

(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
2013 年 9 月 6 日(06.09.2013)



(10) 国際公開番号

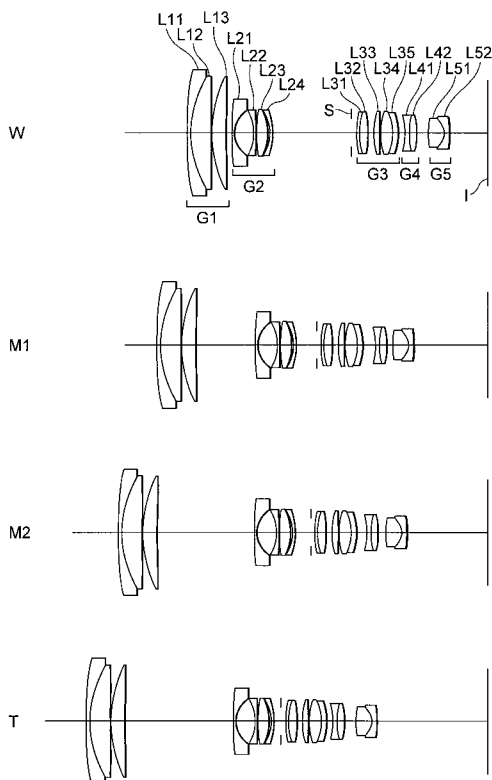
WO 2013/129490 A1

- (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/JP2013/055180
- (22) 国際出願日: 2013 年 2 月 27 日(27.02.2013)
- (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 2012-043840 2012 年 2 月 29 日(29.02.2012) 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 1 丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小濱 昭彦(OBAMA, Akihiko); 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.); 〒1030027 東京都中央区日本橋 3 丁目 1 番 4 号画廊ビル 3 階 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, IS, KE, KG, KM, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法



(57) Abstract: Provided are a zooming optical system, an optical device, and a method for manufacturing a zooming optical system, the zooming optical system being small-sized and having, in order along the optical axis from the object, 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 negative refractive power, and the interval between the first lens group (G1) and the second lens group (G2), the interval between the second lens group (G2) and the third lens group (G3), the interval between the third lens group (G3) and the fourth lens group (G4), and the interval between the fourth lens group (G4) and the fifth lens group (G5) being varied during zooming from a wide-angle-end state to a telephoto-end state, thereby providing a high zoom ratio and high optical performance.

(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、負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への変倍時に、第 1 レンズ群 G1 と第 2 レンズ群 G2 との間隔、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 との間隔、第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との間隔、及び第 4 レンズ群 G4 と第 5 レンズ群 G5 との間隔がそれぞれ変化することにより、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法を提供する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、カメラ用の交換レンズ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等に好適な変倍光学系、光学装置、変倍光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、一眼レフカメラ用の交換レンズ等に用いられる変倍光学系として、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有するものが数多く提案されている。例えば、特開２００２－３６５５４７号公報を参照。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００２－３６５５４７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述のような従来の変倍光学系を高変倍化しつつ小型化しようとする、十分に高い光学性能を得ることが困難であるという問題があった。

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造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

[0005] 上記課題を解決するために本発明は、

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、負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時に、前記第１レンズ群と前記第２レ

レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化することを特徴とする変倍光学系を提供する。

[0006] また本発明は、

前記変倍光学系を有することを特徴とする光学装置を提供する。

また本発明は、

変倍光学系の製造方法において、

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、負の屈折力を有する第5レンズ群とを有するようにし、

広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにすることを特徴とする変倍光学系の製造方法を提供する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

[図2]図2A、及び図2Bはそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図3]図3A、及び図3Bはそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の

第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図4]図4は、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

[図5]図5A、及び図5Bはそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図6]図6A、及び図6Bはそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図7]図7は、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

[図8]図8A、及び図8Bはそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図9]図9A、及び図9Bはそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図10]図10は、本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図11]図11は、本願の変倍光学系の製造方法の概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本願の変倍光学系、光学装置、及び変倍光学系の製造方法について説明する。

本願の変倍光学系は、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、負の屈折力を有する

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時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化することを特徴とする。

[0010] 上記構成により、本願の変倍光学系は変倍が可能となり、また変倍に伴う歪曲収差の変動を抑えることができる。

また本願の変倍光学系は、上記のように第5レンズ群を負レンズ群とすることにより、変倍光学系の主点位置を物体側に配置し、広角端状態から望遠端状態までの変倍領域全体において変倍光学系の全長の短縮化を図ることができる。またこれに加えて、周辺光束の光軸に対する距離を小さく抑え、第5レンズ群を小径化することができる。もし、第5レンズ群を正レンズ群とすれば、変倍光学系の全長や第5レンズ群の径を同一として考えたとき、第5レンズ群を負レンズ群とした場合に比べて各レンズ群の屈折力が増大してしまう。このため、広角端状態から望遠端状態への変倍時の球面収差の変動や非点収差の変動を抑えることが困難になってしまう。

以上より、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系を実現することができる。

[0011] また本願の変倍光学系は、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 1.80 < (-f_5) / f_w$$

ただし、

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[0012] 条件式(1)は、第5レンズ群の最適な焦点距離の範囲を規定し、変倍比を確保しつつ変倍に伴う収差変動を抑えるための条件式である。本願の変倍光学系は、条件式(1)を満足することにより、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を抑え、高い光学性能を実現することができる。

本願の変倍光学系の条件式（１）の対応値が下限値を下回ると、第５レンズ群の焦点距離が小さくなり過ぎる。このため、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（１）の下限値を２．４０とすることが好ましい。

ここで、より好ましくは、条件式（１）の上限値を１０．０とすることが好ましい。本願の変倍光学系の条件式（１）の対応値がこの上限値を下回ることによって、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を第５レンズ群によって抑えることができ、高い光学性能を実現することができる。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（１）の上限値を８．５０とすることが好ましい。

[0013] また本願の変倍光学系は、以下の条件式（２）を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.40 < f_5 / f_4 < 4.20$$

ただし、

f_4 ：前記第４レンズ群の焦点距離

f_5 ：前記第５レンズ群の焦点距離

[0014] 条件式（２）は、第４レンズ群と第５レンズ群の最適な焦点距離の比率を規定し、変倍に伴う収差変動を抑えるための条件式である。本願の変倍光学系は、条件式（２）を満足することにより、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を抑え、高い光学性能を実現することができる。

本願の変倍光学系の条件式（２）の対応値が下限値を下回ると、第５レンズ群の焦点距離が第４レンズ群の焦点距離に対して小さくなり過ぎる。このため、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を０．５２とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を０．６６とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式（２）の対応値が上限値を上回ると、第４レンズ群の焦点距離が相対的に小さくなる。このため、第４レンズ群で発生する非点収差の変動を抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を２．８０とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を１．６０とすることがより好ましい。

[0015] また本願の変倍光学系は、以下の条件式（３）を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.88 < (-f_5) / f_3 < 8.20$$

ただし、

f_3 ：前記第３レンズ群の焦点距離

f_5 ：前記第５レンズ群の焦点距離

[0016] 条件式（３）は、第３レンズ群と第５レンズ群の最適な焦点距離の比率を規定し、変倍に伴う収差変動を抑えるための条件式である。本願の変倍光学系は、条件式（３）を満足することにより、変倍に伴う歪曲収差、非点収差、球面収差、及びコマ収差のそれぞれの変動を抑え、高い光学性能を実現することができる。

本願の変倍光学系の条件式（３）の対応値が下限値を下回ると、第５レンズ群の焦点距離が第３レンズ群の焦点距離に対して小さくなり過ぎる。このため、変倍に伴う歪曲収差の変動や非点収差の変動を抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（３）の下限値を１．２０とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（３）の下限値を１．４６とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式（３）の対応値が上限値を上回ると、第３レンズ群の焦点距離が相対的に小さくなる。このため、第３レンズ群で発生する球面収差の変動やコマ収差の変動を抑えることが困難になり、高い光

学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を 7.50 とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を 5.80 とすることがより好ましい。

[0017] また本願の変倍光学系は、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 0.066 < R5 / f5 < 0.600$$

ただし、

$f5$: 前記第 5 レンズ群の焦点距離

$R5$: 前記第 5 レンズ群中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面の曲率半径

[0018] 条件式（４）は、本願の変倍光学系における収差変動を抑えるための条件式である。なお、条件式（４）中の $R5$ は、物体側に凹形状のレンズ面の曲率半径の符号を負としている。本願の変倍光学系は、条件式（４）を満足することにより、変倍に伴う非点収差の変動とコマ収差の変動を抑え、高い光学性能を実現することができる。

本願の変倍光学系の条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、変倍に伴う非点収差の変動を抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（４）の下限値を 0.087 とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（４）の下限値を 0.098 とすることがより好ましい。

一方、本願の変倍光学系の条件式（４）の対応値が上限値を上回ると、第 3 レンズ群から第 4 レンズ群で発生するコマ収差の変動や非点収差の変動を第 5 レンズ群で抑えることが困難になり、高い光学性能を実現することができなくなってしまう。なお、本願の効果をより確実にするために、条件式（４）の上限値を 0.490 とすることが好ましい。また、本願の効果をより確実にするために、条件式（４）の上限値を 0.350 とすることがより好

ましい。

[0019] また本願の変倍光学系は、前記第5レンズ群が接合レンズを有し、前記第5レンズ群中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さい前記レンズ面は、前記接合レンズの接合面であることが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は前記レンズ面の製造誤差により発生する偏芯コマ収差を抑え、高い光学性能を実現することができる。

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が、広角端状態から中間焦点距離状態まで増加し、中間焦点距離状態から望遠端状態まで減少することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第3レンズ群から第4レンズ群で発生する非点収差の変動を抑えることができ、高い光学性能を実現することができる。

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が、広角端状態から中間焦点距離状態まで減少し、中間焦点距離状態から望遠端状態まで増加することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、第4レンズ群から第5レンズ群で発生する非点収差の変動を抑えることができ、高い光学性能を実現することができる。

[0020] また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第3レンズ群と前記第5レンズ群が一体で移動することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は第3レンズ群と第5レンズ群を構造的に単純化することができ、相互偏芯を抑えることができる。このため、製造誤差により発生する偏芯コマ収差や非点収差を抑え、高い光学性能を実現することができる。

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増加し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は各レンズ群で発生する球面収差や非点収差を抑え、広角端状

態から望遠端状態への変倍時の球面収差の変動や非点収差の変動を抑えることができる。

また本願の変倍光学系は、前記第5レンズ群が非球面を有することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は第5レンズ群で発生するコマ収差や非点収差を抑えることができ、高い光学性能を実現することができる。

また本願の変倍光学系は、前記非球面が前記第5レンズ群中の最も物体側のレンズ面に設けられていることが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は第5レンズ群で発生するコマ収差や非点収差を効率的に抑えることができ、高い光学性能を実現することができる。

[0021] また本願の変倍光学系は、前記第3レンズ群の中又は近傍に開口絞りを有することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は広角端状態から望遠端状態への変倍時の軸外収差、特に非点収差の変動を抑えることができる。

また本願の変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記開口絞りが前記第3レンズ群と一体で移動することが望ましい。この構成により、本願の変倍光学系は広角端状態から望遠端状態への変倍時の軸外収差、特に非点収差の変動を抑えることができる。

本願の光学装置は、上述した構成の変倍光学系を有することを特徴とする。これにより、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の光学装置を実現することができる。

[0022] 本願の変倍光学系の製造方法は、変倍光学系の製造方法において、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、負の屈折力を有する第5レンズ群とを有するようにし、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにすることを特徴とする。これに

より、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

[0023] 以下、本願の数値実施例に係る変倍光学系を添付図面に基づいて説明する。

(第1実施例)

図1は、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。なお、図1において、Wは広角端状態、M1は第1中間焦点距離状態、M2は第2中間焦点距離状態、Tは望遠端状態をそれぞれ示しており、後述する各実施例の断面図においても同様である。

本実施例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、負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。

第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。

[0024] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。なお、負メニスカスレンズL21は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL35との接合レンズとから構成されている。なお、第3レンズ群G3の物体側の近傍には開口絞り

Sが備えられている。

[0025] 第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、両凹形状の負レンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合レンズのみで構成されている。なお、第4レンズ群G4中の最も物体側に位置する負レンズL41は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、両凸形状の正レンズL51と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL52との接合レンズのみで構成されている。なお、第5レンズ群G5中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面は、正レンズL51と負メニスカスレンズL52との接合面である。また、第5レンズ群G5中の最も物体側に位置する正レンズL51は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0026] 以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G1は物体側へ単調に移動し、第2レンズ群G2は広角端状態Wから第1中間焦点距離状態M1まで像側へ移動し第1中間焦点距離状態M1から望遠端状態Tまで物体側へ移動し、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、及び第5レンズ群G5は物体側へ単調に移動する。なお、この時、開口絞りS、第3レンズ群G3、及び第5レンズ群G5は一体で移動する。これにより、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増加し、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との間隔が広角端状態Wから第1中間焦点距離状態M1まで増加し第1中間焦点距離状態M1から望遠端状態Tまで減少し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が広角端状態Wから第1中間焦点距離状態M1まで減少し第1中間焦点距離状態M1から望遠端状態Tまで増加する。

[0027] 以下の表1に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

表1において、 f は焦点距離、 Bf はバックフォーカスを示す。

[面データ]において、 m は物体側から数えたレンズ面の順番、 r はレンズ

面の曲率半径、 d はレンズ面の間隔、 n_d は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率、 ν_d は d 線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対するアッベ数をそれぞれ示している。また、 OP は物体面、 I は像面をそれぞれ示している。なお、曲率半径 r の欄の ∞ は平面を示しており、屈折率 n_d の欄において空気の屈折率1.000000は記載を省略している。また、非球面には面番号に*を付して曲率半径 r の欄には近軸曲率半径を示している。

[0028] [非球面データ] には、[面データ] に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - \kappa (h / r)^2\}^{1/2}] \\ + A4 h^4 + A6 h^6 + A8 h^8 + A10 h^{10}$$

ここで、 h を光軸に垂直な方向の高さ、 x を非球面の頂点の接平面から当該非球面までの高さ h における光軸方向に沿った距離であるサグ量、 κ を円錐定数、 $A4$ 、 $A6$ 、 $A8$ 、 $A10$ を非球面係数、 r を基準球面の曲率半径である近軸曲率半径とする。なお、「 $E-n$ 」（ n : 整数）は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「 $1.234E-05$ 」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。

[0029] [各種データ] において、 FNO は F ナンバー、 ω は半画角（単位は「°」）、 Y は像高、 TL は変倍光学系の全長、即ち無限遠物体合焦時の第1レンズ群 $G1$ の最も物体側のレンズ面から像面 I までの距離、 d_i （ i : 整数）は第 i 面の可変の面間隔、 ϕ は開口絞り径をそれぞれ示す。なお、 W は広角端状態、 $M1$ は第1中間焦点距離状態、 $M2$ は第2中間焦点距離状態、 T は望遠端状態をそれぞれ示す。

[レンズ群データ] において、 ST は各レンズ群の始面、即ち最も物体側のレンズ面を示す。

[条件式対応値] には、各条件式の対応値を示す。

ここで、表1に掲載されている焦点距離 f や曲率半径 r 、及びその他長さの単位は一般に「 mm 」が使われる。しかしながら光学系は、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ため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表 1 の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

[0030] (表 1) 第 1 実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	101.7859	1.4000	1.950000	29.37
2	32.5483	6.8500	1.497820	82.52
3	507.0890	0.1000		
4	37.3347	4.8500	1.882997	40.76
5	300.9596	d5		
6	78.3556	1.0000	1.806100	40.74
*7	8.1498	6.1500		
8	-15.0638	1.0000	1.882997	40.76
9	-111.9446	0.1500		
10	40.1532	3.6000	1.808090	22.79
11	-17.3545	0.6000		
12	-13.7038	1.0000	1.902650	35.70
13	-22.0248	d13		
14	∞	1.5000		開口絞り S
15	29.5784	1.0000	2.000690	25.45
16	18.6363	2.8000	1.516800	64.10
17	-55.7763	2.0000		
18	24.2391	2.1500	1.516800	64.10
19	858.3278	0.1000		
20	17.6507	4.1000	1.497820	82.52

21	-15.2742	1.9000	1.950000	29.37
22	-23.3096	d22		
*23	-14.7112	1.3500	1.806100	40.74
24	31.5094	2.3000	1.808090	22.79
25	-28.7594	d25		
*26	32.3594	5.3000	1.516120	63.84
27	-5.7380	1.9000	1.902650	35.70
28	-44.3875	B f		
I	∞			

[非球面データ]

第7面

κ	0.8091
A4	-2.81470E-05
A6	-5.35060E-07
A8	1.15520E-08
A10	-2.20190E-10

第23面

κ	-4.9782
A4	-5.87340E-05
A6	1.19560E-06
A8	-1.77790E-08
A10	9.84750E-11

第26面

κ 20.0000
 A4 -8.22840E-05
 A6 4.90020E-06
 A8 -8.03990E-08
 A10 6.79360E-09

[各種データ]

変倍比 9.42

	W		T
f	10.30	~	97.00
F N O	4.11	~	5.87
ω	39.54	~	4.59°
Y	7.97	~	7.97
T L	100.65	~	133.98

	W	M 1	M 2	T
f	10.30000	35.00000	60.00000	97.00000
ω	39.58845	12.47589	7.34848	4.58728
F N O	4.10582	5.89080	5.89975	5.86696
ϕ	8.80	8.80	9.20	11.60
d5	1.80000	19.37763	32.00000	35.69237
d13	26.66538	7.08688	5.31318	2.20000
d22	2.21304	4.15113	3.20959	2.20000
d25	3.82473	1.88667	2.82824	3.83771
B f	13.04939	24.70184	26.64686	36.95330

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	63.72998
G2	6	-11.45481
G3	15	14.77721
G4	23	-42.51000
G5	26	-36.37957

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_5) / f_w = -3.532$$

$$(2) \quad f_5 / f_4 = 0.856$$

$$(3) \quad (-f_5) / f_3 = 2.462$$

$$(4) \quad R_5 / f_5 = 0.158$$

[0031] 図2A、及び図2Bはそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図3A、及び図3Bはそれぞれ、本願の第1実施例に係る変倍光学系の第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

各収差図において、FNOはFナンバー、Aは光線入射角（単位は「度」）をそれぞれ示す。dはd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、gはg線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）における収差をそれぞれ示す。なお、d、gの記載のない歪曲収差図についてはd線における収差を示している。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。なお、後述する各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し高い光学性能を有していることがわかる。

[0032] (第2実施例)

図4は、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

本実施例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、負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。

第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。

[0033] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。なお、負メニスカスレンズL21は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL35との接合レンズとから構成されている。なお、第3レンズ群G3の物体側の近傍には開口絞りSが備えられている。

[0034] 第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、両凹形状の負レンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合レンズのみで構成されている。なお、第4レンズ群G4中の最も物体側に位置する負レンズL41は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凸形状の正レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズとから構成されている。

なお、第5レンズ群G 5中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面は、正レンズL 5 2と負メニスカスレンズL 5 3との接合面である。また、第5レンズ群G 5中の最も物体側に位置する正メニスカスレンズL 5 1は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

[0035] 以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G 1は物体側へ単調に移動し、第2レンズ群G 2は広角端状態Wから第2中間焦点距離状態M 2まで像側へ移動し第2中間焦点距離状態M 2から望遠端状態Tまで物体側へ移動し、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、及び第5レンズ群G 5は物体側へ単調に移動する。なお、この時、開口絞りS、第3レンズ群G 3、及び第5レンズ群G 5は一体で移動する。これにより、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が増加し、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との間隔が広角端状態Wから第2中間焦点距離状態M 2まで増加し第2中間焦点距離状態M 2から望遠端状態Tまで減少し、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との間隔が広角端状態Wから第2中間焦点距離状態M 2まで減少し第2中間焦点距離状態M 2から望遠端状態Tまで増加する。

以下の表2に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0036] (表2) 第2実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	149.4765	1.4000	1.950000	29.37
2	38.6411	6.6000	1.497820	82.57
3	-351.6316	0.1000		
4	41.7750	4.6000	1.883000	40.66
5	328.2384	d5		

6	72.4891	1.0000	1.806100	40.97	
*7	7.7391	5.8500			
8	-13.9505	1.0000	1.883000	40.66	
9	-103.9877	0.1000			
10	40.8028	3.4000	1.808090	22.74	
11	-18.8169	0.6000			
12	-13.4665	1.0000	1.883000	40.66	
13	-18.2363	d13			
14	∞	1.4000			開口絞り S
15	28.0065	1.5000	2.000690	25.46	
16	17.4484	2.9000	1.497820	82.57	
17	-29.2004	2.0000			
18	28.1447	1.6000	1.795040	28.69	
19	53.0274	0.1000			
20	27.5255	4.2000	1.497820	82.57	
21	-13.9702	2.1800	2.000690	25.46	
22	-20.5898	d22			
*23	-13.2794	1.0000	1.806100	40.97	
24	24.2300	3.5000	1.728250	28.38	
25	-18.1038	d25			
*26	47.8180	1.6500	1.583130	59.42	
27	100.8528	0.2000			
28	38.0626	3.8000	1.516800	63.88	
29	-8.1478	1.0000	1.954000	33.46	

30	-52.2418	B f
I	∞	

[非球面データ]

第 7 面

κ	0.9456
A4	-7.24873E-05
A6	-1.38772E-06
A8	3.49795E-08
A10	-9.90184E-10

第 2 3 面

κ	-5.0310
A4	-2.13400E-04
A6	3.25281E-06
A8	-4.07563E-08
A10	2.36604E-10

第 2 6 面

κ	-15.0179
A4	1.31767E-05
A6	1.09725E-06
A8	-1.09512E-08
A10	4.81750E-10

[各種データ]

変倍比	9.42
-----	------

	W		T
f	10.30	~	97.00
F N O	4.13	~	5.79
ω	39.34	~	4.54°
Y	7.97	~	7.97
T L	104.60	~	137.98

	W	M 1	M 2	T
f	10.30000	20.00000	50.00000	97.00000
ω	39.34094	21.01370	8.74331	4.54414
F N O	4.12898	4.96138	5.51068	5.79408
ϕ	9.00	9.00	9.50	9.80
d5	2.00000	11.66890	30.95696	41.68937
d13	26.10451	13.02302	4.99096	2.00000
d22	2.34607	4.05509	5.18708	2.50149
d25	7.92894	6.21994	5.08793	7.77351
B f	13.54976	19.90197	26.27832	31.33645

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	66.37666
G2	6	-11.22172
G3	15	16.67848
G4	23	-58.03866
G5	26	-77.03015

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_5) / f_w = 7.479$$

$$(2) \quad f_5 / f_4 = 1.327$$

$$(3) \quad (-f_5) / f_3 = 4.619$$

$$(4) \quad R_5 / f_5 = 0.106$$

[0037] 図5 A、及び図5 Bはそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図6 A、及び図6 Bはそれぞれ、本願の第2実施例に係る変倍光学系の第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し高い光学性能を有していることがわかる。

[0038] (第3実施例)

図7は、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、第1中間焦点距離状態、第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における断面図である。

本実施例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、負の屈折力を有する第5レンズ群G5と、正の屈折力を有する第6レンズ群G6とから構成されている。

第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。

[0039] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL24とから構成されている。なお、負メニスカスレンズL21は、像側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、両凸形状の正レンズL34と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL35との接合レンズとから構成されている。なお、第3レンズ群G3中の正レンズL32と正メニスカスレンズL33との間には開口絞りSが備えられている。

[0040] 第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、両凹形状の負レンズL41と両凸形状の正レンズL42との接合レンズのみで構成されている。なお、第4レンズ群G4中の最も物体側に位置する負レンズL41は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第5レンズ群G5は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL51と、両凸形状の正レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合レンズとから構成されている。なお、第5レンズ群G5中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面は、正レンズL52と負メニスカスレンズL53との接合面である。また、第5レンズ群G5中の最も物体側に位置する負メニスカスレンズL51は、物体側のレンズ面を非球面形状としたガラスモールド非球面レンズである。

第6レンズ群G6は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL61のみで構成されている。

[0041] 以上の構成の下、本実施例に係る変倍光学系では、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G1は物体側へ単調に移動し、第2レンズ群G2は広角端状態Wから第1中間焦点距離状態M1まで像側へ移動し、第1中間焦点距離状態M1から望遠端状態Tまで物体側へ移動し、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、第5レンズ群G5、及び第6レンズ群G6は物体側へ単調に移動する。なお、この時、開口絞りS、第3レンズ群G3、及び第5レンズ群G5は一体で移動する。これにより、広角端状態Wから望遠端状態Tへの変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が

増加し、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との間隔が広角端状態Wから第2中間焦点距離状態M2まで増加し第2中間焦点距離状態M2から望遠端状態Tまで減少し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が広角端状態Wから第2中間焦点距離状態M2まで減少し第2中間焦点距離状態M2から望遠端状態Tまで増加し、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との間隔が増加する。

以下の表3に、本実施例に係る変倍光学系の諸元の値を掲げる。

[0042] (表3) 第3実施例

[面データ]

m	r	d	n d	ν d
OP	∞			
1	154.5301	1.4000	1.950000	29.37
2	39.8607	7.2500	1.497820	82.57
3	-283.4227	0.1000		
4	43.5964	4.8500	1.883000	40.66
5	446.9311	d5		
6	96.1250	1.0000	1.806100	40.97
*7	8.1961	6.1500		
8	-14.4871	1.0000	1.883000	40.66
9	-97.9643	0.1000		
10	44.3150	3.6500	1.808090	22.74
11	-17.2518	0.8000		
12	-14.4809	1.0000	1.883000	40.66
13	-24.0963	d13		
14	30.1004	1.4000	1.950000	29.37
15	18.1656	2.8500	1.497820	82.57

16	-30.1820	1.0000		
17	∞	1.0000		開口絞り S
18	21.4294	1.5000	1.806100	40.97
19	61.8962	1.0500		
20	32.7220	2.5500	1.497820	82.57
21	-17.3215	1.0000	2.000690	25.46
22	-26.1872	d22		
*23	-11.1837	1.0000	1.806100	40.73
24	20.9851	3.4000	1.647690	33.72
25	-11.9280	d25		
*26	31.4353	1.0000	1.806100	40.73
27	10.4731	1.0000		
28	10.6935	5.2000	1.575010	41.51
29	-8.0000	1.0000	1.950000	29.37
30	-43.9250	d30		
31	78.8127	1.4000	1.808090	22.74
32	130.1997	B f		
I	∞			

[非球面データ]

第7面

κ 1.0193

A4 -7.25972E-05

A6 -2.01927E-06

A8 5.23101E-08

A10 -1.09165E-09

第 2 3 面

κ -3.3364

A4 -2.63114E-04

A6 2.76766E-06

A8 -3.39467E-08

A10 6.49727E-11

第 2 6 面

κ 1.5816

A4 -1.52827E-05

A6 7.21136E-07

A8 -2.56336E-09

A10 4.03092E-10

[各種データ]

変倍比 9.42

	W		T
f	10.30	~	97.00
F N O	3.63	~	5.80
ω	39.36	~	4.56°
Y	7.97	~	7.97
T L	104.89	~	139.98

	W	M 1	M 2	T
f	10.30000	20.00000	50.00000	97.00000

ω	39.35588	21.00824	8.74248	4.55748
F N O	3.63391	4.50179	5.47868	5.80104
ϕ	10.60	10.60	10.60	10.60
d5	2.00000	12.01131	29.94199	40.54244
d13	26.77743	14.69932	6.72364	3.40000
d22	2.66702	3.74847	4.51403	2.66188
d25	4.74793	3.66651	2.90094	4.75306
d30	1.50000	1.80000	2.40000	4.50000
B f	13.54939	20.44615	27.99896	30.47600

[レンズ群データ]

	S T	f
G1	1	64.96294
G2	6	-10.79650
G3	14	15.45800
G4	23	-68.94014
G5	26	-50.62258
G6	31	244.13912

[条件式対応値]

$$(1) \quad (-f_5) / f_w = 4.915$$

$$(2) \quad f_5 / f_4 = 0.734$$

$$(3) \quad (-f_5) / f_3 = 3.275$$

$$(4) \quad R_5 / f_5 = 0.158$$

[0043] 図8A、及び図8Bはそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の広角端状態、及び第1中間焦点距離状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

図9 A、及び図9 Bはそれぞれ、本願の第3実施例に係る変倍光学系の第2中間焦点距離状態、及び望遠端状態における無限遠物体合焦時の諸収差図である。

各収差図より、本実施例に係る変倍光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し高い光学性能を有していることがわかる。

[0044] 上記各実施例によれば、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系を実現することができる。なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。

以下の内容は、本願の変倍光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

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

[0045] また、本願の変倍光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群全体、或いは複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としてもよい。特に、第4レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが好ましい。また、斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等による駆動にも適している。

また、本願の変倍光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振レンズ群として光軸に垂直な成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動、即ち揺動させることで、手ブレ等によって生じる像ブレを補正する構成とすることもできる。特に、本願の変倍光学系では第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

[0046] また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面と

してもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0047] また、本願の変倍光学系において開口絞りは第2レンズ群と第3レンズ群との間、又は第3レンズ群中に配置されることが好ましく、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。

また、本願の変倍光学系を構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することができる。

また、本願の変倍光学系は、変倍比が3～20倍程度である。

[0048] 次に、本願の変倍光学系を備えたカメラを図10に基づいて説明する。

図10は、本願の変倍光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

本カメラ1は、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る変倍光学系を備えたデジタル一眼レフカメラである。

本カメラ1において、被写体である不図示の物体からの光は、撮影レンズ2で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして焦点板4に結像されたこの光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へ導かれる。これにより撮影者は、被写体像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

[0049] 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、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、不図示の被写体からの光は撮像素子7へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子7によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影

者は本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。

ここで、本カメラ 1 に撮影レンズ 2 として搭載した上記第 1 実施例に係る変倍光学系は、上述のように小型、高変倍で、高い光学性能を備えている。これにより本カメラ 1 は、小型化及び高変倍化を図りながら、高い光学性能を実現することができる。なお、上記第 2、第 3 実施例に係る変倍光学系を撮影レンズ 2 として搭載したカメラを構成しても、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。また、クイックリターンミラー 3 を有しない構成のカメラに上記各実施例に係る変倍光学系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。

[0050] 最後に、本願の変倍光学系の製造方法の概略を図 1 1 に基づいて説明する。

図 1 1 に示す本願の変倍光学系の製造方法は、以下のステップ S 1、S 2 を含むものである。

ステップ S 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、負の屈折力を有する第 5 レンズ群とを有するようにする。

ステップ S 2：公知の移動機構を設ける等することで、広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔、及び前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにする。

斯かる本願のズームレンズの製造方法によれば、高変倍で、高い光学性能を備えた小型の変倍光学系を製造することができる。

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、負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時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化することを特徴とする変倍光学系。

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

$$1.80 < (-f_5) / f_w$$

ただし、

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態における前記変倍光学系の焦点距離

[請求項3] 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

$$0.40 < f_5 / f_4 < 4.20$$

ただし、

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

[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に記載の変倍光学系。

$$0.88 < (-f_5) / f_3 < 8.20$$

ただし、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_5 : 前記第5レンズ群の焦点距離

[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に記載の変倍光学系。

$$0.066 < R5 / f5 < 0.600$$

ただし、

f5：前記第5レンズ群の焦点距離

R5：前記第5レンズ群中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面の曲率半径

[請求項6] 以下の条件式を満足し、

$$0.066 < R5 / f5 < 0.600$$

ただし、

f5：前記第5レンズ群の焦点距離

R5：前記第5レンズ群中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さいレンズ面の曲率半径

前記第5レンズ群が接合レンズを有し、

前記第5レンズ群中の物体側に凹形状で曲率半径の絶対値の最も小さい前記レンズ面は、前記接合レンズの接合面であることを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

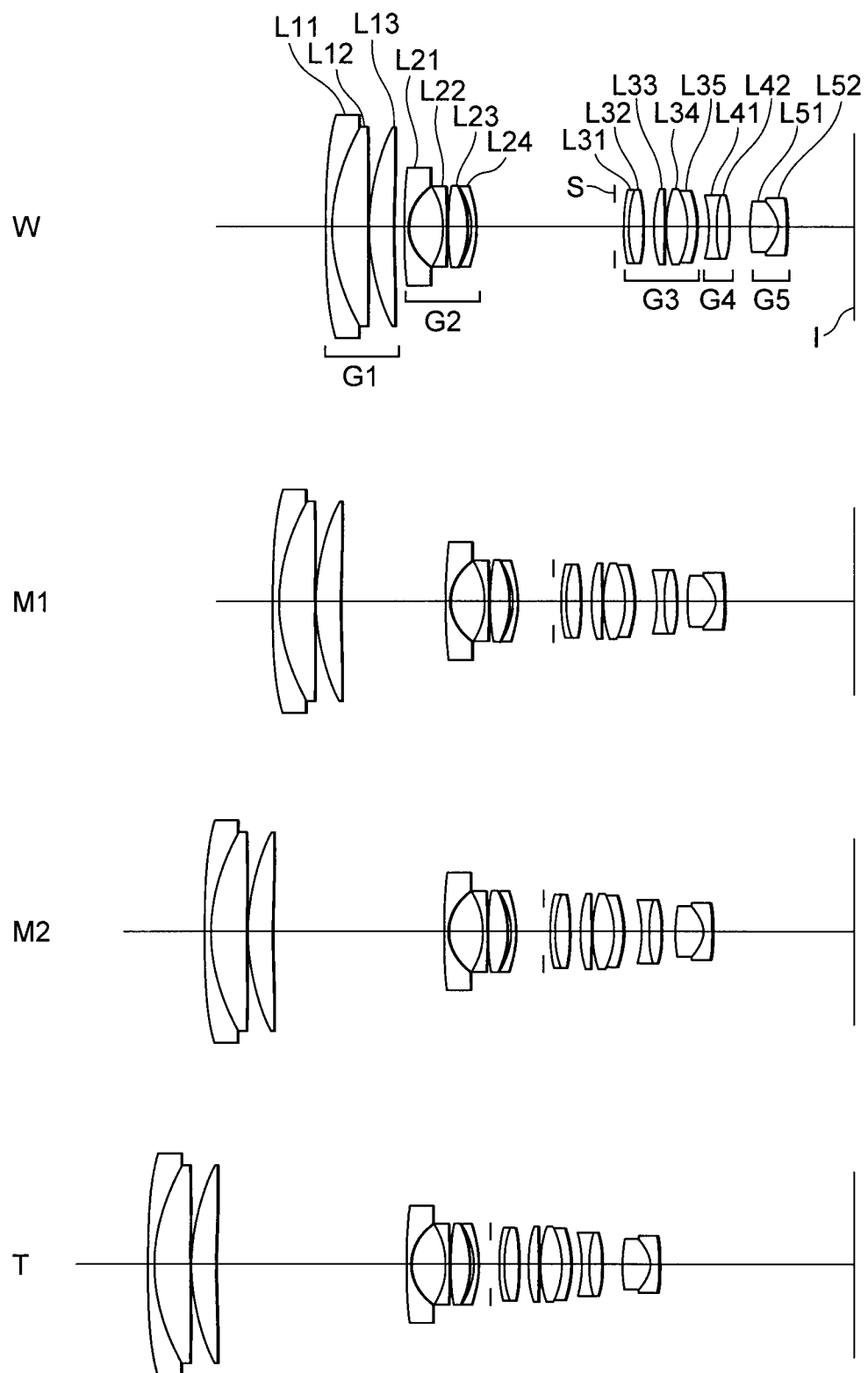
[請求項7] 広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が、広角端状態から中間焦点距離状態まで増加し、中間焦点距離状態から望遠端状態まで減少することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

[請求項8] 広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が、広角端状態から中間焦点距離状態まで減少し、中間焦点距離状態から望遠端状態まで増加することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

[請求項9] 広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第3レンズ群と前記第5レンズ群が一体で移動することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

- [請求項10] 広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増加し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項11] 前記第5レンズ群が非球面を有することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項12] 前記第5レンズ群が非球面を有し、
前記非球面が前記第5レンズ群中の最も物体側のレンズ面に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項13] 前記第3レンズ群の中又は近傍に開口絞りを有することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項14] 前記第3レンズ群の中又は近傍に開口絞りを有し、
広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記開口絞りが前記第3レンズ群と一体で移動することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。
- [請求項15] 請求項1に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学装置。
- [請求項16] 変倍光学系の製造方法において、
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、負の屈折力を有する第5レンズ群とを有するようにし、
広角端状態から望遠端状態への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化するようにすることを特徴とする変倍光学系の製造方法。

[図1]



[図2]

図2A

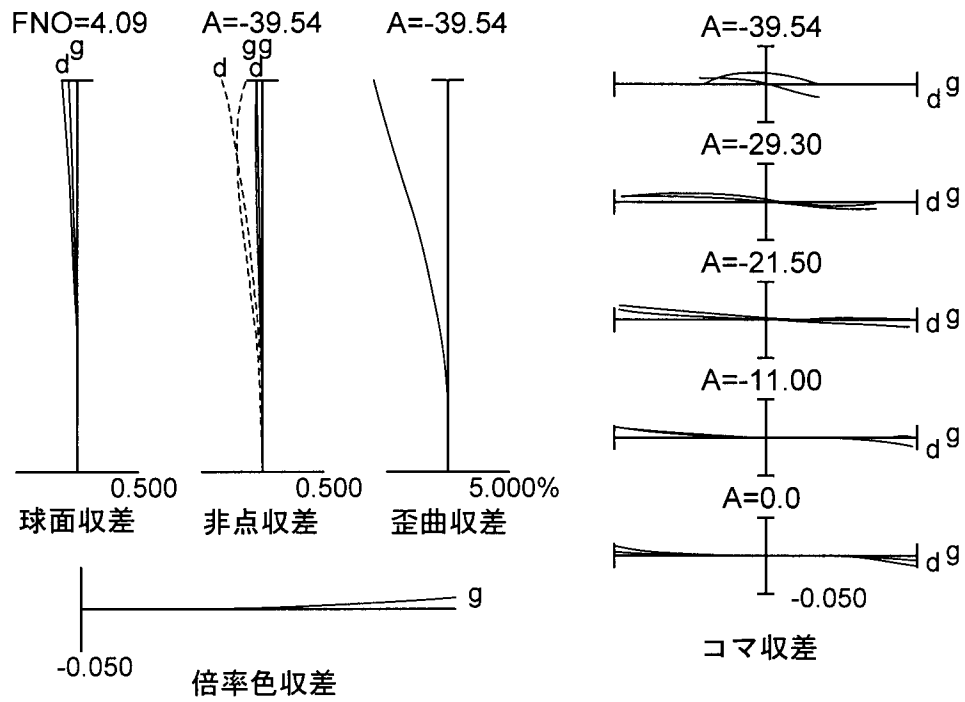
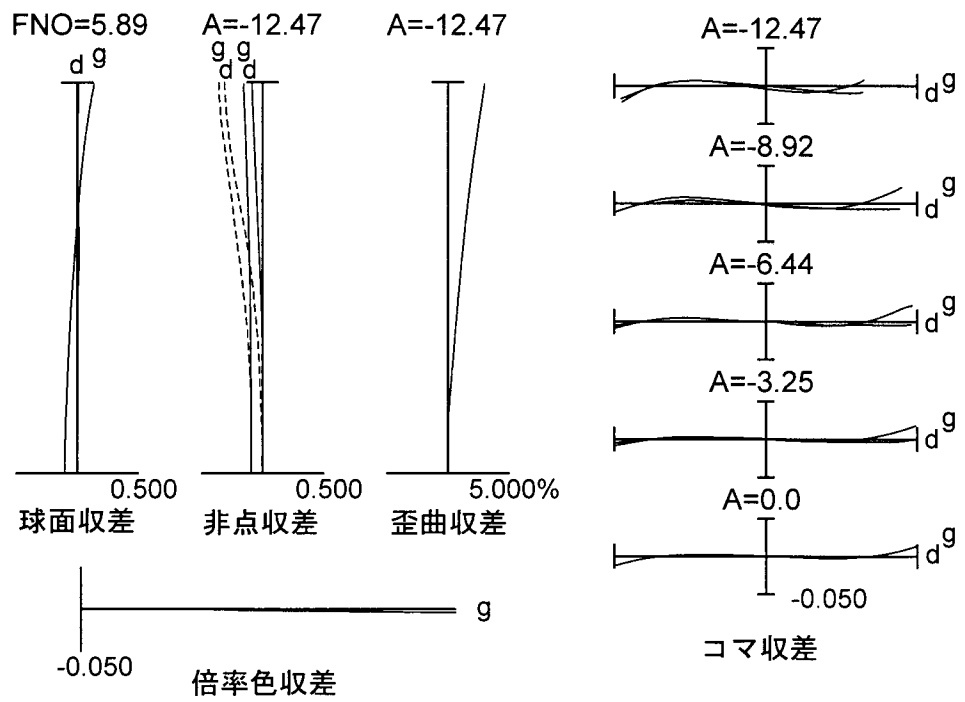


図2B



[図3]

図3A

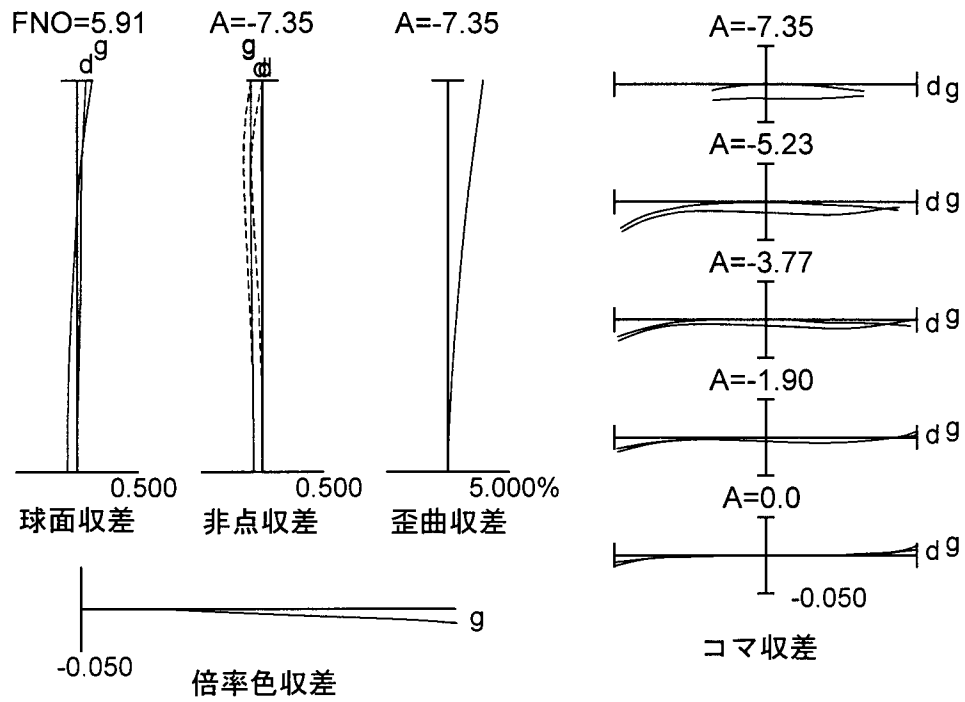
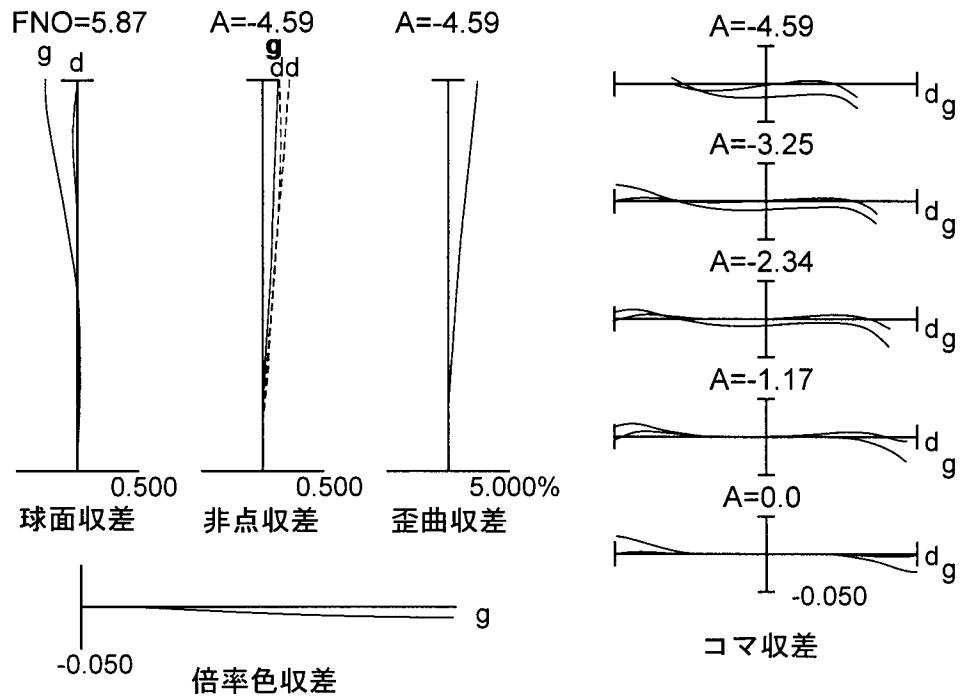
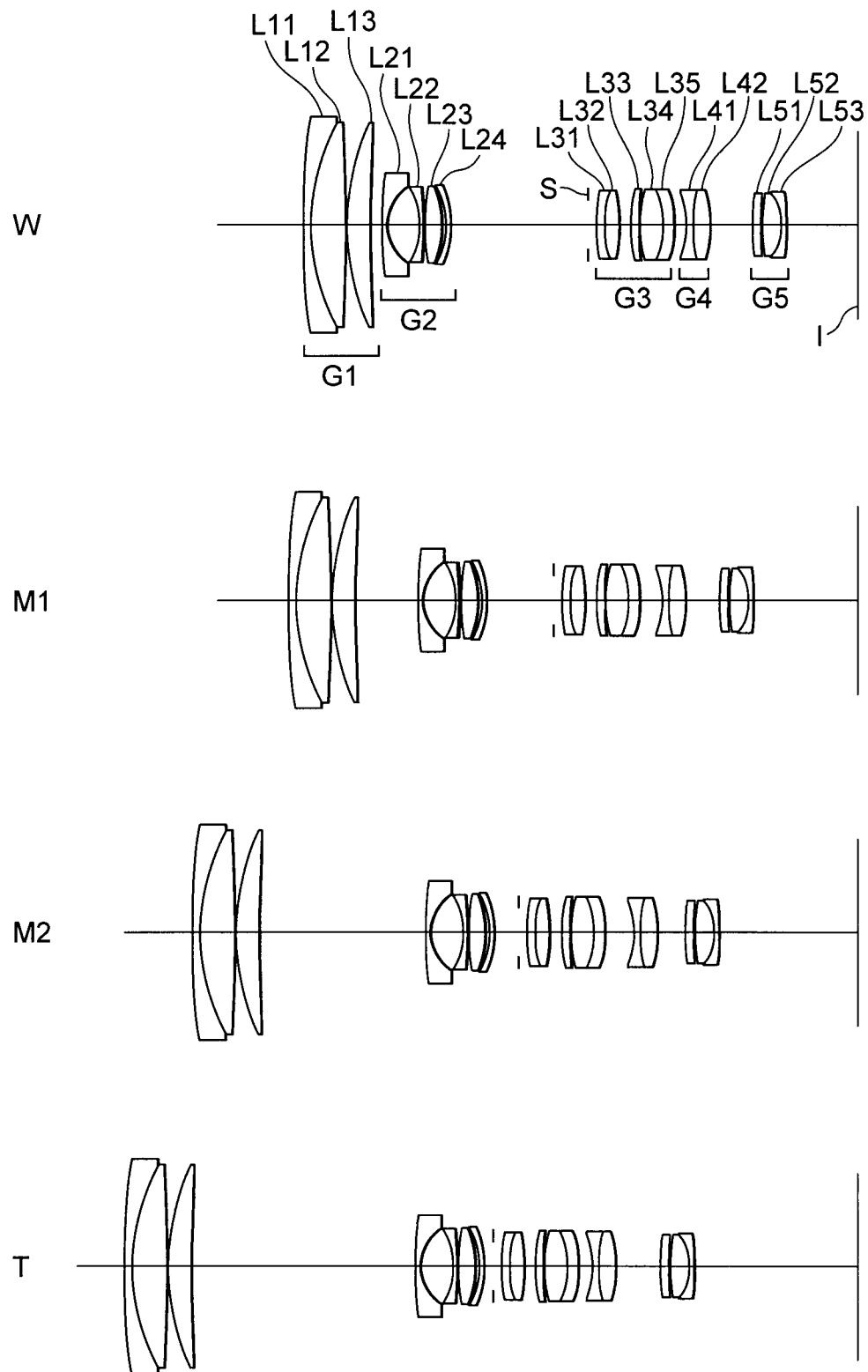


図3B



[図4]



[図5]

図5A

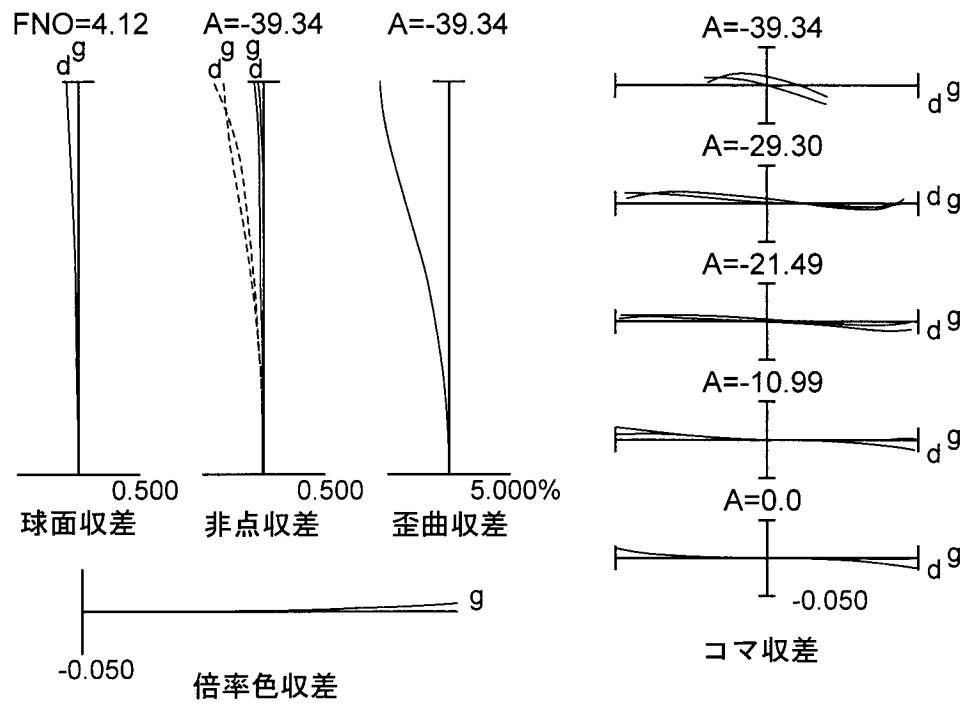
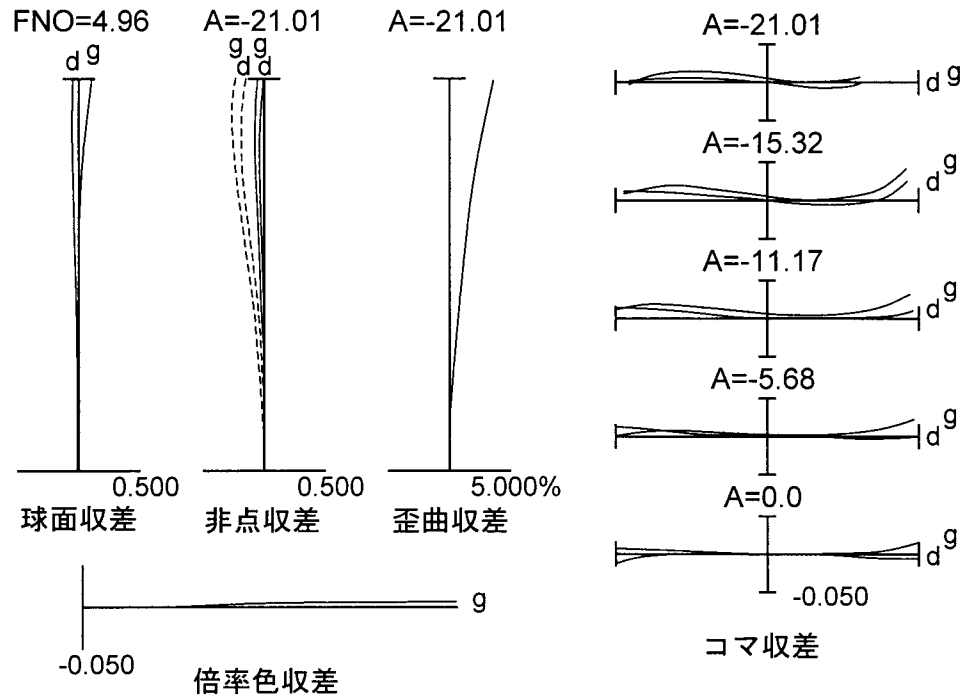


図5B



[図6]

図6A

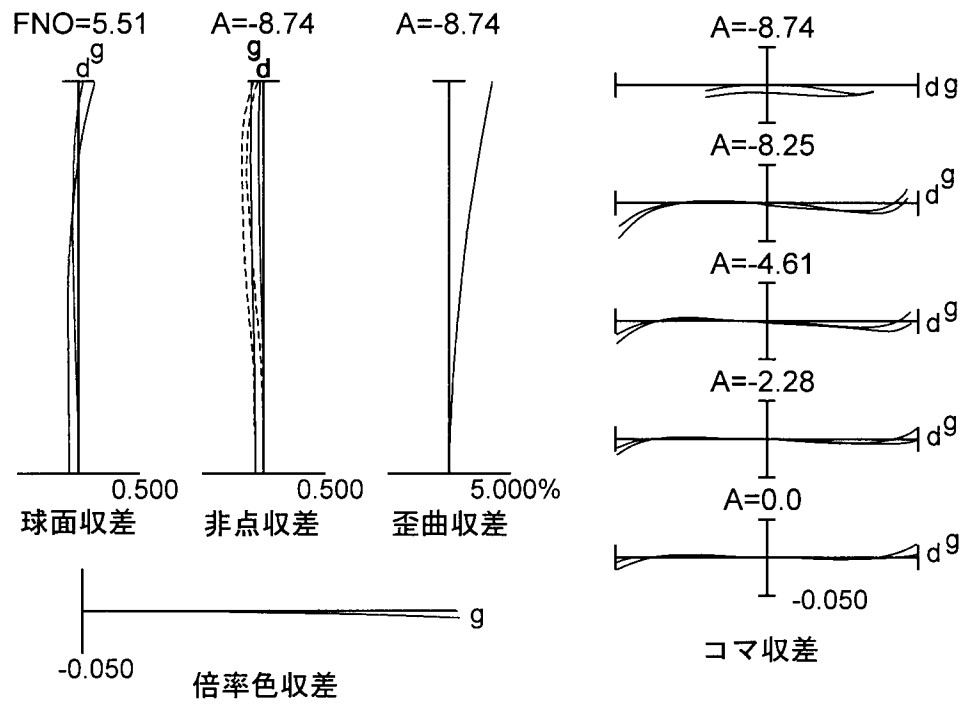
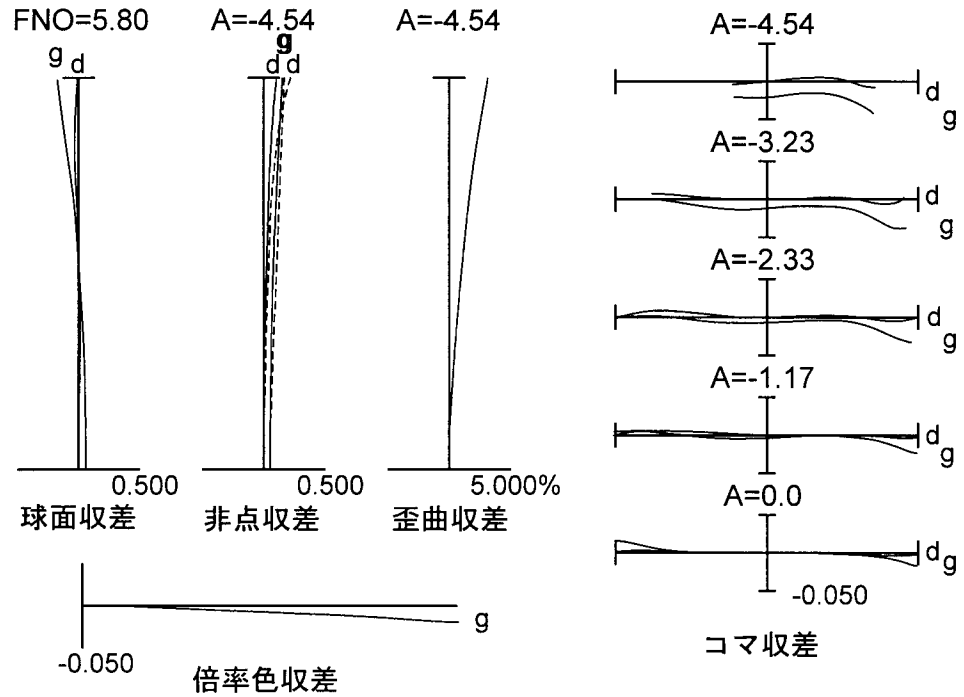
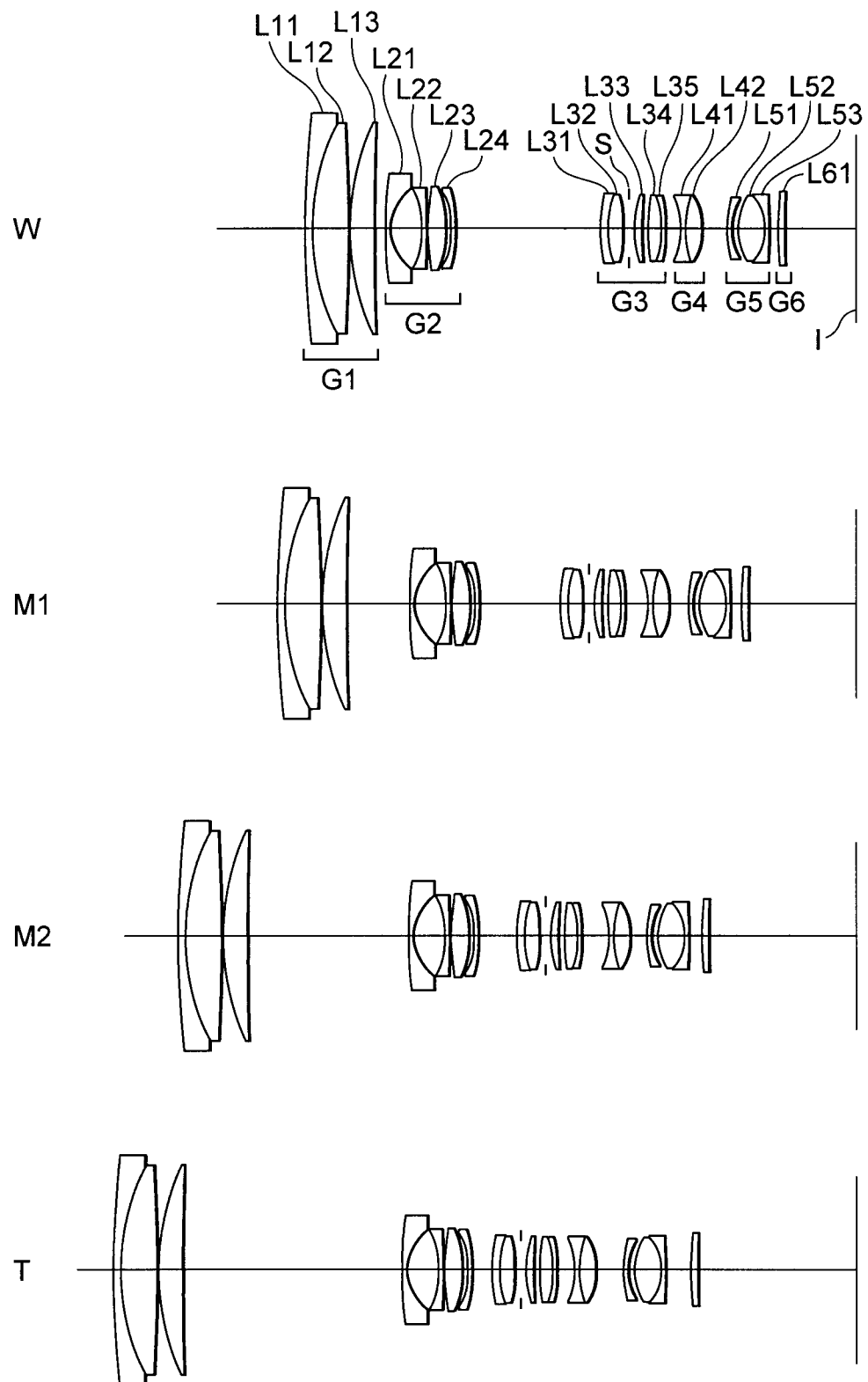


図6B



[図7]



[図8]

図8A

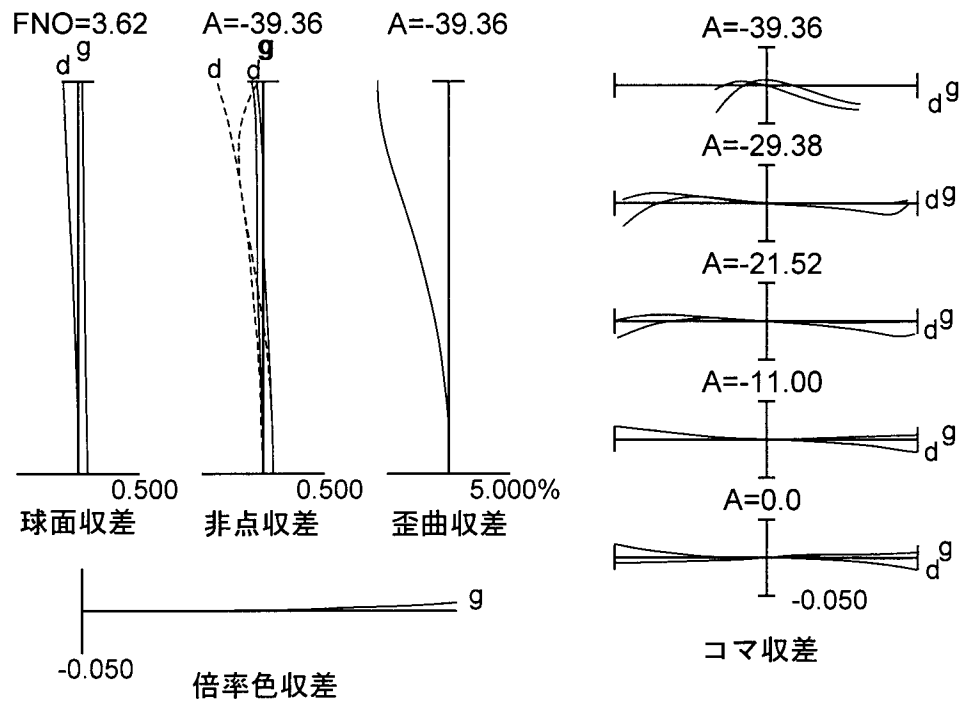
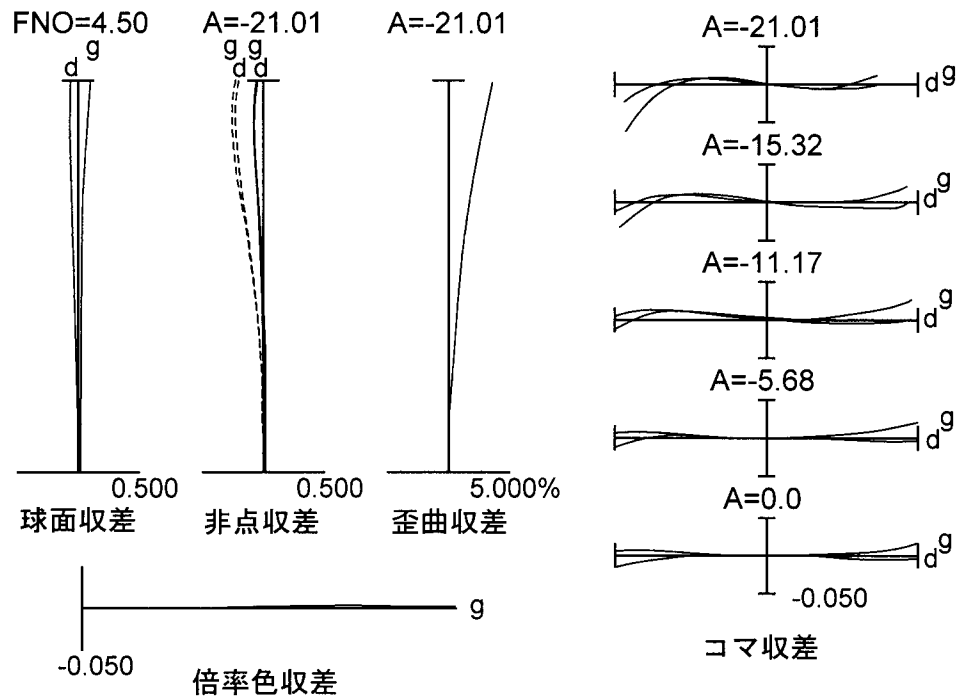


図8B



[図9]

図9A

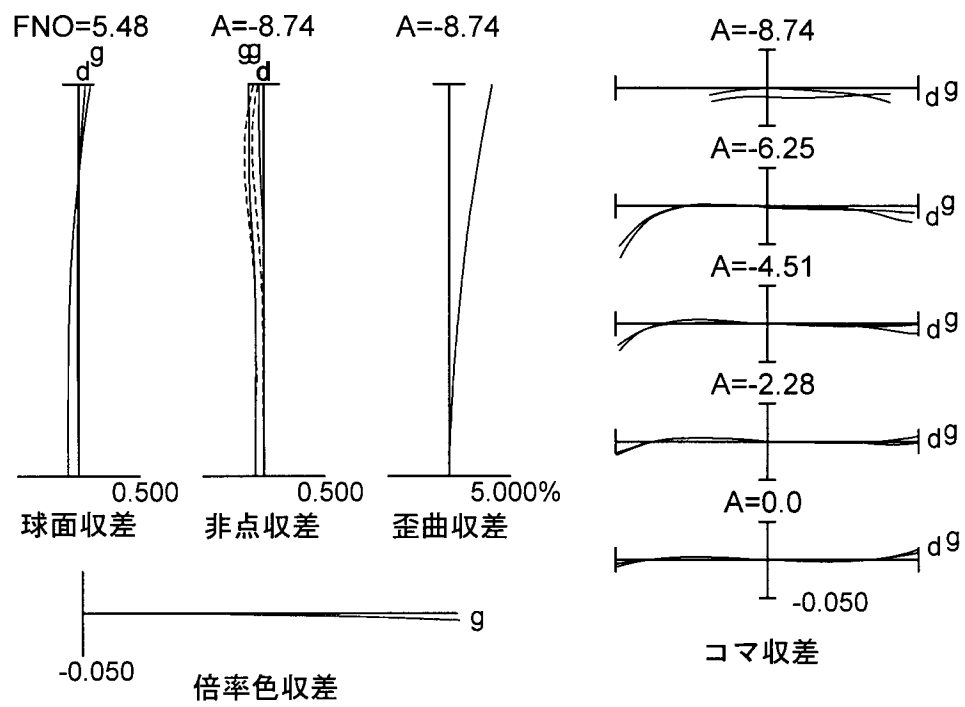
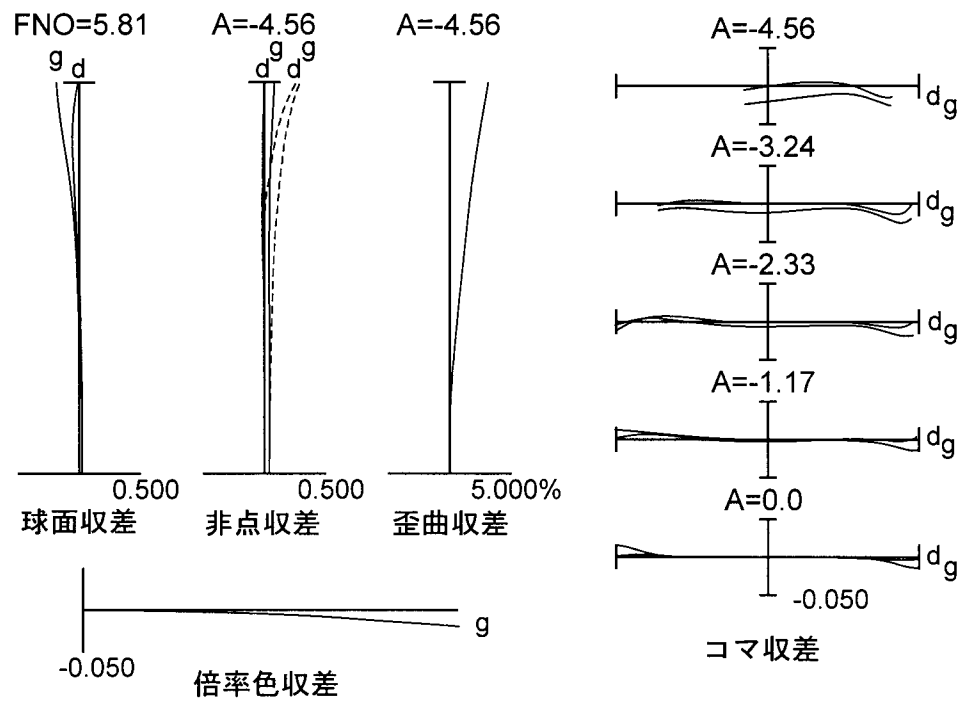
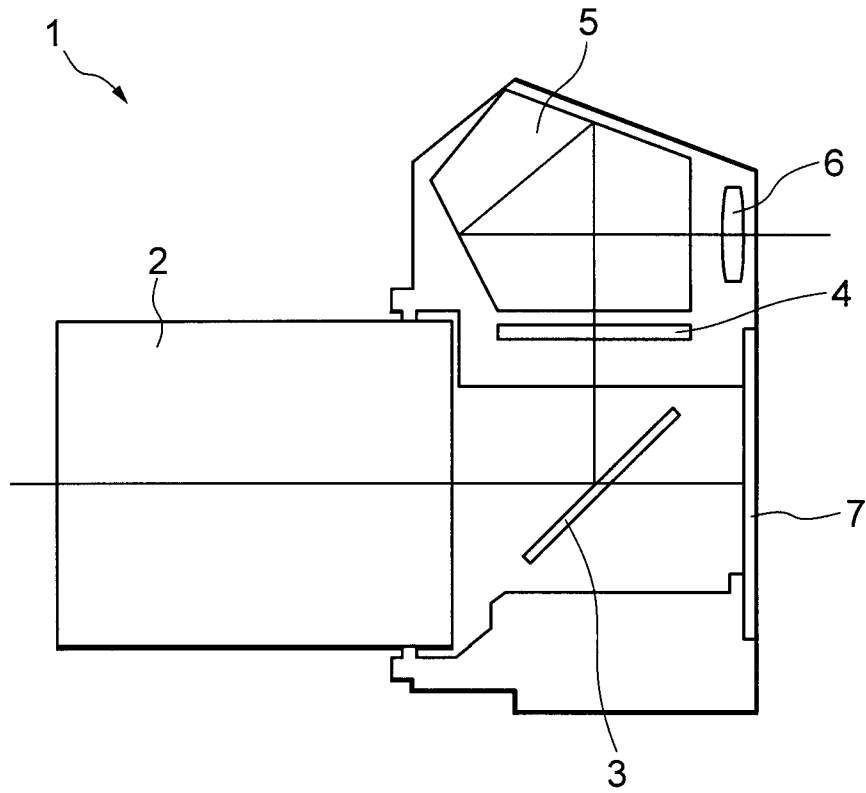


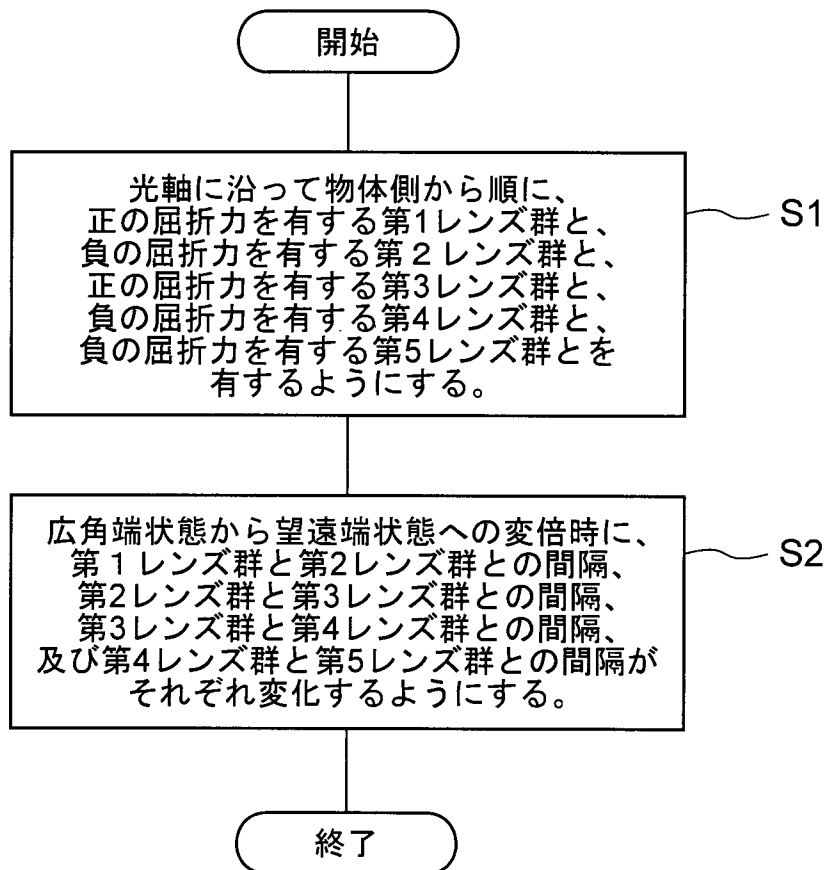
図9B



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055180

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2006-184430 A (Canon Inc.), 13 July 2006 (13.07.2006), entire text (particularly, examples 1 to 3) (Family: none)	1-5, 11-12, 15-16 6
X A	JP 63-205628 A (Canon Inc.), 25 August 1988 (25.08.1988), entire text (particularly, example 4) & US 4896950 A	1, 3-5, 11-12, 15-16 2, 6
X A	JP 10-186234 A (Canon Inc.), 14 July 1998 (14.07.1998), entire text (particularly, examples 1 to 3) & US 6061180 A	1, 4-6, 11-12, 15-16 2-3

☒ 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
17 May, 2013 (17.05.13)Date of mailing of the international search report
28 May, 2013 (28.05.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055180

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 1-252915 A (Minolta Camera Co., Ltd.), 09 October 1989 (09.10.1989), entire text (particularly, example 7) & US 5086356 A	1-2, 11-12, 15-16 3-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055180

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-6, 11, 12, 15 and 16

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055180

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

The technical feature common to the invention of claims 1-6, 11, 12, 15, 16, the invention of claims 7-10, and the invention of claims 13, 14 is "a variable-magnification optical system characterized by comprising a first lens group having a positive refracting power, a second lens group having a negative refracting power, a third lens group having a positive refracting power, a fourth lens group having a negative refracting power, and a fifth lens group having a negative refracting power arranged along an optical axis in order from an object side, wherein when magnification is varied from a wide-angle edge state to a telephoto edge state, each of a space between the first lens group and the second lens group, a space between the second lens group and the third lens group, a space between the third lens group and the fourth lens group, and a space between the fourth lens group and the fifth lens group varies".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in JP 2006-184430 A (Canon Inc.), 13 July 2006 (13.07.2006), entire text (particularly, examples 1 to 3), JP 63-205628 A (Canon Inc.), 25 August 1988 (25.08.1988), entire text (particularly, example 4), JP 10-186234 A (Canon Inc.), 14 July 1998 (14.07.1998), entire text (particularly, examples 1 to 3), and JP 1-252915 A (Minolta Camera Co., Ltd.), 09 October 1989 (09.10.1989), entire text (particularly, example 7).

Further, there is no other same or corresponding special technical feature among these inventions.

Accordingly, the following three inventions (invention groups) are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1-6, 11, 12, 15 and 16

A variable-magnification optical system in which a configuration of a fifth lens group is specified, an optical device including the variable-magnification optical system, and a manufacturing method of the variable-magnification optical system.

(Invention 2) the inventions of claims 7-10

A variable-magnification optical system in which behavior of a lens group during variation in magnification from a wide-angle edge state to a telephoto edge state is specified.

(Invention 3) the inventions of claims 13 and 14

A variable-magnification optical system in which an arrangement of aperture stop and behavior during variation in magnification are specified.

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	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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 A	JP 2006-184430 A（キヤノン株式会社）2006.07.13, 全文（特に実施例1-3参照）（ファミリーなし）	1-5, 11-12, 15-16 6
X A	JP 63-205628 A（キヤノン株式会社）1988.08.25, 全文（特に実施例4参照） & US 4896950 A	1, 3-5, 11-12, 15-16 2, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 5 . 2 0 1 3

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）

原田 英信

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

3 7 0 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 10-186234 A (キヤノン株式会社) 1998.07.14, 全文 (特に実施例 1 - 3 参照) & US 6061180 A	1, 4-6, 11-12, 15-16 2-3
X A	JP 1-252915 A (ミノルタカメラ株式会社) 1989.10.09, 全文 (特に実施例 7 参照) & US 5086356 A	1-2, 11-12, 15-16 3-6

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1－6、11、12、15、16に係る発明、請求項7－10に係る発明と請求項13、14に係る発明は、「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、負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時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔、及び前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔がそれぞれ変化することを特徴とする変倍光学系」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献JP 2006-184430 A（キヤノン株式会社）2006.07.13、全文（特に実施例1－3参照）、（特別ページに続く）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項1－6、11、12、15、16

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

(第Ⅲ欄の続き)

JP 63-205628 A (キヤノン株式会社)1988.08.25, 全文 (特に実施例4 参照)、JP 10-186234 A (キヤノン株式会社)1998.07.14, 全文 (特に実施例1 - 3 参照)、JP 1-252915 A (ミノルタカメラ株式会社)1989.10.09, 全文 (特に実施例7 参照) の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

そして、請求の範囲には、以下に示す3つの発明(群)が含まれる。

(発明1) 請求項1 - 6、11、12、15、16に係る発明

第5レンズ群の構成が特定された変倍光学系、該変倍光学系を有する光学装置及び、該変倍光学系の製造方法。

(発明2) 請求項7 - 10に係る発明

広角端状態から望遠端状態への変倍時のレンズ群の挙動が特定された変倍光学系。

(発明3) 請求項13、14に係る発明

開口絞りの配置及び変倍時の挙動が特定された変倍光学系。