times ft)^{1/2} < 1.20$ and $0.90 < f2/fw < 1.50$, wherein $f1$ is the focal length of the first lens group (G1), fw is the focal length of the zoom lens (ZL) in the wide-angle end state, ft is the focal length of the zoom lens (ZL) in the telephoto end state, and $f2$ is the focal length of the second lens group (G2).

(57) 要約:

[続葉有]



光軸に沿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（G1）と、正の屈折力を有する第2レンズ群（G2）と、第3レンズ群（G3）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（G1）と第2レンズ群（G2）との間隔が減少し、第2レンズ群（G2）と第3レンズ群（G3）との間隔が増加するように、少なくとも第1レンズ群（G1）と第2レンズ群（G2）とが移動し、次の条件式を満足する。 $0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20$ $0.90 < f_2 / f_w < 1.50$ 但し、 f_1 ：第1レンズ群（G1）の焦点距離、 f_w ：ズームレンズ（ZL）の広角端状態における焦点距離、 f_t ：ズームレンズ（ZL）の望遠端状態における焦点距離、 f_2 ：第2レンズ群（G2）の焦点距離。

明 細 書

発明の名称：

ズームレンズ、光学機器及びズームレンズの変倍方法

技術分野

[0001] 本発明は、スチルカメラ、デジタルカメラ等に好適なズームレンズ、光学機器及びズームレンズの変倍方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラや、デジタルビデオカメラ等の撮像装置（カメラ）が一般に広く普及している。これらの撮影装置では、撮像用レンズとしてズームレンズが用いられることが一般的である。撮影者に快適な撮影を提供するために、広角端状態において十分な画角を有し、望遠端状態に至るまでの変倍比が大きく、かつコンパクトなズームレンズが求められている。ズームレンズの小型化を実現した例として、特許文献1に記載の実施例2がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-154401号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のズームレンズでは、極めて小型のズームレンズを実現しているが、広角端状態における画角がやや狭く、また変倍比も小さい。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、小型でありながら、広角端状態における画角をより広く確保し、かつ高い変倍比を有するズームレンズ、光学機器及びズームレンズの変倍方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] このような目的を達成するため、本発明に係るズームレンズは、光軸に沿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、第3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減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が増加するように、少なくとも前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが移動し、次の条件式を満足する。

$$[0007] \quad 0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20$$

$$0.90 < f_2 / f_w < 1.50$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f_w : 前記ズームレンズの広角端状態における焦点距離、

f_t : 前記ズームレンズの望遠端状態における焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

[0008] 本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

$$[0009] \quad 0.20 < f_2 / f_3 < 0.40$$

但し、

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離。

[0010] 本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

$$[0011] \quad 0.45 < f_w / (-f_1) < 0.75$$

[0012] 本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

$$[0013] \quad 1.50 < f_t / (-f_1) < 1.95$$

[0014] 本発明に係るズームレンズは、次の条件式を満足することが好ましい。

$$[0015] \quad 1.75 < N$$

但し、

N : 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とに含まれる、全てのレンズの光学部材のd線に対する屈折率の平均値。

[0016] 本発明に係るズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は、光軸に沿って

物体側から順に並んだ、1枚の負レンズと、1枚の正レンズとからなることが好ましい。

[0017] 本発明に係るズームレンズにおいて、前記第2レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、2枚の正レンズと、1枚の負レンズとからなることが好ましい。

[0018] 本発明に係る光学機器は、上述のズームレンズのいずれかを搭載する。

[0019] 本発明に係るズームレンズの変倍方法は、光軸に沿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、第3レンズ群とを有し、以下の条件式を満足するズームレンズの変倍方法であって、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減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が増加するように、少なくとも前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが移動する。

[0020] $0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20$
 $0.90 < f_2 / f_w < 1.50$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f_w : 前記ズームレンズの広角端状態における焦点距離、

f_t : 前記ズームレンズの望遠端状態における焦点距離、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、小型でありながら、広角端状態における画角をより広く確保し、かつ高い変倍比を有するズームレンズ、光学機器及びズームレンズの変倍方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本実施形態の第1実施例に係るズームレンズの構成図および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。(W)、(M)、(T)はそれぞれ、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態を示す。

[図2] (a), (b), (c) はそれぞれ、本実施形態の第1実施例に係るズームレンズの撮影距離無限遠での広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における諸収差図である。

[図3] 本実施形態の第2実施例に係るズームレンズの構成図および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。(W), (M), (T) はそれぞれ、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態を示す。

[図4] (a), (b), (c) はそれぞれ、本実施形態の第2実施例に係るズームレンズの撮影距離無限遠での広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における諸収差図である。

[図5] 本実施形態の第3実施例に係るズームレンズの構成図および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。(W), (M), (T) はそれぞれ、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態を示す。

[図6] (a), (b), (c) はそれぞれ、本実施形態の第3実施例に係るズームレンズの撮影距離無限遠での広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における諸収差図である。

[図7] 本実施形態の第4実施例に係るズームレンズの構成図および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。(W), (M), (T) はそれぞれ、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態を示す。

[図8] (a), (b), (c) はそれぞれ、本実施形態の第4実施例に係るズームレンズの撮影距離無限遠での広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における諸収差図である。

[図9] 本実施形態に係るズームレンズを搭載するデジタルカメラ（光学機器）を説明する図であり、(a) は正面図であり、(b) は背面図である。

[図10] 図9 (a) のA-A'線に沿った断面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、実施形態について、図面を参照しながら説明する。

[0024] 本実施形態に係るズームレンズZLは、図1に示すように、光軸に沿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G1と、正の屈折

力を有する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3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G1と第2レンズ群G2との間隔が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増加するように、少なくとも第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とが移動するように構成される。

[0025] ズームレンズZLは、上記のように、物体側から順に並んだ、負、正、正の3つのレンズ群を有する、負先行型のズームレンズである。第2レンズ群G2は、変倍部かつマスターレンズ群である。第1レンズ群G1は、コンペンセータ群である。第3レンズ群G3は、ズームレンズ全系の射出瞳位置を撮像素子に対して最適化すると共に、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2で補正しきれずに残った収差の補正を行う。

[0026] このような単純な構造のズームレンズZLを広角化し、十分な変倍比を確保し、かつコンパクトにするためには、各レンズ群のパワー配置、各レンズの光学材料の屈折率、レンズ構成等を適切に設定する必要がある。

[0027] 本実施形態に係るズームレンズZLでは、広角化しつつ小型化するために、次の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$[0028] \quad 0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20 \quad \dots (1)$$

但し、

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離、

f_w : ズームレンズZLの広角端状態における焦点距離、

f_t : ズームレンズZLの望遠端状態における焦点距離。

[0029] ズームレンズZLの変倍は、第1レンズ群G1が結像した像を、後続のレンズ群で拡大、縮小することにより行われる。ズームレンズZL全系の焦点距離、変倍比等の仕様が定まっている場合、第1レンズ群G1の焦点距離に応じて、後続のレンズ群の倍率が決まる。したがって、第1レンズ群G1の焦点距離は、ズームレンズZL全体の特性を決定する上で、極めて重要なパラメータである。条件式(1)は、この第1レンズ群G1の焦点距離の適切な範囲を規定するものである。

[0030] 条件式（１）の下限値を下回ると、後続のレンズ群の倍率が高くなりすぎるために、望遠端状態においてズームレンズＺＬの全長が長くなりすぎる。また、望遠端状態における球面収差が補正困難となるため、好ましくない。条件式（１）の上限値を上回ると、後続のレンズ群の倍率が低くなりすぎるため、広角端状態においてズームレンズＺＬの全長が長くなりすぎ、前玉径も大きくなる。また、中間焦点距離状態から望遠端状態において、上コマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。

[0031] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（１）の下限値を 0.85 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（１）の下限値を 0.90 とすることが好ましい。

[0032] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（１）の上限値を 1.15 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（１）の上限値を 1.10 とすることが好ましい。

[0033] 上記のように構成されたズームレンズＺＬにおいて、次の条件式（２）を満足することが好ましい。

$$[0034] \quad 0.90 < f_2 / f_w < 1.50 \quad \dots (2)$$

但し、

f_2 : 第２レンズ群 G_2 の焦点距離。

[0035] 条件式（２）は、第２レンズ群 G_2 の焦点距離の適切な範囲を規定するものである。条件式（２）の下限値を下回ると、第２レンズ群 G_2 の屈折力が強くなりすぎ、第２レンズ群 G_2 で発生する球面収差の補正が困難となるため、好ましくない。また、ペッツバール和が著しく大きくなり、中間焦点距離状態から望遠端状態において像面湾曲と非点隔差を同時に補正することができなくなる。条件式（２）の上限値を上回ると、ペッツバール和が著しく小さくなり、中間焦点距離状態から望遠端状態において像面湾曲と非点隔差を同時に補正することができなくなるため、好ましくない。

[0036] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（２）の下限値を 0.95 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために

、条件式（２）の下限値を１．００とすることが好ましい。

[0037] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（２）の上限値を１．４５とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（２）の上限値を１．４０とすることが好ましい。

[0038] 上記のように構成されたズームレンズＺＬにおいて、次の条件式（３）を満足することが好ましい。

[0039] $0.20 < f_2 / f_3 < 0.40 \dots (3)$

但し、

f_3 ：第３レンズ群Ｇ３の焦点距離。

[0040] 条件式（３）は、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の焦点距離の比率について、適切な範囲を規定するものである。条件式（３）の下限値を下回ると、ズームレンズＺＬ全系の射出瞳位置が撮像面に接近しすぎるため、好ましくない。また、広角端状態における像面湾曲の補正が困難となる。条件式（３）の上限値を上回ると、ペッツバール和が著しく大きくなるため、中間焦点距離状態から望遠端状態において像面湾曲と非点隔差の補正が困難となるため、好ましくない。

[0041] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（３）の下限値を０．２４とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（３）の下限値を０．２７とすることが好ましい。

[0042] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（３）の上限値を０．３９とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（３）の上限値を０．３７とすることが好ましい。

[0043] 上記のように構成されたズームレンズＺＬにおいて、次の条件式（４）を満足することが好ましい。

[0044] $0.45 < f_w / (-f_1) < 0.75 \dots (4)$

[0045] 条件式（４）は、広角端状態におけるズームレンズＺＬ全系の焦点距離と第１レンズ群Ｇ１の焦点距離の比率について、適切な範囲を規定するものである。条件式（４）の下限値を下回ると、広角端状態におけるコマ収差、像

面湾曲の補正が困難となるため、好ましくない。条件式（４）の上限値を上回ると、広角端状態から望遠端状態への変倍による球面収差の変動が非常に大きくなり、広角端状態と望遠端状態の両方で球面収差を補正することが困難になるため、好ましくない。

[0046] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（４）の下限値を 0.46 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（４）の下限値を 0.47 とすることが好ましい。

[0047] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（４）の上限値を 0.70 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（４）の上限値を 0.65 とすることが好ましい。

[0048] 上記のように構成されたズームレンズ ZL において、次の条件式（５）を満足することが好ましい。

$$[0049] \quad 1.50 < f_t / (-f_1) < 1.95 \quad \dots (5)$$

[0050] 条件式（５）は、望遠端状態におけるズームレンズ ZL の全系の焦点距離と第 1 レンズ群 G1 の焦点距離の比率について、適切な範囲を規定するものである。条件式（５）の下限を下回ると、広角端状態におけるコマ収差、像面湾曲の補正が困難となるため、好ましくない。条件式（５）の上限値を上回ると、望遠端状態における球面収差の補正が困難となるため、好ましくない。

[0051] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（５）の下限値を 1.54 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（５）の下限値を 1.58 とすることが好ましい。

[0052] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式（５）の上限値を 1.90 とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式（５）の上限値を 1.85 とすることが好ましい。

[0053] 上記のように構成されたズームレンズ ZL において、次の条件式（６）を満足することが好ましい。

$$[0054] \quad 1.75 < N \quad \dots (6)$$

但し、

N：第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とに含まれる、全てのレンズの光学部材のd線に対する屈折率の平均値。

[0055] 条件式(6)は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2に含まれる全てのレンズの光学部材の屈折率について、適切な範囲を規定するものである。条件式(6)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2に含まれる各レンズの曲率半径が小さくなりすぎるために、ズーム全域において球面収差、コマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。

[0056] 本実施形態の効果を確実なものとするために、条件式(6)の上限値を1.78とすることが好ましい。本実施形態の効果を最大限に発揮するために、条件式(6)の上限値を1.80とすることが好ましい。

[0057] 上記のように構成されたズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、1枚の負レンズと、1枚の正レンズとから構成されることが好ましい。この構成は、第1レンズ群G1の色収差、球面収差、コマ収差、非点格差を補正可能な最小枚数のレンズ構成であり、光学性能を低下させずに、ズームレンズZLを広角化、小型化するために必要な条件となっている。

[0058] 上記のように構成されたズームレンズZLにおいて、第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、2枚の正レンズと、1枚の負レンズとから構成されることが好ましい。この構成により、第1レンズ群G1で発散された光束に対して、第2レンズ群G2で球面収差を過剰に発生させることなく、収斂作用を発揮することができる。また、第2レンズ群G2の後側主点を物体側に移動させることが可能となり、望遠端状態において第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔確保が容易になる。

[0059] 本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングは、第1レンズ群G1あるいは第3レンズ群G3を物体側に繰り出すことによって行うことが可能である。しかしながら、第1レンズ群G1を繰り出す方法では、至近撮影時に画面周辺部の光量低下を招き

やすいため、第3レンズ群G3を物体側に繰り出すことによって行うことがより望ましい。

[0060] 本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、各レンズ面のうち任意の面を、回折面としてもよい。また、任意のレンズを、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。また、第3レンズ群G3の像側に、屈折力が小さなレンズ群を付加してもよい。

[0061] 本実施形態に係るズームレンズZLにおいて、各レンズ群のうち、1つのレンズ群全体又はその一部のレンズを光軸と略垂直な方向に移動させる構成とすることもできる。この構成により、像面上の像を移動させることが可能となり、いわゆる防振レンズを実現することができる。

[0062] 以上のような構成を有する本実施形態によれば、極めて小型でありながら、広角端状態における画角をより広く確保し（80度程度）、かつ高い変倍比を有する（3～4倍程度）、ズームレンズZLを実現することができる。

[0063] 図9及び図10に、撮影レンズとして上述のズームレンズZLを備える、デジタルスチルカメラCAM（光学機器）の構成を示す。このデジタルスチルカメラCAMは、不図示の電源釦を押すと、撮影レンズ（ズームレンズZL）の不図示のシャッタが開放されて、ズームレンズZLで被写体（物体）からの光が集光され、像面I（図1参照）に配置された撮像素子C（例えば、CCDやCMOS等）に結像される。撮像素子Cに結像された被写体像は、デジタルスチルカメラCAMの背後に配置された液晶モニターMに表示される。撮影者は、液晶モニターMを見ながら被写体像の構図を決めた後、リリース釦B1を押し下げて被写体像を撮像素子Cで撮影し、不図示のメモリーに記録保存する。

[0064] カメラCAMには、被写体が暗い場合に補助光を発光する補助光発光部EF、デジタルスチルカメラCAMの種々の条件設定等に使用するファンクションボタンB2等が配置されている。ここでは、カメラCAMとズームレンズZLとが一体に成形されたコンパクトタイプのカメラを例示したが、光学機器としては、ズームレンズZLを有するレンズ鏡筒とカメラボディ本体と

が着脱可能な一眼レフカメラでも良い。

[0065] 上記構成のカメラCAMによれば、撮影レンズとして本実施形態に係るズームレンズZLを搭載することにより、小型でありながら、広角端状態における画角をより広く確保し、かつ高い変倍比を有するカメラを実現することができる。

[0066] 本実施形態に係るズームレンズZLの変倍方法は、光軸に沿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G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とを有し、次の条件式(1)、(2)を満足するズームレンズZLにおいて、図1に示すように、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)への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が増加するように、少なくとも第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とを移動させる。

[0067] $0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20 \dots (1)$

$0.90 < f_2 / f_w < 1.50 \dots (2)$

但し、

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離、

f_w : ズームレンズZLの広角端状態における焦点距離、

f_t : ズームレンズZLの望遠端状態における焦点距離、

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離。

[0068] 上記の変倍方法によれば、ズームレンズZLにおいて、小型化を図りつつ、広角端状態における画角をより広く確保し(80度程度)、かつ高い変倍比を達成する(3~4倍程度)ことができる。

実施例

[0069] これより本実施形態に係る各実施例について、図面に基づいて説明する。

以下に、表1~表4を示すが、これらは第1実施例~第4実施例における各諸元の表である。

[0070] 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。

[0071] 各実施例では収差特性の算出対象として、d線（波長587.5620nm）、g線（波長435.8350nm）を選んでいる。

[0072] 表中の「全体諸元」において、fは各状態におけるズームレンズZL全系の焦点距離、FnoはFナンバー、2ωは画角（単位：°）、Ymaxは最大像高をそれぞれ示す。

[0073] 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、ndは光学部材の材質のd線に対する屈折率、νdは光学部材の材質のd線を基準とするアッベ数をそれぞれ示す。物面は物体面、（可変）は可変の面間隔、曲率半径の「∞」は平面又は開口、（絞りS）は開口絞りS、像面は像面Iをそれぞれ示す。空気の屈折率「1.00000」は省略する。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。

[0074] 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、Aiは第i次の非球面係数を示す。「E-n」は、「×10⁻ⁿ」を示す。例えば、1.234E-05=1.234×10⁻⁵である。

$$[0075] \quad X(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/r^2)^{1/2}\} \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \dots (a)$$

[0076] 表中の「可変間隔データ」において、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態のそれぞれにおける各可変間隔Di（第i面と第（i+1）面との可変間隔）、TLはズームレンズZL全長、BFはバックフォーカス（最も像側に配置されている光学部材の像側の面から近軸像面までの距離）を示す

。

[0077] 表中の「レンズ群データ」において、Gは群番号、群初面は各群の最も物体側の面番号を、群焦点距離は各群の焦点距離を示す。

[0078] 表中の「条件式」において、上記の条件式（１）～（６）に対応する値を示す。

[0079] 以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 R 、面間隔 D 、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。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。

[0080] 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。

[0081] （第１実施例）

第１実施例について、図１、図２及び表１を用いて説明する。第１実施例に係るズームレンズZL（ZL１）は、図１に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第１レンズ群G１と、正の屈折力を持つ第２レンズ群G２と、正の屈折力を持つ第３レンズ群G３と、フィルタ群FLとから構成されている。

[0082] そして、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G１と第２レンズ群G２との間隔が減少し、第２レンズ群G２と第３レンズ群G３との間隔が増加するように、第１レンズ群G１と第２レンズ群G２とが移動する。第３レンズ群G３は、固定されており、ズーミングに際しても移動しない。

[0083] 第１レンズ群G１は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL１１と、正レンズL１２とから構成されている。負レンズL１１の物体側および像側のレンズ面、正レンズL１２の像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0084] 第２レンズ群G２は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL２

1 と、正レンズ L 2 2 と負レンズ L 2 3 との接合レンズとから構成されている。正レンズ L 2 1 の物体側および像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0085] 第 3 レンズ群 G 3 は、1 枚の正レンズ L 3 1 のみで構成されている。正レンズ L 3 1 の像側のレンズ面は、非球面である。

[0086] F ナンバーを決定する絞り S は、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第 2 レンズ群 G 2 と同一軌道で移動する。

[0087] フィルタ群 F L は、像面 I に配設される固体撮像素子（例えば、CCD や CMOS）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタや赤外カットフィルタ等で構成されている。

[0088] 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 ～ 14 が、図 1 に示す曲率半径 R 1 ～ R 14 の各光学面に対応している。第 1 実施例では、第 1 面、第 2 面、第 4 面、第 6 面、第 7 面、第 12 面が非球面である。

[0089] (表 1)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	5.15	8.70	14.70
Fno	3.34	4.49	6.44
2 ω	80.45	51.65	31.39
Ymax	3.50	3.90	3.90

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物面	∞			
*1	-19.1765	0.4500	1.88202	37.23
*2	5.7448	0.5200		

3	6.0802	1.2500	1.92286	20.88
*4	11.5477	D4(可変)		
5	∞	-0.0500(Fno決定面)		
*6	5.8378	1.1500	1.59201	67.05
*7	-6.9426	0.1500		
8	3.4770	1.1000	1.88300	40.66
9	391.4576	0.4000	1.95000	29.37
10	2.4300	D10(可変)		
11	-1000.0000	1.8000	1.53153	55.95
*12	-9.5350	D12(可変)		
13	∞	0.5000	1.51680	63.88
14	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

(第1面)

$\kappa=1.0000$, $A4=2.74116E-03$, $A6=-1.23404E-04$, $A8=0.00000E+00$, $A10=0.00000E+00$

(第2面)

$\kappa=-0.0890$, $A4=4.55493E-03$, $A6=3.18602E-04$, $A8=-1.25219E-06$, $A10=-3.04823E-06$

(第4面)

$\kappa=1.0000$, $A4=-5.46977E-04$, $A6=-3.42618E-04$, $A8=4.40386E-05$, $A10=-1.48556E-06$

(第6面)

$\kappa=1.0000$, $A4=-1.73166E-03$, $A6=0.00000E+00$, $A8=0.00000E+00$, $A10=0.00000E+00$

(第7面)

$\kappa=0.0281$, $A4=-1.28778E-04$, $A6=0.00000E+00$, $A8=0.00000E+00$, $A10=0.00000E+00$

(第12面)

$\kappa=-8.8758$, $A4=-1.11069E-03$, $A6=1.29644E-05$, $A8=-1.71727E-07$, $A10=0.00000E+00$

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
	無限遠	無限遠	無限遠
f	5.15	8.70	14.70
D4	4.9573	2.0187	0.2787
D10	2.5060	5.3490	10.1541
D12	2.0682	2.0682	2.0682
BF	0.6000	0.6000	0.6000
TL	17.4015	17.3059	20.3710

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-8.15
G 2	6	5.45
G 3	11	18.10

[条件式]

$$\text{条件式 (1)} \quad (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} = 0.9367$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_2 / f_w = 1.0583$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_2 / f_3 = 0.2962$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_w / (-f_1) = 0.6319$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_t / (-f_1) = 1.8037$$

条件式 (6) $N = 1.8460$

[0090] 表 1 から、本実施例に係るズームレンズ Z L 1 は、条件式 (1) ~ (6) を満たすことが分かる。

[0091] 図 2 は、第 1 実施例に係るズームレンズ Z L 1 における無限遠合焦時の諸収差図（球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図）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。

[0092] 各収差図において、F N O は F ナンバー、Y は像高、A は各像高に対する半画角（単位： $^{\circ}$ ）をそれぞれ示す。d は d 線、g は g 線における収差をそれぞれ示す。記載のないものは、d 線における収差を示す。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示す。コマ収差図において、実線はメリディオナルコマ収差、点線はサジタルコマ収差を示し、原点より右側の点線は d 線に対してメリディオナル方向に発生するサジタルコマ収差、原点より左側の点線は d 線に対してサジタル方向に発生するサジタルコマ収差をそれぞれ示す。

[0093] これら収差図に関する説明は、他の実施例においても同様とし、その説明を省略する。

[0094] 各収差図から明らかなように、第 1 実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

[0095] (第 2 実施例)

第 2 実施例について、図 3、図 4 及び表 2 を用いて説明する。第 2 実施例に係るズームレンズ Z L (Z L 2) は、図 3 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、フィルタ群 F L とから構成されている。

[0096] そして、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 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が減少し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3

との間隔が増加するように、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とが移動する。第3レンズ群G3は、固定されており、ズーミングに際しても移動しない。

[0097] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL11、正レンズL12とから構成されている。負レンズL11の物体側および像側のレンズ面、正レンズL12の像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0098] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL21と、正レンズL22と負レンズL23との接合レンズとから構成されている。正レンズL21の物体側および像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0099] 第3レンズ群G3は、1枚の正レンズL31のみで構成されている。正レンズL31の像側のレンズ面は、非球面である。

[0100] Fナンバーを決定する絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第2レンズ群G2と同一軌道で移動する。

[0101] フィルタ群FLは、像面Iに配設される固体撮像素子（例えば、CCDやCMOS）の限界解像以上の空間周波数をカットするための、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等で構成されている。

[0102] 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1～14が、図3に示す曲率半径R1～R14の各光学面に対応している。第2実施例では、第1面、第2面、第4面、第6面、第7面、第12面が非球面である。

[0103] (表2)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	5.15	8.70	14.70
Fno	3.52	4.68	6.64

2ω	79.99	51.36	31.13
$Y_{\max}$	3.50	3.90	3.90

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物面	∞			
*1	435.3026	0.4500	1.85135	40.10
*2	5.0647	0.8000		
3	8.6549	1.2500	1.92286	20.88
*4	16.9171	D4(可変)		
5	∞	-0.2500(Fno決定面)		
*6	4.6737	1.2500	1.61881	63.86
*7	-9.4864	0.1500		
8	4.1171	1.1000	1.88300	40.66
9	105.3274	0.4000	1.95000	29.37
10	2.5875	D10(可変)		
11	-1000.0000	1.7500	1.53153	55.95
*12	-10.0042	D12(可変)		
13	∞	0.5000	1.51680	63.88
14	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

(第1面)

$\kappa=1.0000$, $A4=-1.12000E-03$, $A6=6.71000E-05$, $A8=0.00000E+00$, $A10=0.00000E+00$

(第2面)

$\kappa=1.0000$, $A4=-6.94000E-05$, $A6=1.62000E-04$, $A8=-2.24000E-05$, $A10=2.$

82000E-06

(第4面)

 $\kappa = 1.0000$, $A4 = -1.34000E-03$, $A6 = 7.35000E-05$, $A8 = -8.37000E-06$, $A10 = -2.02000E-07$

(第6面)

 $\kappa = 1.2387$, $A4 = -1.19000E-03$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第7面)

 $\kappa = -11.3351$, $A4 = 0.00000E+00$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第12面)

 $\kappa = 0.0561$, $A4 = -8.79000E-06$, $A6 = -9.31000E-06$, $A8 = 7.10000E-06$, $A10 = 0.00000E+00$

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
	無限遠	無限遠	無限遠
f	5.15	8.70	14.70
D4	6.2273	2.5993	0.4510
D10	2.5131	5.2577	9.8966
D12	2.1884	2.1884	2.1884
BF	0.6000	0.6000	0.6000
TL	18.9288	18.0454	20.5360

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-9.20
G 2	6	5.95

G 3 11 19.00

[条件式]

$$\text{条件式 (1)} \quad (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} = 1.0763$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_2 / f_w = 1.1972$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_2 / f_3 = 0.3132$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_w / (-f_1) = 0.5402$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_t / (-f_1) = 1.5978$$

$$\text{条件式 (6)} \quad N = 1.8452$$

[0104] 表2から、本実施例に係るズームレンズZ L 2は、条件式(1)～(6)を満たすことが分かる。

[0105] 図4は、第2実施例に係るズームレンズZ L 2における無限遠合焦時の諸収差図(球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図)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。

[0106] 各収差図から明らかなように、第2実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

[0107] (第3実施例)

第3実施例について、図5、図6及び表3を用いて説明する。第3実施例に係るズームレンズZ L (Z L 3)は、図5に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群G 1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G 2と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G 3と、フィルタ群F Lとから構成されている。

[0108] そして、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G 1と第2レンズ群G 2との間隔が減少し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が増加するように、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2とが移動する。第3レンズ群G 3は、固定されており、ズーミングに際しても移動し

ない。

[0109] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL11、正レンズL12とから構成されている。負レンズL11の物体側および像側のレンズ面、正レンズL12の物体側および像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0110] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL21と、正レンズL22と負レンズL23との接合レンズとから構成されている。正レンズL21の物体側および像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0111] 第3レンズ群G3は、1枚の正レンズL31のみで構成されている。正レンズL31の像側のレンズ面は、非球面である。

[0112] Fナンバーを決定する絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第2レンズ群G2と同一軌道で移動する。

[0113] フィルタ群FLは、像面Iに配設される固体撮像素子（例えば、CCDやCMOS）の限界解像以上の空間周波数をカットするための、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等で構成されている。

[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1～14が、図5に示す曲率半径R1～R14の各光学面に対応している。第3実施例では、第1面、第2面、第3面、第4面、第6面、第7面、第12面が非球面である。

[0115] (表3)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	5.15	10.00	19.40
Fno	3.07	4.34	6.82
2 ω	80.16	44.99	23.91
Ymax	3.50	3.90	3.90

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物面	∞			
*1	-33.34557	0.4500	1.88202	37.23
*2	6.20522	0.8300		
*3	8.30745	1.3500	1.92286	20.88
*4	21.49237	D4(可変)		
5	∞	-0.2500(Fno決定面)		
*6	4.84551	1.3500	1.61881	63.90
*7	-12.05761	0.1500		
8	4.43946	1.2000	1.80400	46.60
9	-1000.00000	0.4000	1.90366	31.30
10	2.73022	D10(可変)		
11	-1000.00000	1.6500	1.53153	55.95
*12	-10.78509	D12(可変)		
13	∞	0.5000	1.51680	63.88
14	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

(第1面)

$\kappa=1.0000$, $A4=5.48370E-04$, $A6=-9.24590E-06$, $A8=0.00000E+00$, $A10=0.00000E+00$

(第2面)

$\kappa=0.5186$, $A4=3.78770E-04$, $A6=1.00530E-04$, $A8=-4.44450E-06$, $A10=1.28750E-07$

(第3面)

$\kappa = -3.0000$, $A4 = 0.00000E+00$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第4面)

$\kappa = 1.0000$, $A4 = -7.52260E-04$, $A6 = -4.18450E-05$, $A8 = 3.41160E-06$, $A10 = -1.44570E-07$

(第6面)

$\kappa = -0.0004$, $A4 = 8.58050E-05$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第7面)

$\kappa = -9.6206$, $A4 = 0.00000E+00$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第12面)

$\kappa = -2.8761$, $A4 = -1.81640E-04$, $A6 = -1.27780E-05$, $A8 = 3.01010E-07$, $A10 = 0.00000E+00$

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
	無限遠	無限遠	無限遠
f	5.15	10.00	19.40
D4	9.7400	3.6057	0.4496
D10	3.2331	7.0716	14.5112
D12	2.3621	2.3621	2.3621
BF	0.6000	0.6000	0.6000
TL	23.5652	21.2694	25.5529

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-10.80

G 2	6	7.18
G 3	11	20.50

[条件式]

$$\text{条件式 (1)} \quad (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} = 1.0805$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_2 / f_w = 1.3942$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_2 / f_3 = 0.3132$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_w / (-f_1) = 0.4769$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_t / (-f_1) = 1.7963$$

$$\text{条件式 (6)} \quad N = 1.8263$$

[0116] 表3から、本実施例に係るズームレンズZ L 3は、条件式(1)～(6)を満たすことが分かる。

[0117] 図6は、第3実施例に係るズームレンズZ L 3における無限遠合焦時の諸収差図(球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図)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] 各収差図から明らかなように、第3実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた光学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7、図8及び表4を用いて説明する。第4実施例に係るズームレンズZ L (Z L 4)は、図7に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負の屈折力を持つ第1レンズ群G 1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G 2と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G 3と、負の屈折力を持つ第4レンズ群G 4と、フィルタ群F Lとから構成されている。

[0120] そして、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G 1と第2レンズ群G 2との間隔が減少し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間隔が増加し、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間隔が減少す

るように、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが移動する。第4レンズ群G4は固定されており、ズーミングに際しても移動しない。

[0121] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL11、正レンズL12とから構成されている。負レンズL11の物体側および像側のレンズ面、正レンズL12の像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0122] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL21と、正レンズL22と負レンズL23との接合レンズとから構成されている。正レンズL21の物体側および像側のレンズ面は、いずれも非球面である。

[0123] 第3レンズ群G3は、1枚の正レンズL31のみで構成されている。正レンズL31の像側のレンズ面は、非球面である。

[0124] 第4レンズ群G4は、1枚の負レンズL41のみで構成されている。

[0125] Fナンバーを決定する絞りSは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第2レンズ群G2と同一軌道で移動する。

[0126] フィルタ群FLは、像面Iに配設される固体撮像素子（例えば、CCDやCMOS）の限界解像以上の空間周波数をカットするための、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等で構成されている。

[0127] 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1～16が、図7に示す曲率半径R1～R16の各光学面に対応している。第4実施例では、第1面、第2面、第4面、第6面、第7面、第12面が非球面である。

[0128] (表4)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	5.15	8.70	14.70

Fno	3.33	4.51	6.49
2ω	80.46	51.68	31.36
Ymax	3.50	3.90	3.90

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物面	∞			
*1	-19.17647	0.4500	1.88202	37.23
*2	5.74480	0.5200		
3	6.65091	1.2500	1.92286	20.88
*4	13.86157	D4(可変)		
5	∞	-0.2500(Fno決定面)		
*6	5.17925	1.1500	1.55332	71.67
*7	-6.68617	0.1500		
8	3.57518	1.1000	1.88300	40.66
9	27.96776	0.4000	1.95000	29.37
10	2.46059	D10(可変)		
11	205.97218	1.8000	1.53153	55.95
*12	-10.06147	D12(可変)		
13	-25.00000	0.8000	1.53153	55.95
14	-47.72432	D14(可変)		
15	∞	0.5000	1.51680	63.88
16	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

(第1面)

 $\kappa=1.0000$, $A4=2.77819\text{E-}03$, $A6=-1.60764\text{E-}04$, $A8=0.00000\text{E+}00$, $A10=0.00$

000E+00

(第2面)

$\kappa = -0.7697$, $A4 = 5.08507E-03$, $A6 = 2.61817E-04$, $A8 = 4.78303E-06$, $A10 = -5.80289E-06$

(第4面)

$\kappa = 1.0000$, $A4 = -7.38048E-04$, $A6 = -3.11158E-04$, $A8 = 2.78658E-05$, $A10 = 1.62279E-06$

(第6面)

$\kappa = 1.0000$, $A4 = -1.79129E-03$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第7面)

$\kappa = 1.1658$, $A4 = 8.40262E-04$, $A6 = 0.00000E+00$, $A8 = 0.00000E+00$, $A10 = 0.00000E+00$

(第12面)

$\kappa = -9.0067$, $A4 = -9.88220E-04$, $A6 = 5.46450E-06$, $A8 = -2.29174E-08$, $A10 = 0.00000E+00$

[可変間隔データ]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
	無限遠	無限遠	無限遠
f	5.15	8.70	14.70
D4	4.8305	1.9880	0.2793
D10	1.9309	5.0665	10.0202
D12	1.6673	1.3998	1.0975
D14	0.4998	0.4998	0.4998
BF	0.4000	0.4000	0.4000
TL	17.3985	17.4240	20.3667

[レンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	-8.15
G 2	6	5.45
G 3	11	18.10
G 4	13	-100.00

[条件式]

$$\text{条件式 (1)} \quad (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} = 0.9367$$

$$\text{条件式 (2)} \quad f_2 / f_w = 1.0583$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_2 / f_3 = 0.3011$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_w / (-f_1) = 0.6319$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_t / (-f_1) = 1.8037$$

$$\text{条件式 (6)} \quad N = 1.8382$$

[0129] 表4から、本実施例に係るズームレンズZL4は、条件式(1)～(6)を満たすことが分かる。

[0130] 図8は、第4実施例に係るズームレンズZL4における無限遠合焦時の諸収差図(球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、コマ収差図及び倍率色収差図)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。

[0131] 各収差図から明らかなように、第4実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた光学性能を有することが分かる。

[0132] 以上のように、第1～第4実施例によれば、小型でありながら、広角端状態における画角を80度程度とより広く確保し、かつ3～4倍程度の高い変倍比を有するズームレンズを実現することができる。

[0133] ここまで本発明を分かりやすくするために、実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されるものではないことは言うまでもない

。

符号の説明

- [0134] Z L (Z L 1 ~ Z L 4) ズームレンズ
C A M デジタルスチルカメラ (光学機器)
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
F L フィルタ群
S 絞り
I 像面

請求の範囲

[請求項1] 光軸に沿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、第3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減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が増加するように、少なくとも前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20$$

$$0.90 < f_2 / f_w < 1.50$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離、

f_w : 前記ズームレンズの広角端状態における焦点距離、

f_t : 前記ズームレンズの望遠端状態における焦点距離、

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に記載のズームレンズ。

$$0.20 < f_2 / f_3 < 0.40$$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離。

[請求項3] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

$$0.45 < f_w / (-f_1) < 0.75$$

[請求項4] 以下の条件式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ズームレンズ。

$$1.50 < f_t / (-f_1) < 1.95$$

[請求項5] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1～4のいずれか

一項に記載のズームレンズ。

$$1.75 < N$$

但し、

N：前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とに含まれる、全てのレンズの光学部材のd線に対する屈折率の平均値。

[請求項6] 前記第1レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、1枚の負レンズと、1枚の正レンズと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ズームレンズ。

[請求項7] 前記第2レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、2枚の正レンズと、1枚の負レンズとからな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ズームレンズ。

[請求項8] 請求項1～7のいずれか一項に記載のズームレンズを搭載することを特徴とする光学機器。

[請求項9] 光軸に沿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、第3レンズ群とを有し、以下の条件式を満足するズームレンズの変倍方法であって、

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減少し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が増加するように、少なくとも前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とが移動することを特徴とするズームレンズの変倍方法。

$$0.80 < (-f_1) / (f_w \times f_t)^{1/2} < 1.20$$

$$0.90 < f_2 / f_w < 1.50$$

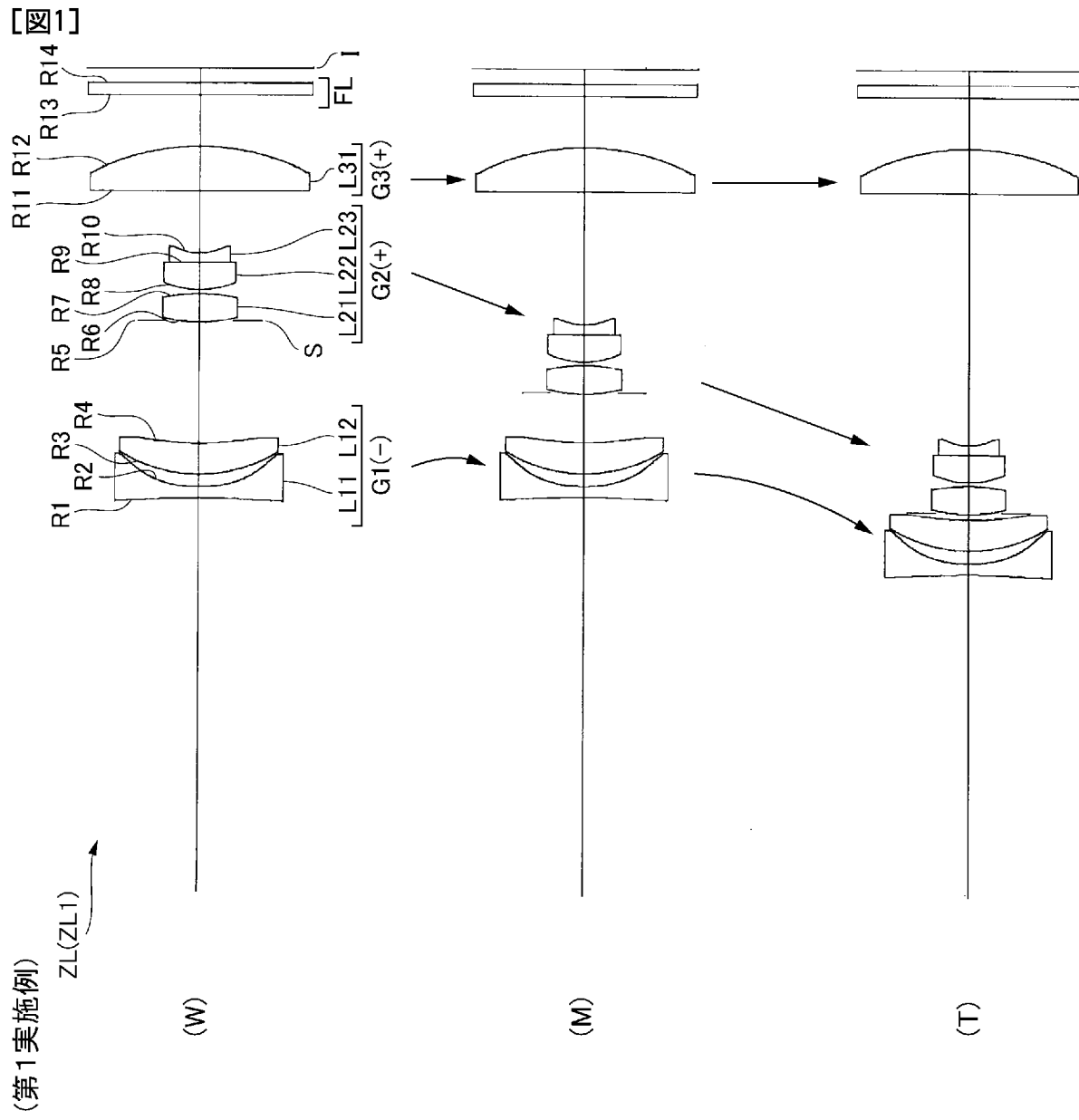
但し、

f₁：前記第1レンズ群の焦点距離、

f_w：前記ズームレンズの広角端状態における焦点距離、

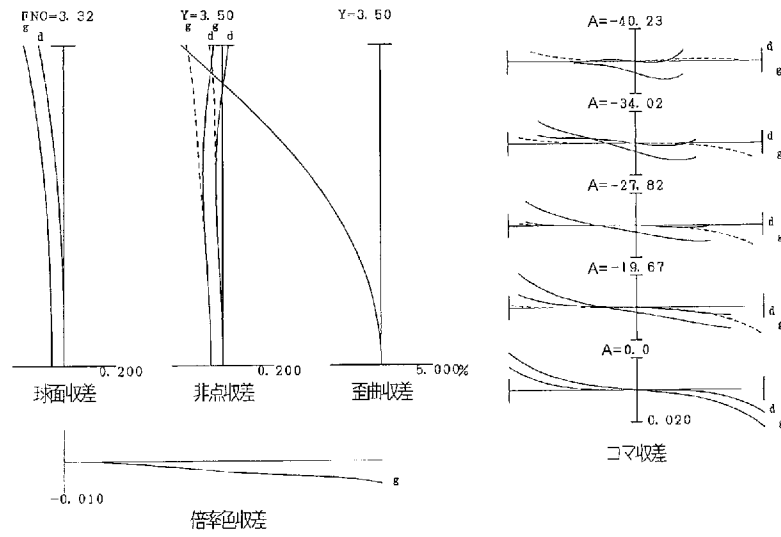
f_t：前記ズームレンズの望遠端状態における焦点距離、

f₂：前記第2レンズ群の焦点距離。

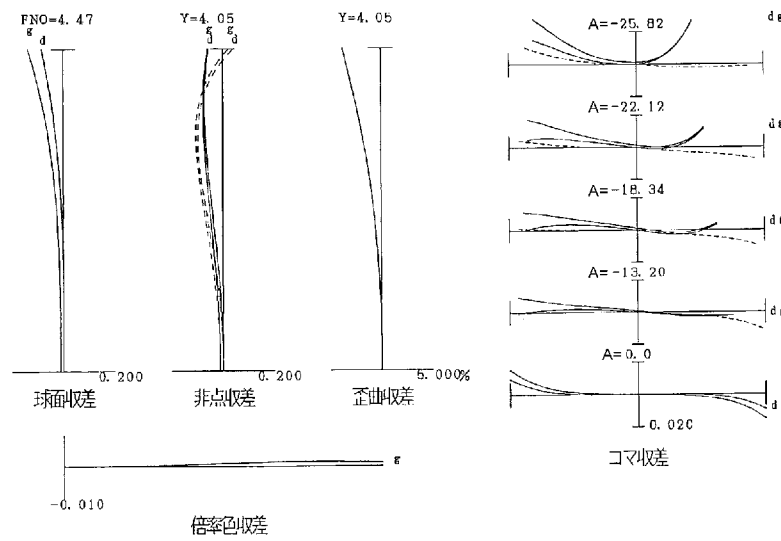


[図2]

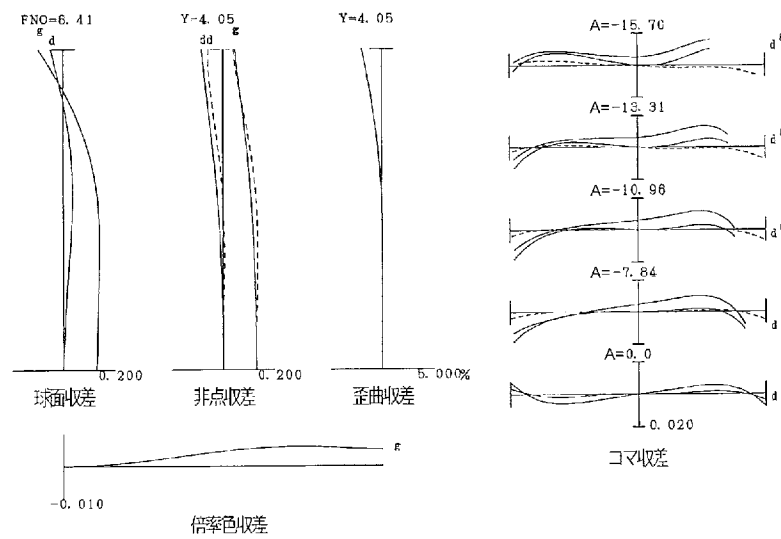
(a)



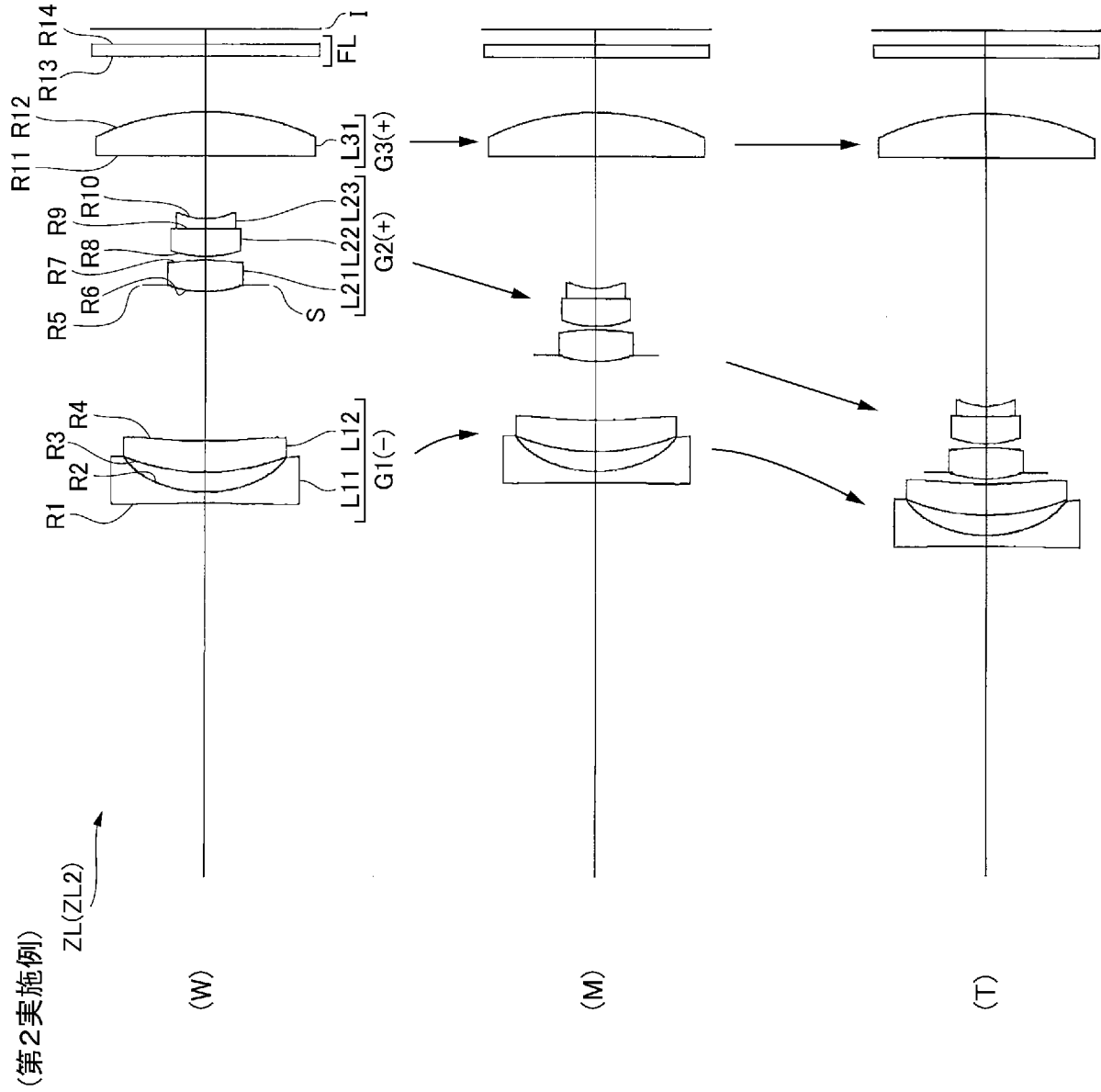
(b)



(c)

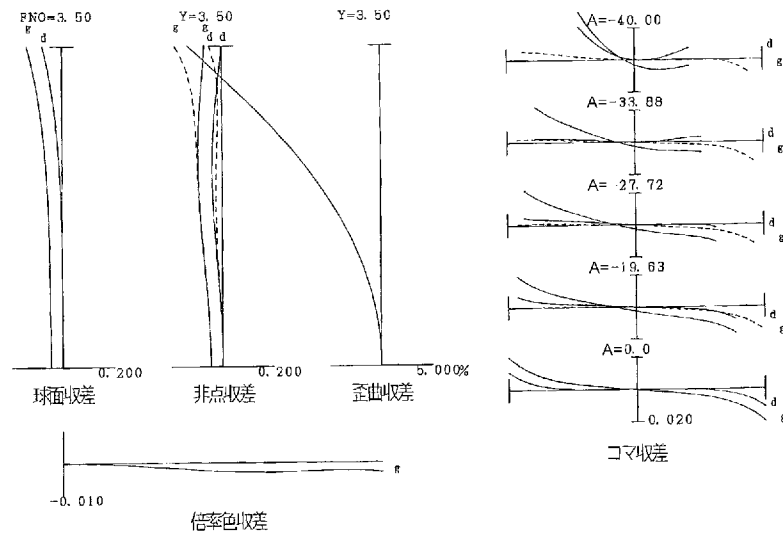


[図3]

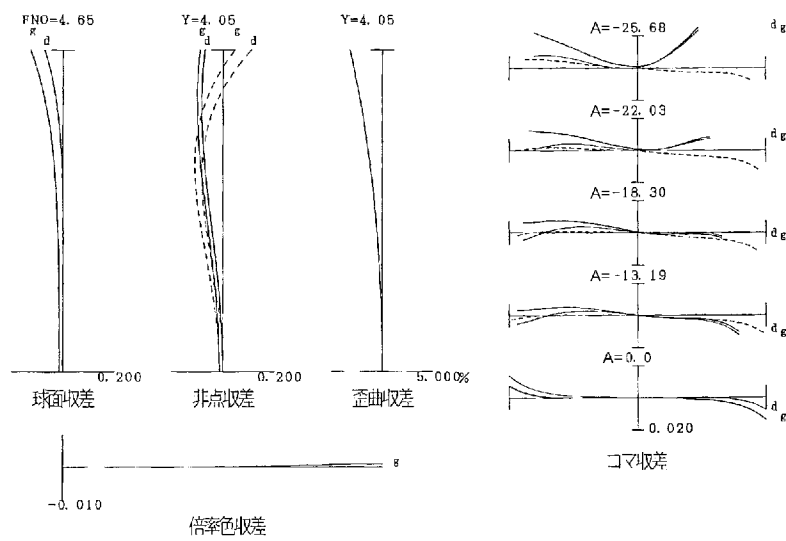


[図4]

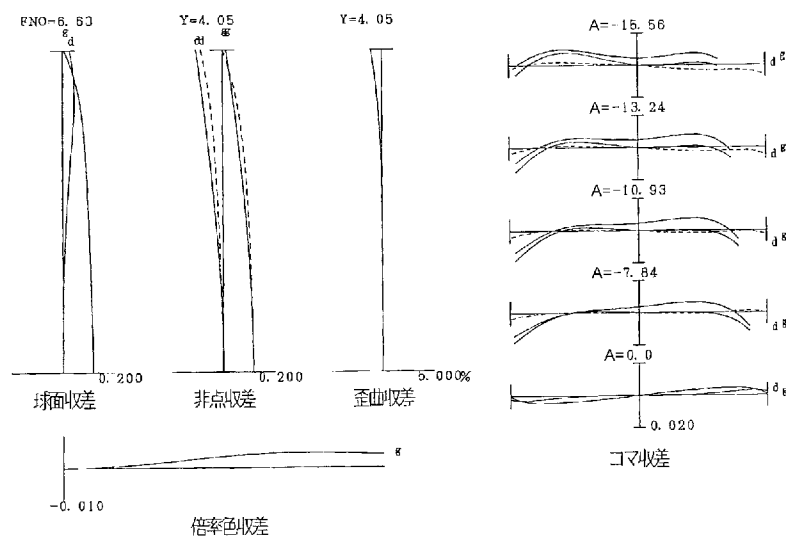
(a)

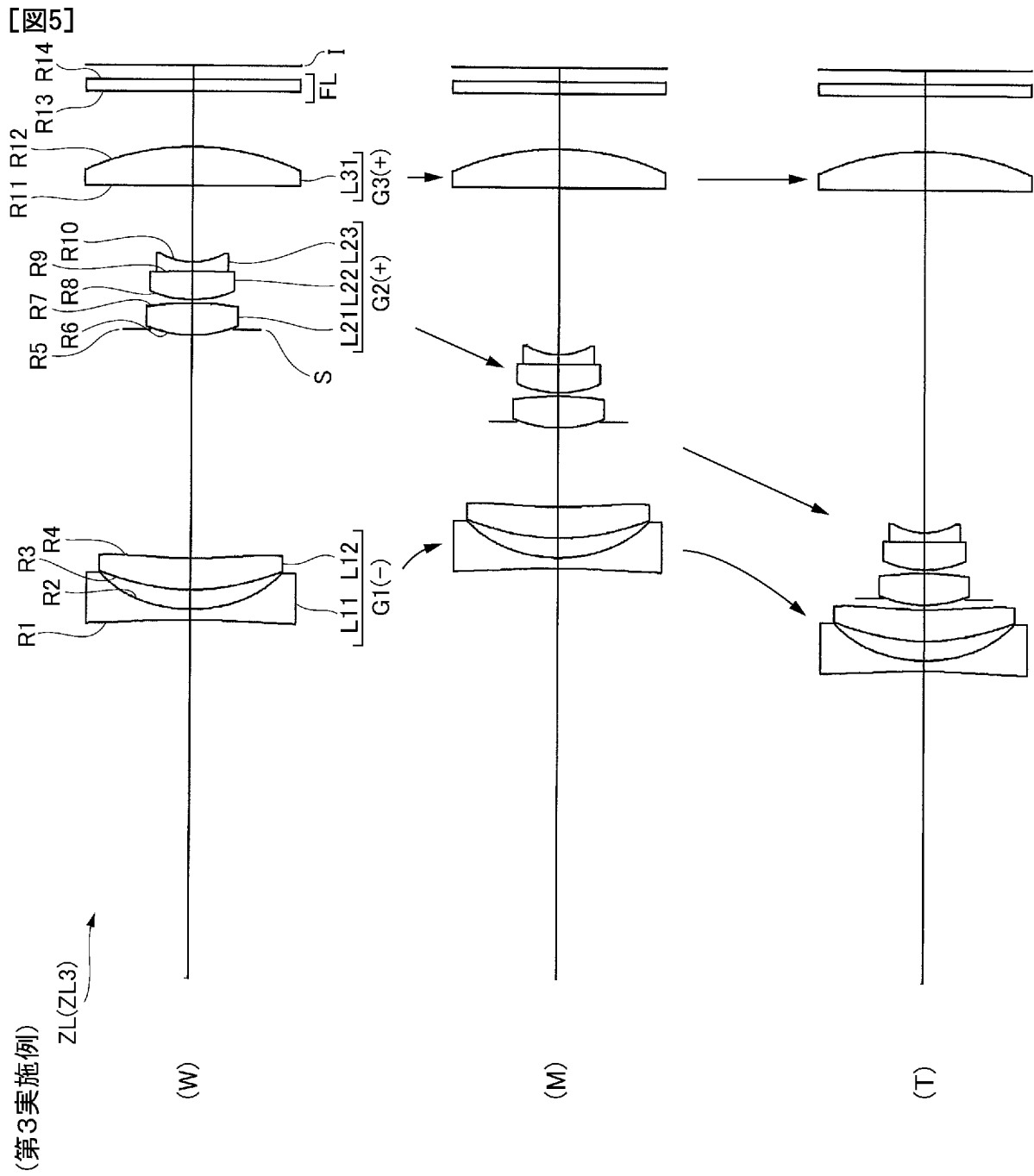


(b)



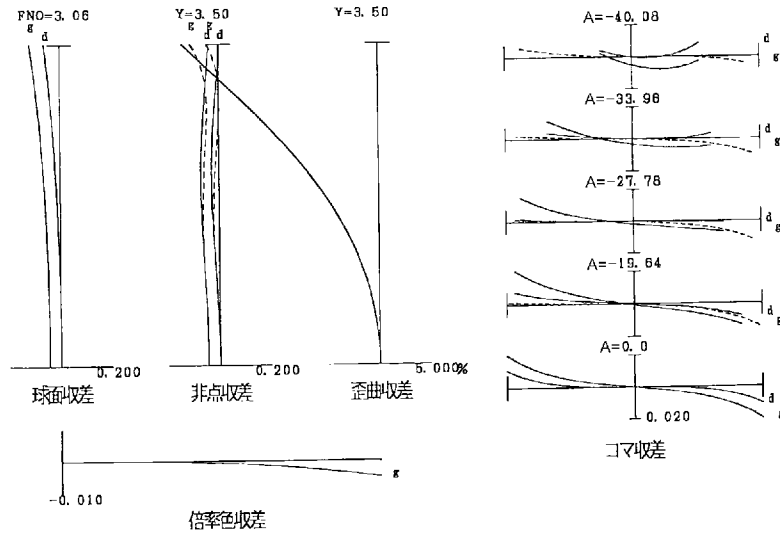
(c)



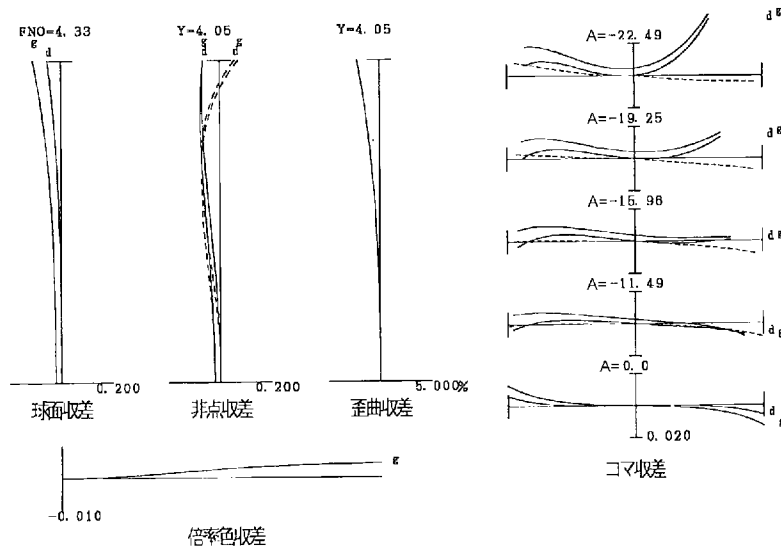


[図6]

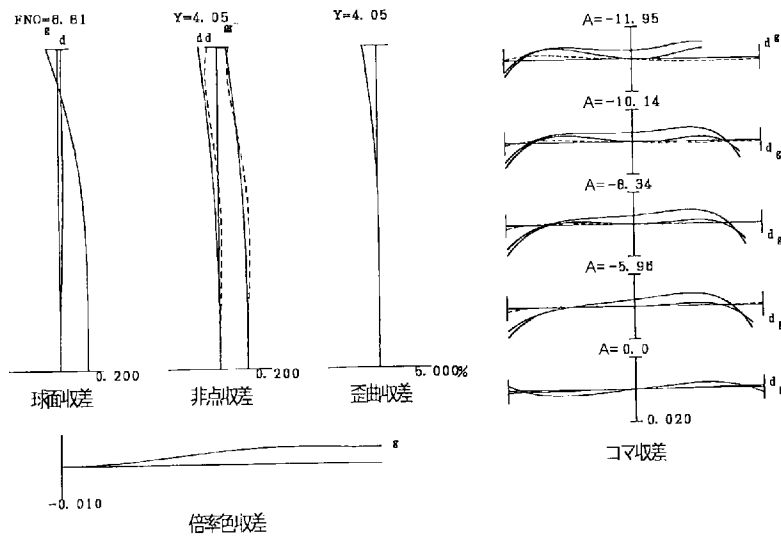
(a)



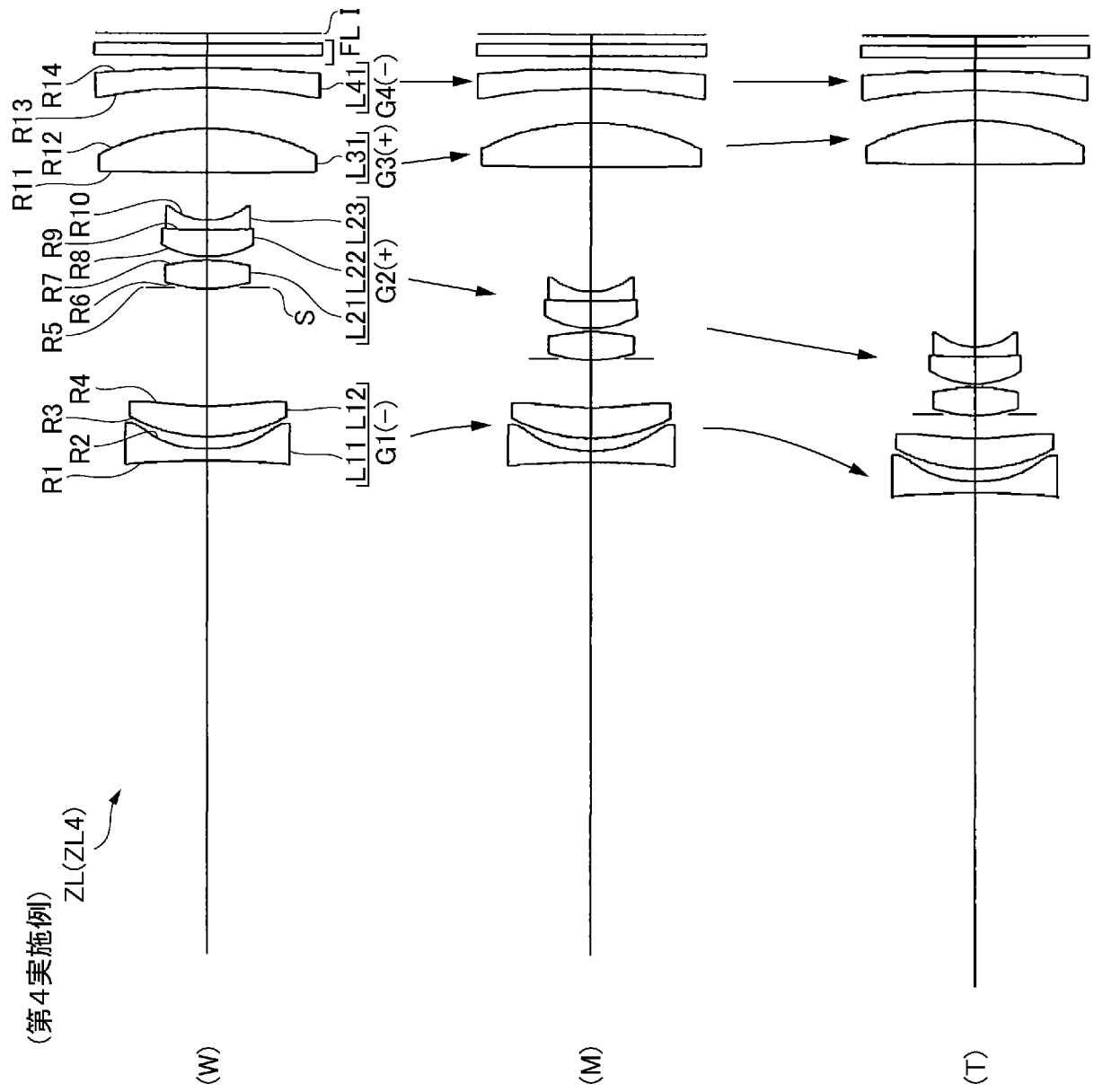
(b)



(c)

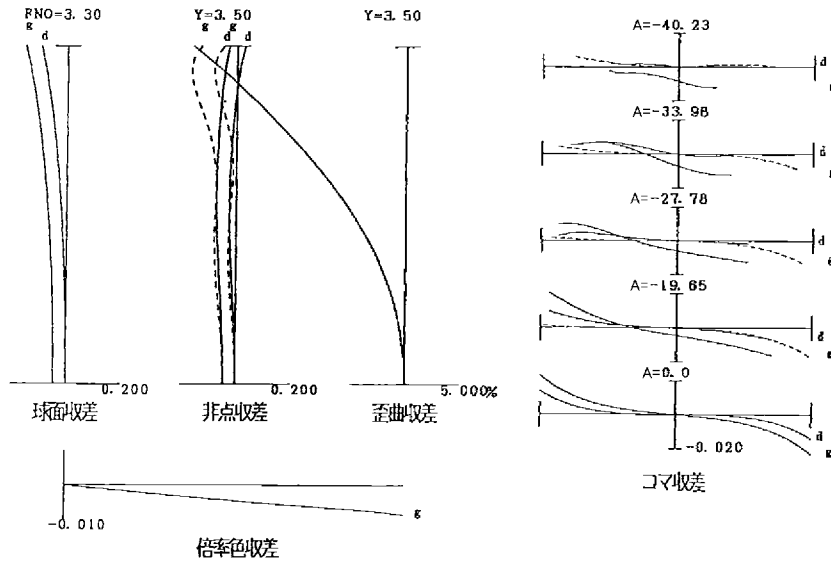


[図7]

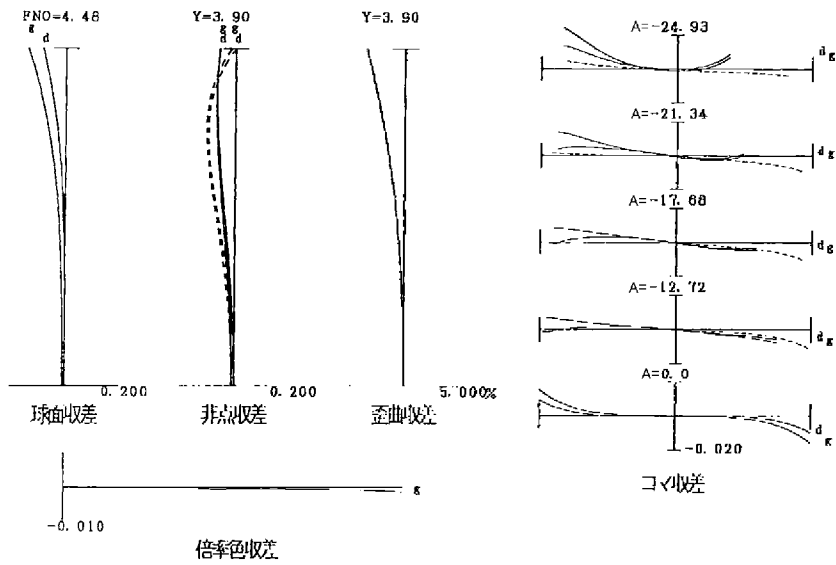


[図8]

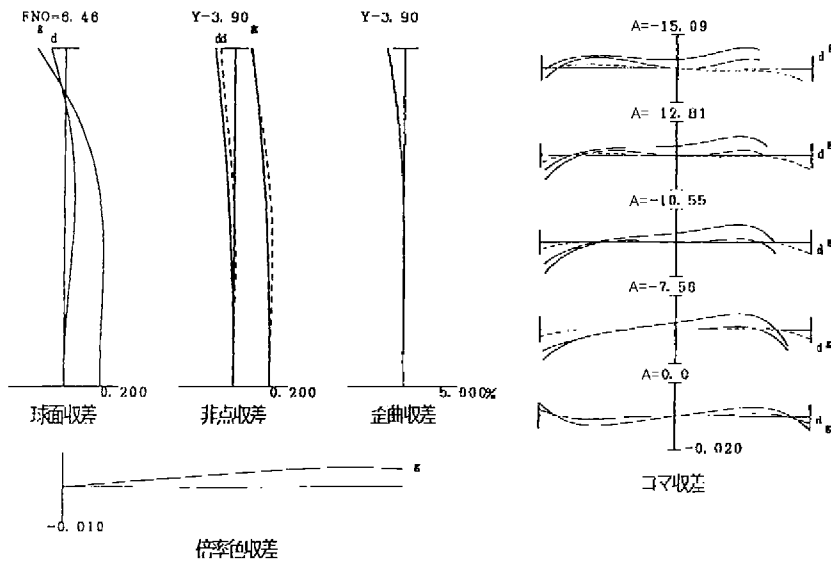
(a)



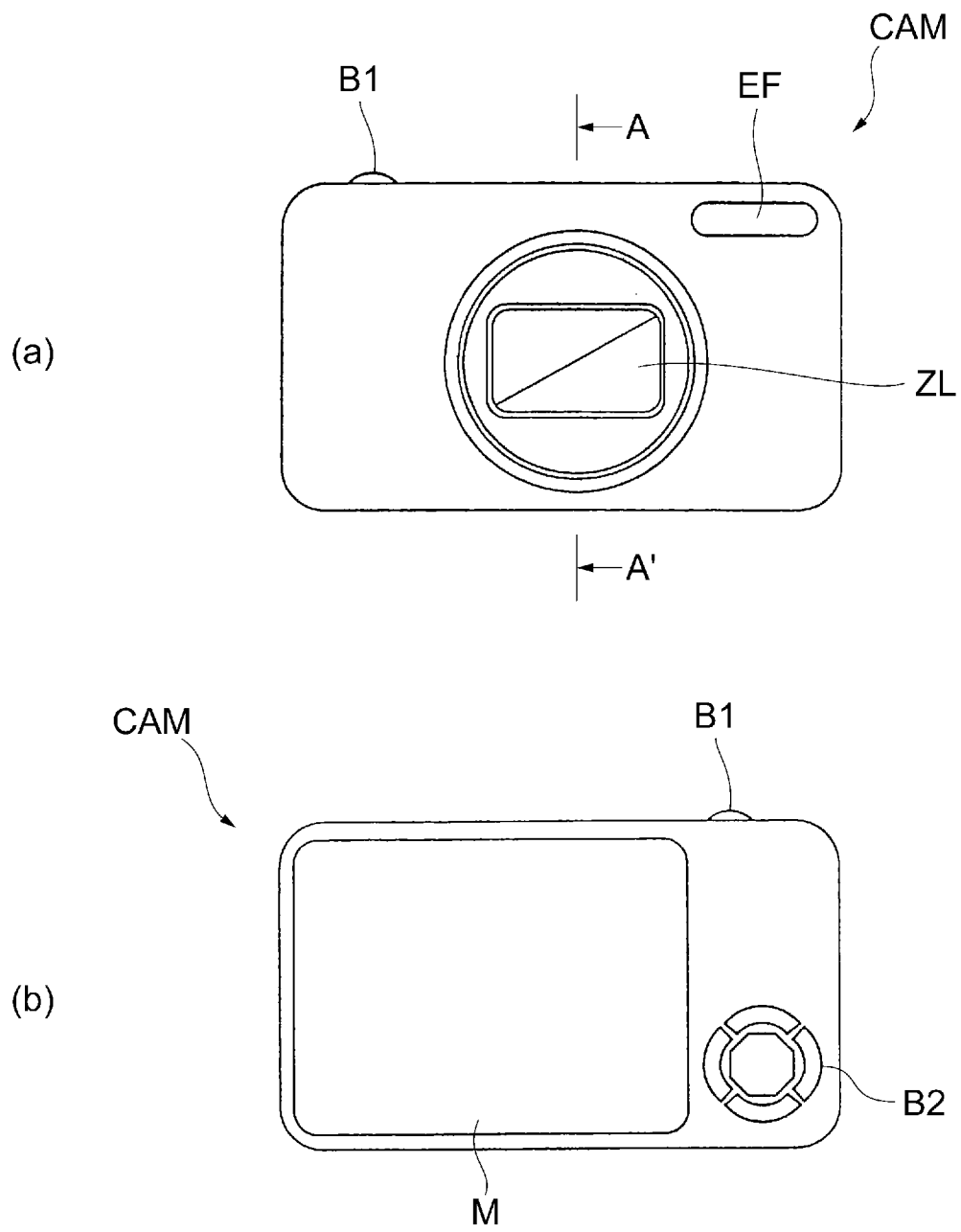
(b)



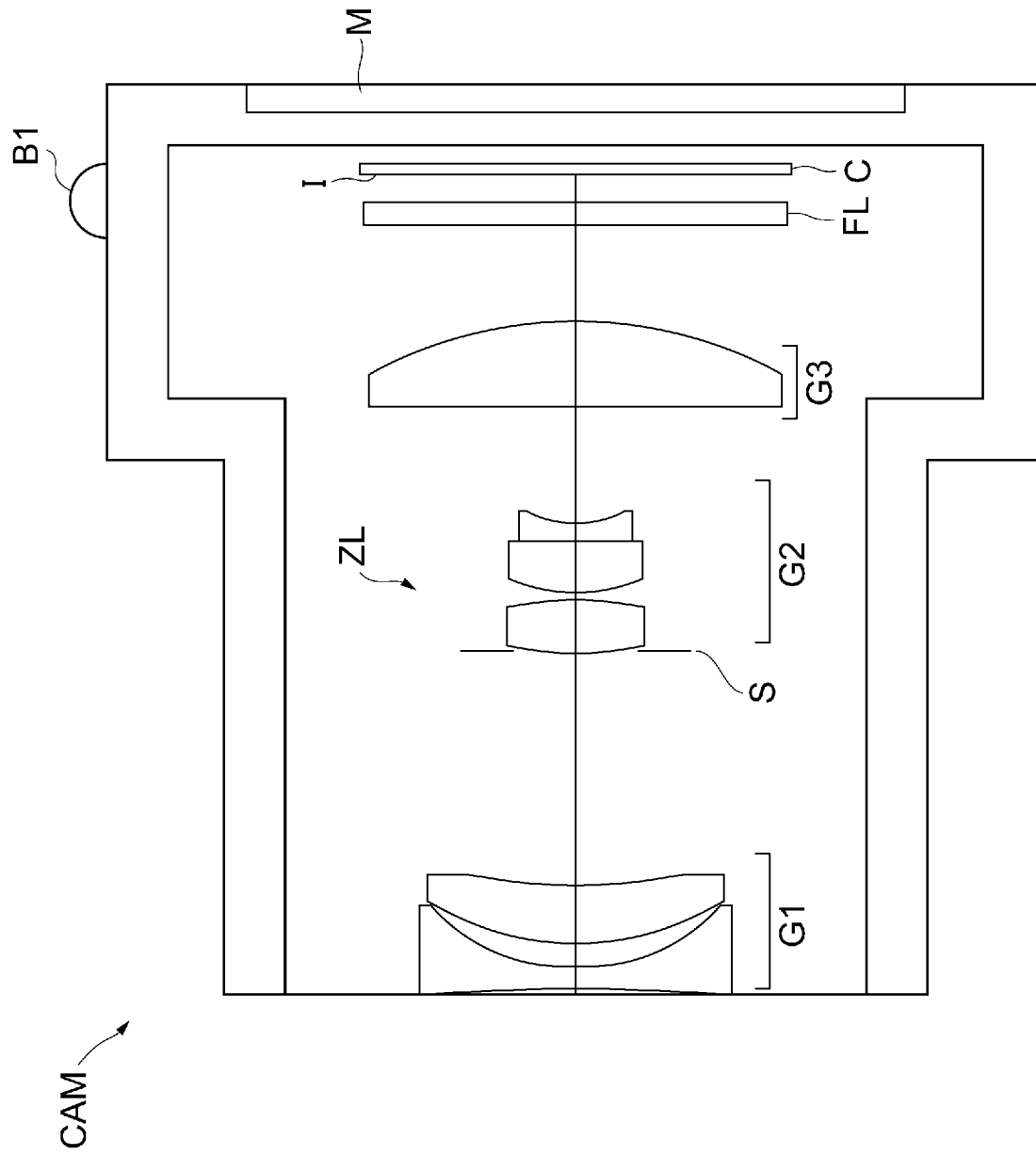
(c)



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/163(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)

G02B15/163, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2011-175234 A (Hoya Corp.), 08 September 2011 (08.09.2011), examples 1 to 5 & US 2011/0188128 A1	1-9
X	JP 2010-085875 A (Nikon Corp.), 15 April 2010 (15.04.2010), examples 1 to 7 & US 2010/0085648 A1 & CN 101713863 A	1, 3-9
X	JP 2006-178242 A (Nidec Copal Corp.), 06 July 2006 (06.07.2006), examples 1 to 3 (Family: none)	1, 3-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 April, 2014 (25.04.14)

Date of mailing of the international search report
13 May, 2014 (13.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001044

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-084597 A (Fujinon Corp.), 31 March 2005 (31.03.2005), examples 1, 2 & US 2005/0057817 A1	1-6, 8-9
X	JP 8-062499 A (Canon Inc.), 08 March 1996 (08.03.1996), examples 1 to 6 (Family: none)	1-6, 8-9
X	JP 9-258103 A (Minolta Co., Ltd.), 03 October 1997 (03.10.1997), examples 1 to 3 & US 5872660 A	1-6, 8-9
X	JP 2009-237477 A (Tamron Co., Ltd.), 15 October 2009 (15.10.2009), examples 1, 2 (Family: none)	1-6, 8-9
X	JP 2005-156830 A (Olympus Corp.), 16 June 2005 (16.06.2005), examples 1, 2 & US 2006/0127075 A1 & EP 1645900 A1 & WO 2005/047952 A1	1-3, 5-9
X	JP 2001-042218 A (Nikon Corp.), 16 February 2001 (16.02.2001), examples 1 to 6 & US 6304389 B1 & CN 1282881 A	1-5, 8-9
X	JP 3-240015 A (Canon Inc.), 25 October 1991 (25.10.1991), examples 1 to 3 & US 5111338 A	1-5, 8-9
X	JP 2004-318120 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 11 November 2004 (11.11.2004), examples 1, 2 & US 2004/0196572 A1	1-3, 5-6, 8-9
X	JP 2006-113404 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 27 April 2006 (27.04.2006), examples 1 to 6, 8 to 10 & US 2006/0083504 A1	1-3, 5-6, 8-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/163(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. G02B15/163, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2011-175234 A (H O Y A株式会社) 2011.09.08, 実施例 1 - 5 & US 2011/0188128 A1	1-9
X	JP 2010-085875 A (株式会社ニコン) 2010.04.15, 実施例 1 - 7 & US 2010/0085648 A1 & CN 101713863 A	1, 3-9
X	JP 2006-178242 A (日本電産コパル株式会社) 2006.07.06, 実施例 1 - 3 (ファミリーなし)	1, 3-9

☒ 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

2 5 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 5 . 2 0 1 4

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

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	JP 2005-084597 A (フジノン株式会社) 2005.03.31, 実施例 1, 2 & US 2005/0057817 A1	1-6, 8-9
X	JP 8-062499 A (キヤノン株式会社) 1996.03.08, 実施例 1 - 6 (ファミリーなし)	1-6, 8-9
X	JP 9-258103 A (ミノルタ株式会社) 1997.10.03, 実施例 1 - 3 & US 5872660 A	1-6, 8-9
X	JP 2009-237477 A (株式会社タムロン) 2009.10.15, 実施例 1, 2 (ファミリーなし)	1-6, 8-9
X	JP 2005-156830 A (オリンパス株式会社) 2005.06.16, 実施例 1, 2 & US 2006/0127075 A1 & EP 1645900 A1 & WO 2005/047952 A1	1-3, 5-9
X	JP 2001-042218 A (株式会社ニコン) 2001.02.16, 実施例 1 - 6 & US 6304389 B1 & CN 1282881 A	1-5, 8-9
X	JP 3-240015 A (キヤノン株式会社) 1991.10.25, 実施例 1 - 3 & US 5111338 A	1-5, 8-9
X	JP 2004-318120 A (富士写真光機株式会社) 2004.11.11, 実施例 1, 2 & US 2004/0196572 A1	1-3, 5-6, 8-9
X	JP 2006-113404 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2006.04.27, 実施例 1 - 6, 8 - 10 & US 2006/0083504 A1	1-3, 5-6, 8-9