

(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
2012 年 6 月 21 日(21.06.2012)



(10) 国際公開番号

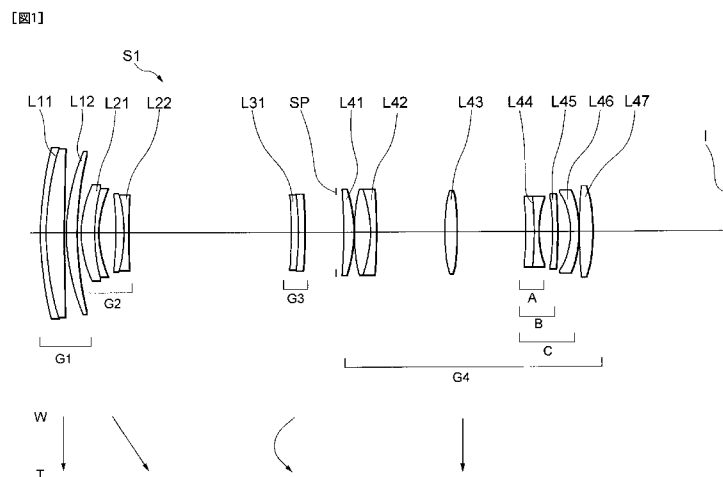
WO 2012/081603 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) G02B 15/167 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/078871
- (22) 国際出願日: 2011 年 12 月 14 日(14.12.2011)
- (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 2010-281885 2010 年 12 月 17 日(17.12.2010) JP
特願 2010-281891 2010 年 12 月 17 日(17.12.2010) JP
特願 2011-272193 2011 年 12 月 13 日(13.12.2011) JP
特願 2011-272200 2011 年 12 月 13 日(13.12.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴田 悟 (SHIBATA, Satoru) [JP/JP]; 〒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(INOUE, Yoshio); 〒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, 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, 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, MD, 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: OPTICAL SYSTEM, IMAGE PICKUP DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学系、撮像装置、光学系の製造方法



(57) Abstract: Disclosed is an optical system, which is characterized in that the optical system has a first lens element and a second lens element, which can be shifted such that each lens element includes a component in the direction perpendicular to an optical axis, the second lens element is configured of the first lens element and other lens element, and that image plane correction is performed by shifting the first lens element or the second lens element such that the component in the direction perpendicular to the optical axis is included. Consequently, the optical system having suitable vibration-proofing functions, an image pickup device provided with the optical system, and a method for manufacturing the optical system are provided.

(57) 要約: それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第 1 レンズエレメントと第 2 レンズエレメントとを有し、第 2 レンズエレメントは、第 1 レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成され、第 1 レンズエレメントまたは第 2 レンズエレメントを光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする光学系。これにより、好適な防振機能を有する光学系、当該光学系を備えた撮像装置、当該光学系の製造方法を提供する。

WO 2012/081603 A1



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： 光学系、撮像装置、光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は防振機能を有する光学系、当該光学系を備えた撮像装置、および光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、防振機能を有し、カメラ等の撮像装置に用いられる光学系が提案されている（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2001-249276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、従来の防振機能を有する光学系にあっては、像面補正量が大きくなるとレンズのシフト量が増大し、制御が困難になるという問題があった。

[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、好適な防振機能を有する光学系、当該光学系を備えた撮像装置、当該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

[0006] 上記目的を達成するために、本発明の第1 態様は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1 レンズエレメントと第2 レンズエレメントとを有し、前記第2 レンズエレメントは、前記第1 レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成され、前記第1 レンズエレメントまたは前記第2 レンズエレメントを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする光学系を提供する。

[0007] また、本発明の第2 態様は、本発明の第1 態様に係る光学系を備えたこと

を特徴とする撮像装置を提供する。

[0008] また、本発明の第3態様は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次式の条件を満足することを特徴とする光学系を提供する。

$$\begin{aligned} |f_{B'}| &< |f_{A'}| \\ f_w &\leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50 \\ (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 &\leq f_k \leq f_t \end{aligned}$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[0009] また、本発明の第4態様は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うことを特徴とする光学系を提供する。

[0010] また、本発明の第5態様は、本発明の第3態様に係る光学系を備えたこと

を特徴とする撮像装置を提供する。

また、本発明の第6態様は、本発明の第4態様に係る光学系を備えたことを特徴とする撮像装置を提供する。

[0011] また、本発明の第7態様は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、前記第2レンズエレメントを前記第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成し、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に配置し、像面補正は前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて行うように構成することを特徴とする光学系の製造方法を提供する。

[0012] また、本発明の第7態様は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、前記第2レンズエレメントを前記第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成し、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に配置し、像面補正は前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて行うように構成することを特徴とする光学系の製造方法を提供する。

[0013] また、本発明の第8態様は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、次式の条件を満足するようにすることを特徴とする光学系の製造方法を提供する。

$$|f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$(|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[0014] また、本発明の第9態様は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントと前記第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成するようにすることを特徴とする光学系の製造方法を提供する。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、好適な防振機能を有する光学系、当該光学系を備えた撮像装置、当該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

[0016] [図1]図1は、本発明の第1実施形態の第1実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図2]図2 A、2 B、2 C、2 Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図2 Aは諸収差図であり、図2 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図2 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図2 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図3]図3 A、3 B、3 C、3 Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図3 Aは諸収差図であり、図3 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図3 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図3 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図4]図4 A、4 B、4 C、4 Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図4 Aは諸収差図であり、図4 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図4 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図4 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図5]図5は、本発明の第1実施形態の第2実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図6]図6 A、6 B、6 C、6 Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図6 Aは諸収差図であり、図6 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図6 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図6 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図7]図7 A、7 B、7 C、7 Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図7 Aは諸収差図であり、図7 Bは

レンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図7CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図7DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図8]図8A、8B、8C、8Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図8Aは諸収差図であり、図8BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図8CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図8DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図9]図9は、本発明の第1実施形態の第3実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図10]図10A、10B、10C、10Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図10Aは諸収差図であり、図10BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図10CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図10DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図11]図11A、11B、11C、11Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図11Aは諸収差図であり、図11BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図11CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図11DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図12]図12A、12B、12C、12Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図12Aは諸収差図であり、図12BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図12CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの

メリディオナル横収差図であり、図12DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図13]図13は、本発明の第1実施形態の第4実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図14]図14A、14B、14C、14Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図14Aは諸収差図であり、図14BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図14CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図14DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図15]図15A、15B、15C、15Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図15Aは諸収差図であり、図15BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図15CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図15DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図16]図16A、16B、16C、16Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図16Aは諸収差図であり、図16BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図16CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図16DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図17]図17は、本発明の第1実施形態の第5実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図18]図18A、18B、18C、18Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図18Aは諸収差図であり、図18BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図18CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときの

メリディオナル横収差図であり、図18DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図19]図19A、19B、19C、19Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図19Aは諸収差図であり、図19BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図19CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図19DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図20]図20A、20B、20C、20Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図20Aは諸収差図であり、図20BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図20CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図20DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図21]図21は、本発明の第1実施形態の第6実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図22]図22A、22B、22C、22Dは、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図22Aは諸収差図であり、図22BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図22CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図22DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図23]図23A、23B、23C、23Dは、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図23Aは諸収差図であり、図23BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図23CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図23DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図24]図24A、24B、24C、24Dは、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図24Aは諸収差図であり、図24BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図24CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図24DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[図25]図25は、本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図26]図26は、本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図27]図27は、本発明の第2実施形態の第7実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図28]図28A、28Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図28Aは諸収差図であり、図28BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図29]図29A、29Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図29Aは諸収差図であり、図29BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図30]図30A、30Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図30Aは諸収差図であり、図30BはレンズエレメントC'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図31]図31は、本発明の第2実施形態の第8実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図32]図32A、32Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図32Aは諸収差図であり、図32BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図33]図33A、33Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図33Aは諸収差図であり、図33bはレ

ンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図34]図34A、34Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図34Aは諸収差図であり、図34BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図35]図35は、本発明の第2実施形態の第9実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図36]図36A、36Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図36Aは諸収差図であり、図36BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図37]図37A、37Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図37Aは諸収差図であり、図37BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図38]図38A、38Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図38Aは諸収差図であり、図38BはレンズエレメントC'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図39]図39は、本発明の第2実施形態の第10実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図40]図40A、40Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図40Aは諸収差図であり、図40BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図41]図41A、41Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図41Aは諸収差図であり、図41BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図42]図42A、42Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図42Aは諸収差図であり、図42BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図43]図43は、本発明の第2実施形態の第11実施例に係る光学系の構成を示す図である。

[図44]図4 4 A、4 4 Bは、第1 1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図4 4 Aは諸収差図であり、図4 4 BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図45]図4 5 A、4 5 Bは、第1 1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図4 5 Aは諸収差図であり、図4 5 BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図46]図4 6 A、4 6 Bは、第1 1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図4 6 Aは諸収差図であり、図4 6 BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[図47]図4 7は、本発明の光学系を備えたデジタル一眼レフカメラの概略を示す断面図である。

[図48]図4 8は、本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図49]図4 9は、本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[図50]図5 0は、本発明に係る光学系における防振機能の構成の例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0017] (第1実施形態)

以下、本発明の第1実施形態に係る光学系および撮像装置について説明する。

[0018] まず、本発明の第1実施形態に係る光学系から説明する。本発明の第1実施形態に係る光学系は防振機能を有する光学系である。

[0019] 本発明の第1実施形態に係る光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、第2レンズエレメントは、第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成されている。像ブレの補正は、第1レンズエレメントまたは第2レンズエレメントを光軸と垂直方向の成分を含むようにシフトさ

せて像面補正を行うようになっている。

[0020] ここで、本明細書においてレンズエレメントとは、単一または複数のレンズよりなる1つのユニットをいう。

[0021] 第1レンズエレメントと第2レンズエレメントのどちらをシフトさせるかは、撮像装置に備えられた角速度センサ等によって検出された像ブレ量から制御部が決定する。図50は、本発明に係る光学系における防振機能の構成の例を示す概略図である。制御部21は、複数の角速度センサ23、23が検出した角速度、すなわち撮像装置本体31の傾きの大きさおよび向きから像ブレの補正量を算出し、補正量の大きさに応じて、レンズエレメント25a、25bのどちらをシフトさせるかを決定する。そして制御部21は、決定したレンズエレメント（例えばレンズエレメント25a）を撮像装置本体31の傾きを打ち消す方向にモータ等の駆動装置27を介して駆動する。なお、制御部21は撮像装置本体31に備えられても良いし、光学系が配置されるレンズ鏡筒29に内蔵されても良い。

[0022] このような構成とすることにより、本発明の第1実施形態に係る光学系は複数の像面補正機能を持つ効果が得られ、好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。

[0023] 本発明においては、このような構成のもとで、より好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

[0024] また、本発明の第1実施形態に係る光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、第2レンズエレメントにおいて、該第1レンズエレメントと該他のレンズエレメントとは、同符号の屈折力を有し、像ブレ補正は、第1レンズエレメントまたは第2レンズエレメントを光軸と垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うようになっている。

[0025] このような構成のもとで、より好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

[0026] また、次の条件式(1)を満足することで、より好適な防振機能を有する光

光学系を実現できる。

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズ要素の焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは同符号

[0027] 条件式(1)を満足することで、第1レンズ要素の焦点距離 f_A と第2レンズ要素の焦点距離 f_B とが同符号であるとき、第1レンズ要素の焦点距離 f_A の絶対値に比べて第2レンズ要素の焦点距離 f_B の絶対値の方が小さいので、第2レンズ要素の移動量が第1レンズ要素と同じ移動量であっても、第2レンズ要素をシフトさせた方が像面移動量を大きくできる。その結果、第2レンズ要素をシフトさせて像ブレを補正する場合の方が、第1レンズ要素をシフトさせて像ブレを補正する場合に比べて、レンズの移動量を増やすことなく多くの像ブレ補正が可能になり、大きな像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0028] また、本発明の第1実施形態に係る光学系は、次の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$(2) \quad 0.24 < |f_B| / |f_A| < 1.00$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズ要素の焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは同符号

[0029] 条件式(2)は、像面補正を行う第1レンズ要素および第2レンズ要素の焦点距離を規定する条件式である。条件式(2)を満足することにより、第1レンズ要素の焦点距離 f_A と第2レンズ要素の焦点距離 f_B とが同符号であるとき、像面補正時においても良好な光学性能を実現することができる。

[0030] 条件式(2)の対応値 $|f_B|/|f_A|$ が下限値を下回ると、像面補正時のコマ収差の補正が困難になってしまい好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を0.30にするのが好ましい。

[0031] 条件式(2)の対応値 $|f_B|/|f_A|$ が上限値を上回ると、像面補正を行う第1レンズ要素の焦点距離と第2レンズ要素の焦点距離とが近くなり、その結果、複数の像面補正機能を持つ効果が得られなくなり、好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を0.96にするのが好ましい。

[0032] また、本発明の第1実施形態に係る光学系は、光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第3レンズ要素をさらに有し、第3レンズ要素は、第2レンズ要素と該第2レンズ要素の屈折力と同符号の屈折力を有する他のレンズ要素とから構成され、第1レンズ要素または第2レンズ要素または第3レンズ要素の何れか1つのレンズ要素を光軸と垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像ブレの補正を行う。このような構成のもとで、より好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

[0033] また、次の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$(3) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_C|$: 第3レンズ要素の焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B と f_C とは同符号

[0034] 本発明の第1実施形態に係る光学系は、このような構成により、さらに好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。第1レンズ要素、第2レンズ要素、第3レンズ要素の何れをシフトさせるかは、上記図50を用いて説明したのと同様に、角速度センサ等によって検出

された像ブレ量から制御部が決定する。

[0035] 本発明においては、このような構成のもとで、条件式（３）を満足することで、さらに好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

[0036] 条件式（３）を満足することで、第１レンズエレメントの焦点距離 f_A と第２レンズエレメントの焦点距離 f_B と第３レンズエレメントの焦点距離 f_C とが同符号であるとき、第２レンズエレメントの焦点距離 f_B の絶対値に比べて第３レンズエレメントの焦点距離 f_C の絶対値の方が小さいので、第３レンズエレメントの移動量が第２レンズエレメントと同じ移動量であっても、第３レンズエレメントをシフトさせた方が像面移動量を大きくできる。その結果、第３レンズエレメントをシフトさせて像ブレを補正する場合は、第２レンズエレメントをシフトさせて像ブレを補正する場合に比べて、レンズの移動量を増やすことなく多くの像ブレ補正が可能になり、大きな像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0037] また、本発明の第１実施形態の光学系は、次の条件式（４）を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 0.24 < |f_C| / |f_A| < 1.00$$

ただし、

$|f_A|$: 第１レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_C|$: 第３レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_C とは同符号

[0038] 条件式（４）は、像面補正を行う第１レンズエレメントおよび第３レンズエレメントの焦点距離を規定する条件式である。条件式（４）を満足することにより、像面補正時にも良好な光学性能を実現することができる。

[0039] 条件式（４）の対応値 $|f_C| / |f_A|$ が下限値を下回ると、像面補正時のコマ収差補正が困難になり好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするため、条件式（４）の下限値を 0.30 にするのが好ましい。

[0040] 条件式（４）の対応値 $|f_C| / |f_A|$ が上限値を上回ると、像面補正を行う第１レンズエレメント、第２レンズエレメント、および第３レンズエ

メントのそれぞれの焦点距離が近くなり、その結果複数の像面補正機能を持つ効果が得られなくなり、好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を０．９６にするのが好ましい。

[0041] また、本発明の第１実施形態の光学系は、第１および第２レンズエレメントは接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

[0042] また、本発明の光学系は、第３レンズエレメントは接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

[0043] また、本発明の第１実施形態の光学系は、少なくとも４つのレンズ群を有し、少なくとも第１および第２レンズエレメントは４つのレンズ群のうち何れか１つのレンズ群に含まれることが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時のコマ収差を小さくすることができる。

[0044] また、本発明の第１実施形態の光学系は、物体側から順に、第１レンズ群と第２レンズ群と第３レンズ群と第４レンズ群とを有し、変倍時に、第１レンズ群と第２レンズ群との間隔と、第２レンズ群と第３レンズ群との間隔と、第３レンズ群と第４レンズ群との間隔とが変化することが好ましい。このような構成とすることにより、高変倍を実現し、かつ球面収差を良好に補正することができる。

[0045] また、本発明の第１実施形態に係る光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第１レンズエレメントと第２レンズエレメントとを有し、第２レンズエレメントにおいて、該第１レンズエレメントと該他のレンズエレメントとは異符号の屈折力を有し、第１レンズエレメントまたは第２レンズエレメントを光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行う。このような構成のもとで、より好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

[0046] また、次の条件式（５）を満足することを特徴とする。

$$(5) \quad |f_A| < |f_B|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズ要素の焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

[0047] 第1レンズ要素と第2レンズ要素のどちらをシフトさせるかは、図50を用いて説明したように、角速度センサ等によって検出された像ブレ量から制御部が決定する。

[0048] 上記構成とすることにより、本発明の第1実施形態の光学系は複数の像面補正機能を持つ効果が得られ、好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。

[0049] 本発明の第1実施形態においては、このような構成のもとで、条件式(5)を満足することで、より好適な光学系を実現できる。

[0050] 条件式(5)を満足することで、 f_A と f_B とが異符号であるとき、第2レンズ要素の焦点距離 f_B の絶対値に比べて第1レンズ要素の焦点距離 f_A の絶対値の方が小さいので、第1レンズ要素の移動量が第2レンズ要素と同じ移動量であっても、第1レンズ要素をシフトさせた方が像面移動量を大きくできる。その結果、第1レンズ要素をシフトさせて像ブレを補正する場合は、第2レンズ要素をシフトさせて像ブレを補正する場合に比べて、レンズの移動量を増やすことなく多くの像ブレ補正が可能になり、大きな像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0051] また、本発明の第1実施形態の光学系は、次の条件式(6)を満足することが好ましい。

$$(6) \quad 0.24 < |f_A| / |f_B| < 1.00$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズ要素の焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズ要素の焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

- [0052] 条件式（６）は、像面補正を行う第１レンズエレメントの焦点距離と第２レンズエレメントの焦点距離とを規定する条件式である。条件式（６）を満足することにより、 f_A と f_B とが異符号であるとき、像面補正時においても良好な光学性能を実現することができる。
- [0053] 条件式（６）の対応値 $|f_A|/|f_B|$ が下限値を下回ると、像面補正時のコマ収差補正が困難になってしまい好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式（６）の下限値を０．３０にするのが好ましい。
- [0054] 条件式（６）の対応値 $|f_A|/|f_B|$ が上限値を上回ると、像面補正を行う第１レンズエレメントの焦点距離と第２レンズエレメントの焦点距離とが近くなり、その結果複数の像面補正機能を持つ効果が得られなくなり、好ましくない。なお、本発明の効果を確実にするために、条件式（６）の上限値を０．９６にするのが好ましい。
- [0055] また、本発明の第１実施形態の光学系は、第１および第２レンズエレメントは接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。
- [0056] また、本発明の第１実施形態の光学系は、少なくとも４つのレンズ群を有し、第１および第２レンズエレメントは４つのレンズ群のうち何れか１つのレンズ群に含まれることが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時のコマ収差を小さくすることができる。
- [0057] また、本発明の第１実施形態の光学系は、物体側から順に、第１レンズ群と第２レンズ群と第３レンズ群と第４レンズ群とを有し、変倍時に、第１レンズ群と第２レンズ群との間隔と、第２レンズ群と第３レンズ群との間隔と、第３レンズ群と第４レンズ群との間隔とが変化することが好ましい。このような構成とすることにより、高変倍を実現し、かつ球面収差を良好に補正することができる。
- [0058] また、本発明の第１実施形態の撮像装置は、上述した構成の光学系を有することを特徴とする。これにより、好適な撮像装置を実現することができる。

。

[0059] 次に、本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法について説明する。

図25、26は、それぞれ本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[0060] 本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法は、図25に示すように、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、以下の各ステップST11～ST14を含むものである。

[0061] ステップST11：前記第2レンズエレメントを前記第1レンズエレメントと前記第1レンズエレメントの屈折力と同符号の屈折力を有する他のレンズエレメントとから構成する。

[0062] ステップST12：前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に配置する。

[0063] ステップST13：像面補正は前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて行うように構成する。

[0064] ステップST14：次の条件式(1)を満足するようにする。

$$(1) \quad |f_B| < |f_A|$$

ただし、

$|f_A|$ ：第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$ ：第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは同符号

[0065] また、本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法は、図26に示すように、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、以下の各ステップST21～ST24を含むものである。

[0066] ステップST21：前記第2レンズエレメントを前記第1レンズエレメントと前記第1レンズエレメントの屈折力と異符号の屈折力を有する他のレンズエレメントとから構成する。

[0067] ステップS T 2 2 : 前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に配置する。

[0068] ステップS T 2 3 : 像面補正は前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて行うように構成する。

[0069] ステップS T 2 4 : 次の条件式(5)を満足するようにする。

$$(5) \quad |f_A| < |f_B|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

[0070] 斯かる本発明の第1実施形態に係る光学系の製造方法によれば、好適な防振機能を備えた光学系を製造することができる。

[0071] (数値実施例)

以下、本発明の第1実施形態の数値実施例に係る光学系を添付図面に基いて説明する。図1、図5、図9、図13、図17、および図21は、各実施例に係る光学系S1～S6の構成を示す断面図であり、これら光学系S1～S6の無限遠合焦時の広角端状態から望遠端状態への合焦状態の変化、すなわち各レンズ群の移動の様子を矢印で示している。

[0072] <第1実施例>

図1は、本発明の第1実施形態の第1実施例に係る光学系S1の構成を示す図である。

[0073] 図1に示すように、第1実施例に係る光学系S1は、図示しない物体側から順に、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、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSPと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

[0074] 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

スレンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL 1 1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 2とから構成されている。

[0075] 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正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL 2 1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL 2 2とから構成されている。

[0076] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL 3 1とから構成されている。

[0077] 第4レンズ群G 4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4 1と、両凸形状の正レンズと像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL 4 2と、両凸形状の正レンズL 4 3と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL 4 4と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 5と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 4 6と、両凸形状の正レンズL 4 7とから構成されている。

[0078] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との間に配置されている。撮像素子および開口絞りSPの構成は、後述する各実施例において同様である。

[0079] 第1実施例に係る光学系S 1は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G 1は像面Iに対して固定で、第2レンズ群G 2は像面I側に移動し、第3レンズ群G 3は像面I側に向かって略凹の軌跡で移動し、第4レンズ群は像面Iに対して固定である。

[0080] また、第1実施例に係る光学系S 1は、図1に示すように、第4レンズ群G 4内の接合レンズL 4 4をレンズエレメントAとし、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレン

ズL 4 5 とでレンズエレメントBを構成し、レンズエレメントBとレンズエレメントBの屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレンズL 4 6 とでレンズエレメントCを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントB、レンズエレメントCをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群のうちの何れか一つを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0081] 第1実施例に係る光学系S 1 では、光学系S 1 全系の焦点距離を f とし、ブレ補正時の防振レンズ群の移動量に対する像面 I 上での像の移動量の比を K とするとき（以下、この比のことを防振係数 K という。）、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0082] 第1実施例に係る光学系S 1 の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ95.0 (mm)、163.1 (mm)、226.6 (mm)である（下記表1参照）。各焦点距離におけるレンズエレメントA、B、Cによるブレ補正量および各レンズエレメントA、B、Cの移動量は、例えば以下になる。

[0083] 第1実施例に係る光学系S 1 は、広角端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.26であり、焦点距離は95.0 (mm)であるので、 0.324° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.428 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.37であり、焦点距離は95.0 (mm)であるので、 0.354° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.428 (mm)である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.69であり、焦点距離は95.0 (mm)であるので、 0.435° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントCの移動量は0.428 (mm)である。

[0084] また、第1実施例に係る光学系S 1 の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.26であり、焦

点距離は163.1 (mm) であるので、 0.301° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.680 (mm) である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.37であり、焦点距離は163.1 (mm) であるので、 0.326° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.680 (mm) である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.69であり、焦点距離は163.1 (mm) であるので、 0.403° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントCの移動量は0.680 (mm) である。

[0085] また、第1実施例に係る光学系S1の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.26であり、焦点距離は226.6 (mm) であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.944 (mm) である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.37であり、焦点距離は226.6 (mm) であるので、 0.326° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.944 (mm) である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.69であり、焦点距離は226.6 (mm) であるので、 0.403° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントCの移動量は0.944 (mm) である。

[0086] このように、各焦点距離において、レンズエレメントA、レンズエレメントB、レンズエレメントCの順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、上記のように焦点距離が同じでレンズエレメントA、B、Cの移動量が同じであれば、レンズエレメントAよりもレンズエレメントBの方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレメントBよりもレンズエレメントCの方が多くの量の補正が可能となる。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントAを駆動し、補正量が多くなって所定量に達したらレンズエレメントBを駆動し、補正量がさらに多くなって、前記所定量よりも大きい値で設定された他の所定量に達したらレンズエ

レメントCを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズの移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0087] 以下の表1に、本発明の第1実施形態の第1実施例に係る光学系S1の諸元値を掲げる。

[0088] 表1中の（全体諸元）において、 f は焦点距離、 FNO はFナンバー、 L は全長、 W は広角端状態、 M は中間焦点距離状態、 T は望遠端状態をそれぞれ示す。（面データ）において、面番号 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、物面 OP は物体面、（絞り）は開口絞り SP 、 I は像面 I をそれぞれ示している。なお、曲率半径 $r = \infty$ は平面を示し、空気の屈折率 $d = 1.00000$ の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合には面番号に*印を付して曲率半径 r の欄には近軸曲率半径を示している。

[0089] （非球面データ）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近軸曲率半径 r 、円錐定数 κ 、および非球面係数 $A_4 \sim A_{12}$ を示す。

$$[0090] \quad x = (h^2/r) / [1 + \{1 - \kappa (h/r)^2\}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

ここで、 x は、面の頂点を基準としたときの光軸からの高さ h の位置での光軸方向の変位である。また、「 $E-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば、「 $1.234E-05$ 」は、「 1.234×10^{-5} 」を示す。

[0091] （可変間隔データ）には、焦点距離 f と、可変間隔の値を示す。（条件式対応値）は、各条件式の対応値を示す。

[0092] ここで、表1に記載されている焦点距離 f や曲率半径 r 、およ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、比例拡大ま

た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。

[0093] 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。

[0094] (表 1) 第 1 実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	95.0	163.1	226.6
F N O =	4.68	4.68	4.70
T L =	259.3	259.3	259.3

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	134.560	1.8	25.43	1.80518
2)	101.277	7.0	82.51	1.49782
3)	546.812	1.0		
4)	77.194	4.0	82.51	1.49782
5)	124.044	D5		
6)	40.981	5.0	25.68	1.78472
7)	59.996	1.5	40.77	1.88300
8)	36.961	6.7		
9)	-131.117	3.4	25.43	1.80518
10)	-53.784	1.5	40.77	1.88300
11)	197.416	D11		
12)	-172.226	3.0	27.51	1.75520
13)	-80.000	2.0	43.69	1.72000
14)	-364.448	D14		
15>	∞	3.0		絞り

16)	-636.174	4.0	82.51	1.49782
17)	-57.515	0.3		
18)	84.998	6.0	70.45	1.48749
19)	-47.705	2.0	35.04	1.74950
20)	-289.998	25.9		
21)	70.499	4.6	82.56	1.49782
22)	-117.909	25.9		
23)	-188.780	3.5	28.46	1.72825
24)	-111.267	1.5	47.38	1.78800
25)	46.602	5.0		
26)	-119.084	2.0	58.89	1.51823
27)	-220.000	5.0		
28)	-30.419	3.0	64.12	1.51680
29)	-48.713	0.2		
30)	228.879	5.0	44.79	1.74400
31)	-64.531	BF		

I ∞

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.6	46.7	68.9
D11	61.4	2.5	3.4
D14	11.8	25.7	2.7
BF	50.6	50.6	50.6

(条件式対応値)

$$f A = -46.5$$

$$f B = -42.3$$

$$f C = -32.5$$

$$(1) \quad |f B| < |f A| \quad : 42.3 < 46.5$$

$$(2) \quad |f_B| / |f_A| = 0.91$$

$$(3) \quad |f_C| < |f_B| < |f_A| : 32.5 < 42.3 < 46.5$$

$$(4) \quad |f_C| / |f_A| = 0.70$$

[0095] 図2A、2B、2C、2Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図2Aは諸収差図であり、図2BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図2CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図2DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0096] 図3A、3B、3C、3Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図3Aは諸収差図であり、図3BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図3CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図3DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0097] 図4A、4B、4C、4Dは、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図4Aは諸収差図であり、図4BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図4CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図4DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0098] 各収差図において、FNOはFナンバーを、Yは像高をそれぞれ示している。また、図中のdはd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）での収差曲線を示し、gはg線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）での収差曲線を示している。非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。なお、以下に示す各実施例の諸収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

[0099] 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

態に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0100] <第2実施例>

図5は、本発明の第1実施形態の第2実施例に係る光学系S2の構成を示す図である。

[0101] 図5に示すように、第2実施例に係る光学系S2は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSPと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

[0102] 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、両凹形状の負レンズL12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、最も物体側の負メニスカスレンズL11は像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

[0103] 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と両凸形状の正レンズとの接合レンズL21と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22とから構成されている。

[0104] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL31と、物体側に凹面を向けた平凹レンズL32とから構成されている。

[0105] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側が平面の平凸レンズL41と、両凸形状の正レンズと像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL42とから構成されている。

[0106] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0107] 第2実施例に係る光学系S2は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1は像面Iに向かって移動し、第2レンズ群G2、第4レ

ンズ群G 4 は一体に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3 は物体側に移動する。

[0108] また、第2実施例に係る光学系S 2は、第3レンズ群G 3内の接合レンズL 3 1をレンズエレメントAとし、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と同符号の屈折力を有する平凹レンズL 3 2とでレンズエレメントBを構成し、これらレンズエレメントAおよびレンズエレメントBをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0109] 第2実施例に係る光学系S 2では、光学系S 2全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0110] 第2実施例に係る光学系S 2の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.5 (mm)、35.0 (mm)、53.5 (mm)である(下記表2参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA、Bによるブレ補正量および各レンズエレメントA、Bの移動量は、例えば以下になる。

[0111] 第2実施例に係る光学系S 2は、広角端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.04であり、焦点距離は18.5 (mm)であるので、 0.735° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.227 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.39であり、焦点距離は18.5 (mm)であるので、 0.927° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.216 (mm)である。

[0112] また、第2実施例に係る光学系S 2の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.29であり、焦点距離は35.0 (mm)であるので、 0.534° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.252 (mm)である。また、レ

ンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.71であり、焦点距離は35.0 (mm) であるので、 0.681° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.243 (mm) である。

[0113] また、第2実施例に係る光学系S2の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.66であり、焦点距離は53.5 (mm) であるので、 0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.243 (mm) である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは2.18であり、焦点距離は53.5 (mm) であるので、 0.553° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.236 (mm) である。

[0114] このように、レンズエレメントA、レンズエレメントBの順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、上記のように焦点距離が同じ場合、レンズエレメントBは、レンズエレメントAよりも移動量は少ないがレンズエレメントAよりも多い量の補正が可能となっている。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントAを駆動し、補正量が多くなり所定量に達するとレンズエレメントBを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0115] 以下の表2に、本発明の第1実施形態の第2実施例に係る光学系S2の諸元値を掲げる。

[0116] (表2) 第2実施例
(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.5	35.0	53.5
FNO =	3.6	4.1	5.3
TL =	130.2	122.3	131.5

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	115.556	1.9	64.12	1.51680
2)	15.601	0.2	38.09	1.55389
*3)	13.300	10.0		
4)	-159.479	1.5	58.22	1.62299
5)	35.685	1.1		
6)	28.207	3.1	25.68	1.78472
7)	77.398	D7		
8)	32.321	0.9	23.78	1.84666
9)	17.691	4.3	58.89	1.51823
10)	-32.688	0.1		
11)	23.144	1.8	64.10	1.5168
12)	59.408	D12		
13>	∞	2.9		絞り
14)	-40.000	2.75	32.40	1.85026
15)	-12.280	0.8	46.60	1.804
16)	114.994	3.0		
17)	-90.000	1.4	70.50	1.48749
18)	∞	D18		
19)	∞	3.2	52.30	1.51742
20)	-21.120	0.1		
21)	128.036	5.3	70.50	1.48749
22)	-15.933	1.3	32.40	1.85026
23)	-44.265	BF		
I	∞			

(非球面データ)

面番号 : 3

$$\kappa = 1$$

$$A4 = 2.63599E-05$$

$$A6 = 7.76960E-08$$

$$A8 = -1.94524E-10$$

$$A10 = 1.27950E-12$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D7	32.3	20.8	9.7
D12	2.6	4.3	8.0
D18	9.6	7.8	4.2
BF	38.1	43.4	52.8

(条件式対応値)

$$f A = -40.6$$

$$f B = -32.6$$

$$(1) \quad |f B| < |f A| \quad : 32.6 < 40.6$$

$$(2) \quad |f B| / |f A| = 0.80$$

[0117] 図6 A、6 B、6 C、6 Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図6 Aは諸収差図であり、図6 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図6 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図6 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0118] 図7 A、7 B、7 C、7 Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図7 Aは諸収差図であり、図7 BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図7 CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図7 DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったとき

のメリディオナル横収差図である。

[0119] 図8A、8B、8C、8Dは、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図8Aは諸収差図であり、図8BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図8CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図8DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0120] 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に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0121] <第3実施例>

図9は、本発明の第1実施形態の第3実施例に係る光学系S3の構成を示す図である。

[0122] 図9に示すように、第3実施例に係る光学系S3は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSPと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

[0123] 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、両凹形状の負レンズL12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、最も物体側の負メニスカスレンズL11は像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

[0124] 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と両凸形状の正レンズとの接合レンズL21と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22とから構成されている。

[0125] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL31と、物体側に凹面を向けた平凹レンズL32とから構成されている。

[0126] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側が平面の平凸レンズL41

と、両凸形状の正レンズと像面 I 側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズ L 4 2 とから構成されている。

[0127] 像面 I 上には、CCD や CMOS 等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞り SP は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。

[0128] 第 3 実施例に係る光学系 S 3 は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第 1 レンズ群 G 1 は像面 I に向かって凸の軌跡で移動し、第 2 レンズ群 G 2、第 4 レンズ群 G 4 は一体に物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は物体側に移動する。

[0129] また、第 3 実施例に係る光学系 S 3 は、第 2 レンズ群 G 2 内の接合レンズ L 2 1 をレンズエレメント A とし、レンズエレメント A とレンズエレメント A の屈折力と同符号の屈折力を有する正メニスカスレンズ L 2 2 とでレンズエレメント B を構成し、これらレンズエレメント A およびレンズエレメント B をそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0130] 第 3 実施例に係る光学系 S 3 では、光学系 S 3 全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とするとき、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0131] 第 3 実施例に係る光学系 S 3 の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ 18.5 (mm)、35.0 (mm)、53.5 (mm) である（下記表 3 参照）。各焦点距離におけるレンズエレメント A、B によるブレ補正量および各レンズエレメント A、B の移動量は、例えば以下になる。

[0132] 第 3 実施例に係る光学系 S 3 は、広角端状態においては、レンズエレメント A にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 1.39 であり、焦点距離は 18.5 (mm) であるので、 0.735° の回転ブレを補正するためのレン

ズエレメントAの移動量は0.170 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.92であり、焦点距離は18.5 (mm)であるので、 1.014° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.170 (mm)である。

[0133] また、第3実施例に係る光学系S3の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.80であり、焦点距離は35.0 (mm)であるので、 0.534° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.181 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.92であり、焦点距離は35.0 (mm)であるので、 0.742° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.181 (mm)である。

[0134] また、第3実施例に係る光学系S3の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは2.31であり、焦点距離は53.5 (mm)であるので、 0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.174 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは3.21であり、焦点距離は53.5 (mm)であるので、 0.600° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.174 (mm)である。

[0135] このように、レンズエレメントA、レンズエレメントBの順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、上記のように焦点距離が同じでレンズエレメントA、Bの移動量が同じであれば、レンズエレメントAよりもレンズエレメントBの方が多くの量の補正が可能となる。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントAを駆動し、補正量が多くなって所定量に達するとレンズエレメントBを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0136] 以下の表 3 に、本発明の第 1 実施形態の第 3 実施例に係る光学系 S 3 の諸元値を掲げる。

[0137] (表 3) 第 3 実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.5	35.0	53.5
F N O =	3.6	4.0	5.2
T L =	130.8	121.9	130.2

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	115.450	1.9	64.12	1.51680
2)	15.601	0.2	38.09	1.55389
*3)	13.300	10.0		
4)	-145.545	1.5	58.22	1.62299
5)	39.812	1.1		
6)	28.306	3.1	25.68	1.78472
7)	67.883	D7		
8)	29.022	0.9	23.78	1.84666
9)	16.347	4.3	58.89	1.51823
10)	-31.176	0.1		
11)	23.440	1.8	64.12	1.51680
12)	59.408	D12		
13>	∞	2.9		絞り
14)	-36.200	2.8	32.35	1.85026
15)	-11.078	0.8	46.58	1.80400
16)	114.994	3.0		
17)	-68.000	1.4	70.45	1.48749

18) ∞ D18
 19) -125.598 3.2 52.32 1.51742
 20) -20.199 0.1
 21) 72.314 5.3 70.45 1.48749
 22) -16.608 1.3 32.35 1.85026
 23) -44.265 BF

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 3

$\kappa = 1$

A4=2.71636E-05

A6=7.76960E-08

A8=-1.73581E-10

A10=1.27950E-12

(可変間隔データ)

	W	M	T
D7	32.3	9.7	2.2
D12	2.6	8.0	12.2
D18	12.1	6.7	2.5
BF	38.1	54.0	67.7

(条件式対応値)

f A =+39.5

f B =+25.9

(1) $|f B| < |f A|$: 25.9<39.5

(2) $|f B| / |f A| = 0.66$

[0138] 図10A、10B、10C、10Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図10Aは諸収差図であり、図10BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差

図であり、図10CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図10DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0139] 図11A、11B、11C、11Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図11Aは諸収差図であり、図11BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図11CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図11DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0140] 図12A、12B、12C、12Dは、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図12Aは諸収差図であり、図12BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図12CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図12DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0141] 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に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0142] <第4実施例>

図13は、本発明の第1実施形態の第4実施例に係る光学系S4の構成を示す図である。

[0143] 図13に示すように、第4実施例に係る光学系S4は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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。

[0144] 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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

- [0145] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。
- [0146] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。
- [0147] 第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凹レンズL43とから構成されている。
- [0148] 第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっている両凸レンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。
- [0149] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。
- [0150] 第4実施例に係る光学系S4は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。
- [0151] また、第4実施例に係る光学系S4は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41をレンズエレメントAとし、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL42とでレンズエレメントBを構成し、レンズエレメントBとレンズエレメントBの屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL43とでレンズエレメントCを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントB、レンズエレメントCをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

- [0152] 第4実施例に係る光学系S4では、光学系S4全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。
- [0153] 第4実施例に係る光学系S4の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7 (mm)、70.6 (mm)、188.0 (mm)である(下記表4参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA、B、Cによるブレ補正量および各レンズエレメントA、B、Cの移動量は、例えば以下になる。
- [0154] 第4実施例に係る光学系S4は、広角端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.51であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 0.623° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.400 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.61であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 0.746° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.400 (mm)である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.69であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 1.461° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントCの移動量は0.400 (mm)である。
- [0155] また、第4実施例に係る光学系S4の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.82であり、焦点距離は70.6 (mm)であるので、 0.267° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.399 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.99であり、焦点距離は70.6 (mm)であるので、 0.321° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.399 (mm)である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.95であり、焦点距離は70.6 (mm)であるので、 0.630° の回転ブレを補正

するためのレンズエレメントCの移動量は0.399 (mm)である。

[0156] また、第4実施例に係る光学系S4の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.04であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、0.126°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.400 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.25であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、0.152°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.400 (mm)である。また、レンズエレメントCにて像ブレを補正する際の防振係数Kは2.46であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、0.197°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントCの移動量は0.400 (mm)である。

[0157] このように、レンズエレメントA、レンズエレメントB、レンズエレメントCの順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、上記のように焦点距離が同じでレンズエレメントA、B、Cの移動量が同じであれば、レンズエレメントAよりもレンズエレメントBの方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレメントBよりもレンズエレメントCの方が多くの量の補正が可能となる。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントAを駆動し、補正量が多くなって所定量に達したらレンズエレメントBを駆動し、補正量がさらに多くなって、前記所定量よりも大きい値で設定された他の所定量に達したらレンズエレメントCを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0158] 以下の表4に、本発明の第1実施形態の第4実施例に係る光学系S4の諸元値を掲げる。

[0159] (表4) 第4実施例
(全体諸元)

	W	M	T	
f =	18.7	70.0	188.0	
F N O =	3.64	5.44	6.60	
T L =	128.6	180.3	216.7	
(面データ)				
m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	128.56287	1.8	37.18	1.834
2)	61.71903	9.4	82.57	1.49782
3)	-368.67603	0.12		
4)	55.98016	6.8	82.57	1.49782
5)	389.22661	D5		
*6)	43.51896	1.2	47.25	1.77377
7)	11.20367	6.4		
8)	-27.87211	1.0	40.66	1.88300
9)	45.04115	0.15		
10)	26.85149	4.22	23.8	1.84666
11)	-30.94189	1.05		
12)	-19.31231	1.0	46.6	1.80400
13)	-58.68682	D13		
14)	∞	1.63		絞り
15)	31.09309	3.18	82.57	1.49782
16)	-66.2335	0.12		
17)	24.20499	4.26	82.57	1.49782
18)	-22.11253	0.9	25.45	1.80518
19)	-90.15429	D19		
20)	90.00000	0.8	52.77	1.74100
21)	15.29423	2.5	25.45	1.80518

22)	33.33188	1.4		
23)	-450.00000	0.8	63.88	1.51680
24)	459.94923	1.2		
25)	-80.00000	1.2	54.61	1.72916
26)	183.82631	D26		
27)	275.95449	4.0	82.47	1.49697
*28)	-21.43596	0.08		
29)	55.21481	4.25	70.31	1.48749
30)	-30.00000	1.4		
31)	-15.80000	1.63	37.18	1.83400
32)	-31.79204	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$$\kappa = -45.4463$$

$$A4 = 6.97E-05$$

$$A6 = -5.50E-07$$

$$A8 = 3.61E-09$$

$$A10 = -1.46E-11$$

$$A12 = 2.48E-14$$

面番号 : 28

$$\kappa = -5.3904$$

$$A4 = -9.11E-05$$

$$A6 = 3.36E-07$$

$$A8 = -2.85E-09$$

$$A10 = 1.17E-11$$

$$A12 = -3.50E-14$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.1	8.3	1.0
D19	0.9	1.1	2.3
D26	2.9	2.3	2.3
BF	38.7	70.6	92.2

(条件式対応値)

$$f A = -89.0$$

$$f B = -74.1$$

$$f C = -37.2$$

$$(1) \quad |f B| < |f A| \quad : 74.1 < 89.0$$

$$(2) \quad |f B| / |f A| = 0.83$$

$$(3) \quad |f C| < |f B| < |f A| \quad : 37.2 < 74.1 < 89.0$$

$$(4) \quad |f C| / |f A| = 0.42$$

[0160] 図14A、14B、14C、14Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図14Aは諸収差図であり、図14BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図14CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図14DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0161] 図15A、15B、15C、15Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図15Aは諸収差図であり、図15BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図15CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図15DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0162] 図16A、16B、16C、16Dは、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図16Aは諸収差図であり、図16

BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図16CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図16DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0163] 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に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0164] <第5実施例>

図17は、本発明の第1実施形態の第5実施例に係る光学系S5の構成を示す図である。

[0165] 図17に示すように、第5実施例に係る光学系S5は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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とから構成されている。

[0166] 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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

[0167] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。

[0168] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

[0169] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凸レンズL43と、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44と、両凸レンズL45と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL46とから構成されている。

- [0170] 像面 I 上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。
- [0171] 第5実施例に係る光学系S5は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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は物体側へ移動する。
- [0172] また、第5実施例に係る光学系S5は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41と両凹レンズL42とでレンズエレメントAを構成し、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と異符号の屈折力を有する両凸レンズL43とでレンズエレメントBを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントBをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。
- [0173] 第5実施例に係る光学系S5では、光学系S5全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。
- [0174] 第5実施例に係る光学系S5の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7 (mm)、70.1 (mm)、188.0 (mm)である（下記表5参照）。各焦点距離におけるレンズエレメントA、Bによるブレ補正量および各レンズエレメントの移動量は、例えば以下になる。
- [0175] 第5実施例に係る光学系S5は、広角端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.14であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 1.466° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.421 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.60であり、焦点距離は

18.7 (mm) であるので、 0.772° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.421 (mm) である。

[0176] また、第5実施例に係る光学系S5の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.83であり、焦点距離は70.1 (mm) であるので、 0.630° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.421 (mm) である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは0.94であり、焦点距離は70.1 (mm) であるので、 0.322° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.421 (mm) である。

[0177] また、第5実施例に係る光学系S5の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは2.31であり、焦点距離は188.0 (mm) であるので、 0.296° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.421 (mm) である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.17であり、焦点距離は188.0 (mm) であるので、 0.150° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.421 (mm) である。

[0178] このように、第5実施例においては、レンズエレメントB、レンズエレメントAの順に防振係数Kが大きくなる。すなわち、レンズエレメントBよりもレンズエレメントAで像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。上記のように焦点距離が同じでレンズエレメントA、Bの移動量が同じであれば、レンズエレメントBよりもレンズエレメントAの方が多くの量の補正が可能となる。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントBを駆動し、補正量が多くなって所定量に達するとレンズエレメントAを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0179] 以下の表5に、本発明の第1実施形態の第5実施例に係る光学系S5の諸

元値を掲げる。

[0180] (表5) 第5実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.7	70.1	188.0
F N O =	3.64	5.60	6.97
T L =	130.1	182.0	219.2

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	133.26500	1.4	37.18	1.83400
2)	63.25833	9.2	82.57	1.49782
3)	-305.56559	0.12		
4)	58.40597	6.4	82.57	1.49782
5)	444.97253	D5		
*6)	45.03974	1.2	47.25	1.77377
7)	11.11015	6.4		
8)	-24.09331	1.0	40.66	1.88300
9)	68.33997	0.15		
10)	31.75544	4.22	23.78	1.84666
11)	-28.74651	1.05		
12)	-17.39728	1.0	46.6	1.80400
13)	-38.14366	D13		
14)	∞	1.63		絞り
15)	26.85327	3.18	82.57	1.49782
16)	-48.92537	0.12		
17)	28.73946	4.26	82.57	1.49782
18)	-24.20835	0.9	25.4	1.80518

19)	-150.19371	D19		
20)	-200.00000	0.8	52.77	1.74100
21)	19.52804	2.5	25.44	1.80518
22)	66.76603	2.0		
23)	-500.00000	0.8	54.61	1.72916
24)	68.99538	1.2		
25)	184.90012	1.9	63.88	1.51680
26)	-57.41433	2.3		
27)	-29.69333	3.0	82.47	1.49697
*28)	-23.59223	0.08		
29)	52.67285	4.25	70.31	1.48749
30)	-20.13027	1.4		
31)	-15.95804	1.63	37.18	1.83400
32)	-35.63406	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$$\kappa = -42.8927$$

$$A4 = 6.52E-05$$

$$A6 = -4.25E-07$$

$$A8 = 2.51E-09$$

$$A10 = -9.91E-12$$

$$A12 = 1.83E-14$$

面番号 : 28

$$\kappa = -7.2004$$

$$A4 = -7.79E-05$$

$$A6 = 4.39E-07$$

$$A8 = -4.25E-09$$

$$A10 = 3.18E-11$$

$$A12 = -1.36E-13$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	24.8	8.7	1.0
D19	1.5	1.9	3.7
BF	38.7	71.3	93.5

(条件式対応値)

$$f A = -40.1$$

$$f B = -82.5$$

$$(5) \quad |f A| < |f B| \quad : \quad 40.1 < 82.5$$

$$(6) \quad |f A| / |f B| = 0.486$$

[0181] 図18A、18B、18C、18Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図18Aは諸収差図であり、図18BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図18CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図18DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0182] 図19A、19B、19C、19Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図19Aは諸収差図であり、図19BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図19CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図19DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0183] 図20A、20B、20C、20Dは、第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図20Aは諸収差図であり、図20

BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図20CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図20DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0184] 各収差図から明らかなように、第5実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0185] <第6実施例>

図21は、本発明の第1実施形態の第6実施例に係る光学系S6の構成を示す図である。

[0186] 図21に示すように、第6実施例に係る光学系S6は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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。

[0187] 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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL11と、両凸レンズL12とから構成されている。

[0188] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。

[0189] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

[0190] 第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL43とから構成されている。

[0191] 第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。

[0192] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0193] 第6実施例に係る光学系S6は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。

[0194] また、第6実施例に係る光学系S6は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41と負メニスカスレンズL42とでレンズエレメントAを構成し、レンズエレメントAとレンズエレメントAの屈折力と異符号の屈折力を有する正メニスカスレンズL43とでレンズエレメントBを構成し、これらレンズエレメントA、レンズエレメントBをそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0195] 第6実施例に係る光学系S6では、光学系S6全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0196] 第6実施例に係る光学系S6の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7 (mm)、70.6 (mm)、188.0 (mm)である（下記表6参照）。各焦点距離におけるレンズエレメントA、Bによるブレ補正量および各レンズエレメントの移動量は、例えば以下になる。

[0197] 第6実施例に係る光学系S6は、広角端状態においては、レンズエレメン

トAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.06であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 1.446° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.446 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは0.62であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 0.848° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.446 (mm)である。

[0198] また、第6実施例に係る光学系S6の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.73であり、焦点距離は70.6 (mm)であるので、 0.631° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.446 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは0.99であり、焦点距離は70.6 (mm)であるので、 0.360° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.446 (mm)である。

[0199] また、第6実施例に係る光学系S6の望遠端状態においては、レンズエレメントAにて像ブレを補正する際の防振係数Kは2.21であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、 0.300° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントAの移動量は0.446 (mm)である。また、レンズエレメントBにて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.25であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、 0.169° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントBの移動量は0.446 (mm)である。

[0200] このように、第6実施例においては、レンズエレメントB、レンズエレメントAの順に防振係数Kが大きくなる。すなわち、レンズエレメントBよりもレンズエレメントAで像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。上記のように焦点距離が同じでレンズエレメントA、Bの移動量が同じであれば、レンズエレメントBよりもレンズエレメントAの方が多くの量の補正が可能となる。したがって、補正量が少ないときはレンズエレメントBを駆動し、補正量が多くなって所定量に達するとレンズエレメントAを駆動させるように制御すれば、補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を

増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0201] 以下の表 6 に、本発明の第 1 実施形態の第 6 実施例に係る光学系 S 6 の諸元値を掲げる。

[0202] (表 6) 第 6 実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.7	70.0	188.0
F N O =	3.55	5.39	6.91
T L =	129.7	182.7	222.5

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	88.3686	1.4	37.18	1.834
2)	51.2341	9.8	82.57	1.49782
3)	588.9823	0.12		
4)	65.0932	6.4	82.57	1.49782
5)	-3559.6410	D5		
*6)	37.4711	1.2	47.25	1.77377
7)	10.8979	6.4		
8)	-29.5092	1.0	40.66	1.88300
9)	58.3390	0.15		
10)	26.3202	4.22	23.8	1.84666
11)	-34.7037	1.05		
12)	-18.6800	1.0	46.6	1.80400
13)	-67.5427	D13		
14)	∞	1.63		絞り

15)	23.9912	3.18	82.57	1.49782
16)	-62.5375	0.12		
17)	33.2119	4.26	82.57	1.49782
18)	-21.0524	0.9	25.45	1.80518
19)	-74.2470	D19		
20)	358.8111	0.8	52.77	1.74100
21)	18.2134	2.5	25.45	1.80518
22)	45.8626	2.0		
23)	-50.0000	0.8	54.61	1.72916
24)	-254.5612	1.2		
25)	-248.3650	1.9	65.44	1.60300
26)	-49.5474	D26		
27)	-30.0000	4.0	82.47	1.49697
*28)	-20.4714	0.08		
29)	43.8397	4.25	70.31	1.48749
30)	-31.5343	1.4		
31)	-16.1983	1.63	37.18	1.83400
32)	-30.0990	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$\kappa = -30.2672$

$A4 = 7.83E-05$

$A6 = -5.54E-07$

$A8 = 3.32E-09$

$A10 = -1.18E-11$

$A12 = 1.88E-14$

面番号 : 28

$$\kappa = -4.9613$$

$$A4 = -9.15E-05$$

$$A6 = 3.67E-07$$

$$A8 = -3.27E-09$$

$$A10 = 1.76E-11$$

$$A12 = -6.39E-14$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.9	8.3	1.0
D19	0.9	0.9	1.9
D26	1.8	1.8	2.3
BF	38.7	72.4	96.6

(条件式対応値)

$$f A = -42.2$$

$$f B = -76.8$$

$$(5) \quad |f A| < |f B| \quad : \quad 42.2 < 76.8$$

$$(6) \quad |f A| / |f B| = 0.55$$

[0203] 図22A、22B、22C、22Dは、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図22Aは諸収差図であり、図22BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図22CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図22DはレンズエレメントCで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0204] 図23A、23B、23C、23Dは、第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図23Aは諸収差図であり、図23BはレンズエレメントAで像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図23CはレンズエレメントBで像ブレ補正を行ったとき

のメリディオナル横収差図であり、図 2 3 D はレンズエレメント C で像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0205] 図 2 4 A、2 4 B、2 4 C、2 4 D は、第 6 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図 2 4 A は諸収差図であり、図 2 4 B はレンズエレメント A で像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図 2 4 C はレンズエレメント B で像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図であり、図 2 4 D はレンズエレメント C で像ブレ補正を行ったときのメリディオナル横収差図である。

[0206] 各収差図から明らかなように、第 6 実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘り、優れた結像性能を有することがわかる。

[0207] 以上説明したように、上記第 1 実施形態の各実施例によれば、好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。

[0208] (第 2 実施形態)

以下、本発明の第 2 実施形態に係る光学系および撮像装置について説明する。

[0209] まず、本発明の第 2 実施形態に係る光学系から説明する。本発明の第 2 実施形態に係る光学系は防振機能を有する光学系である。

[0210] 本発明の第 2 実施形態に係る光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第 1 レンズエレメントと第 2 レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第 1 レンズエレメントまたは前記第 2 レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うようになっている。

[0211] ここで、本明細書においてレンズエレメントとは、単一または複数のレンズよりなる 1 つのユニットをいう。

[0212] 一般に、手ブレ等に起因する像ブレを補正するために像面補正を行う防振レンズ群は、光学系が広角側のときはシフト量が小さく、望遠側になるに従いシフト量が大きくなる。本発明の第 2 実施形態の光学系は、上記の構成に

より、望遠側であっても防振レンズ群のシフト量を大きくせずに、大きな防振効果を得ることができる。

[0213] 第1レンズエレメントと第2レンズエレメントのどちらをシフトさせるかは、像ブレ補正時の光学系全系の焦点距離から制御部が決定する。図50は、本発明に係る光学系における防振機能の構成の例を示す概略図である。制御部21は、複数の角速度センサ23、23が検出した角速度、すなわち撮像装置本体31の傾きの大きさから像ブレの補正量を算出する。また制御部21は、像ブレの補正をする時の光学系全系の焦点距離に対応して、レンズエレメント25a、25bのどちらをシフトさせるかを決定する。そして制御部21は、決定したレンズエレメント（例えばレンズエレメント25a）を撮像装置本体31の傾きを打ち消す方向にモータ等の駆動装置27を介して駆動し、像面補正を行っている。なお、制御部21は撮像装置本体31に備えられても良いし、光学系が配置されるレンズ鏡筒29に内蔵されても良い。

[0214] このような構成とすることにより、本発明の第2実施形態の光学系はどの焦点距離においても良好な像面湾曲収差の補正を行うことができる。

[0215] 本発明においては、このような構成のもとで、次の条件式（7）、（8）、および（9）を満足することで、より好適な防振機能を有する光学系を実現できる。

$$[0216] \quad (7) \quad |f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$(8) \quad f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$(9) \quad (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点

距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[0217] 条件式(7)は像面補正を行うレンズエレメントの焦点距離を規定したものであり、条件式(7)を満足することで、像面補正時における像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さくし、コマ収差を良好に補正することができる。

[0218] 条件式(8)は、第1レンズエレメントで像面補正を行う場合の光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(8)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。 f_h の値が条件式(8)の上限値を上回ると、像面補正を行うレンズエレメントの移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

[0219] 条件式(9)は、第2レンズエレメントで像面補正を行う場合の光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(9)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。 f_k の値が条件式(9)の下限値を下回ると、像面補正を行うレンズエレメントのパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差が良好に補正できず好ましくない。

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(8)の上限値を $(|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.15$ とすることが好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(9)の下限値を $(|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.70$ とすることが好ましい。

また、本発明の第2実施形態に係る光学系は、次の条件式(10)を満足することが好ましい。

[0220] $(10) \quad 0.40 < |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| < 1.50$

ただし、

Z_{Sw} : 広角端状態における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0221] 条件式 (10) を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0222] なお、本発明の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、本発明の効果を確実にするために、条件式 (10) の上限値を 1.40 とすることが望ましい。

[0223] また、本発明の第2実施形態に係る光学系は、次の条件式 (11) を満足することが好ましい。

$$[0224] \quad (11) \quad 1.00 < |ZSt| / |LSt| < 2.70$$

ただし、

ZSt : 望遠端状態における結像面上での像の移動量

LSt : 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0225] 条件式 (11) を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0226] なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (11) の下限値を 1.1 とすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (11) の上限値を 2.6 とすることが望ましい。

[0227] また、本発明の第2実施形態に係る光学系は、次の条件式 (12) および (13) を満足することが好ましい。

$$[0228] \quad (12) \quad 80.0 < \sqrt{(|fA'| \times fh)} / LS < 230.$$

0

$$(13) \quad 80.0 < \sqrt{(|fB'| \times fk)} / LS < 230.$$

0

ただし、

fA' : 第1レンズエレメントの焦点距離

fB' : 第2レンズエレメントの焦点距離

fh : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$L S$: 像面補正を行うときの、当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0229] 条件式(12)および(13)を満足することにより、像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さく保ちながら像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0230] なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(12)および(13)の下限値を、それぞれ85.0とすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(12)および(13)の上限値を、それぞれ215.0とすることが望ましい。

[0231] また、本発明の第2実施形態に係る光学系において、第1および第2レンズエレメントは接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

[0232] また、本発明の第2実施形態に係る光学系は、それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次の条件式(14)、(15)、(16)、および(17)を満足することが好ましい。

[0233] (14) $|f_{C'}| < |f_{B'}| < |f_{A'}|$

(15) $f_w \leq f_h \leq (|f_{C'}| / |f_{A'}|) f_t \times 0.88$

(16) $(|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.62 \leq f_k \leq (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 1.30$

(17) $(|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.92 \leq f_l \leq f_t$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[0234] 本発明の第2実施形態に係る光学系は、このような構成により、好適な防振機能を有する光学系を実現することができる。第1レンズエレメント、第2レンズエレメント、第3レンズエレメントの何れをシフトさせるかは、上記図50を用いて説明したのと同様に、像ブレの補正をする時の光学系全系の焦点距離に対応して制御部21が決定する。

[0235] 条件式(14)は、像面補正を行うレンズエレメントの焦点距離を規定したものである。条件式(14)を満足することで像面補正時における像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さくし、コマ収差を良好に補正することができる。

[0236] 条件式(15)は、第1レンズエレメントで像面補正を行う場合の光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(15)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。 f_h の値が条件式(15)の上限値を上回ると、像面補正を行うレンズエレメントの移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。

[0237] 条件式(16)は、第2レンズエレメントで像面補正を行う場合の光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式(16)を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。

- [0238] f_k の値が条件式 (16) の下限値を下回ると、像面補正を行うレンズ要素のパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差が良好に補正できず好ましくない。
- [0239] f_k の値が条件式 (16) の上限値を上回ると、像面補正を行うレンズ要素の移動量が増え、像面補正時のコマ収差が良好に補正できず好ましくない。
- [0240] 条件式 (17) は、第3レンズ要素で像面補正を行う場合の光学系全系の焦点距離の範囲を規定する式である。条件式 (17) を満足することにより、効率良く像面補正を行うことができる。
- [0241] f_1 の値が条件式 (17) の下限値を下回ると、像面補正を行うレンズ要素のパワーが強すぎて、像面補正時の像面湾曲収差およびコマ収差が良好に補正できず好ましくない。
- [0242] ここで、条件式 (15) および (16) に示すように、条件式 (15) によって規定される f_h (第1レンズ要素で像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離) の範囲と条件式 (16) によって規定される f_k (第2レンズ要素で像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離) の範囲とは、重複する範囲がある。制御部 21 (図50参照) が、シフトさせるレンズ要素を第1レンズ要素から第2レンズ要素へ、あるいは第2レンズ要素から第1レンズ要素へ変更するときの光学系全系の焦点距離は、この重複範囲に含まれる。重複範囲内のどの値でレンズ要素を変更するかについては、様々な制御方式が採用可能である。例えば、広角側から望遠側に変倍しているときも、望遠側から広角側に変倍しているときも、光学系全系の焦点距離が当該重複範囲内の一つの所定の値になったときにレンズ要素を切り替えるように制御しても良い。また、例えば、広角側から望遠側に変倍しているときは条件式 (16) の下限値に達したら第1レンズ要素から第2レンズ要素へ切り替え、望遠側から広角側に変倍しているときは条件式 (15) の上限値に達したら第2レンズ要素から第1レンズ要素へ切り替えるように制御して

も良い。また、例えば、光学系全系の焦点距離が重複範囲内にある時は、焦点距離の値に拘らず、制御部 21 が第 1 レンズエレメントあるいは第 2 レンズエレメントの何れかを不規則に選択するように制御しても良い。

[0243] 条件式 (16) および (17) においても、条件式 (16) によって規定される f_k (第 2 レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離) の範囲と条件式 (17) によって規定される f_l (第 3 レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離) の範囲とは重複する範囲があるが、上述した制御方式と同様の制御方式を採用することができる。

[0244] なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (15) の上限値を $(|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.85$ とすることが好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (16) の下限値を $(|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.60$ とすることが好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (16) の上限値を $(|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 1.25$ とすることが好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (17) の下限値を $(|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.95$ とすることが好ましい。

[0245] また、本発明の第 2 実施形態に係る光学系は、次の条件式 (18) を満足することが好ましい。

$$[0246] \quad (18) \quad 0.40 < |ZSw| / |LSw| < 1.40$$

ただし、

ZSw : 広角端における結像面上での像の移動量

LSw : 広角端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0247] 条件式 (18) を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0248] また、本発明の第 2 実施形態に係る光学系は、次の条件式 (19) を満足することが好ましい。

$$[0249] \quad (19) \quad 1.10 < |ZSt| / |LSt| < 2.60$$

ただし、

$Z S t$: 望遠端における結像面上での像の移動量

$L S t$: 望遠端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0250] 条件式 (19) を満足することで、像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0251] また、本発明の第2実施形態に係る光学系は、次の条件式 (20)、(21)、および (22) を満足することが好ましい。

$$[0252] \quad (20) \quad 90.0 < \sqrt{(|f A'| \times f h)} / L S < 230.0$$

$$(21) \quad 90.0 < \sqrt{(|f B'| \times f k)} / L S < 230.0$$

$$(22) \quad 90.0 < \sqrt{(|f C'| \times f l)} / L S < 230.0$$

ただし、

$f A'$: 像面補正を行う第1レンズエレメントの焦点距離

$f B'$: 像面補正を行う第2レンズエレメントの焦点距離

$f C'$: 像面補正を行う第3レンズエレメントの焦点距離

$f h$: 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$f k$: 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$f l$: 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$L S$: 像面補正を行うときの、当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[0253] 条件式 (20)、(21)、および (22) を満足することにより、像面補正を行うレンズエレメントの移動量を小さく保ちながら像面湾曲収差を良好に補正することができる。

[0254] また、本発明の第2実施形態に係る光学系において、第1レンズエレメント、第2レンズエレメント、および第3レンズエレメントは、何れも接合レンズを有することが好ましい。このような構成とすることにより、像面補正時の倍率色収差を良好に保つことができる。

[0255] また、本発明の第2実施形態に係る撮像装置は、上述した構成の光学系を有することを特徴とする。これにより、好適な撮像装置を実現することができる。

[0256] 次に、本発明の第2実施形態に係る撮影レンズの製造方法について説明する。

図48、図49は、本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法の概略を示す図である。

[0257] 本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、図48に示すように、以下の各ステップST31～ST33を含むものである。

[0258] ステップST31：第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成する。

[0259] ステップST32：広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成する。

[0260] ステップST33：次の条件式(7)、(8)、および(9)を満足するようにする。

$$(7) \quad |f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$(8) \quad f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$(9) \quad (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$ ：第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[0261] また、本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法は、第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、図49に示すように、以下の各ステップST41～ST42を含むものである。

[0262] ステップST41 : 第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成する。

[0263] ステップST42 : 広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成する。

[0264] 斯かる本発明の第2実施形態に係る光学系の製造方法により、好適な光学系を実現することができる。

[0265] (数値実施例)

以下、本発明の第2実施形態の数値実施例に係る光学系を添付図面に基づいて説明する。図27、図31、図35、図39、および図43は、第2実施形態の各実施例に係る光学系S7～S11の構成を示す断面図であり、これら光学系S7～S11の無限遠合焦状態の広角端状態から望遠端状態への合焦状態の変化、すなわち各レンズ群の移動の様子を矢印で示している。

[0266] <第7実施例>

図 2 7 は、本発明の第 2 実施形態の第 7 実施例に係る光学系 S 7 の構成を示す図である。

[0267] 図 2 7 に示すように、第 7 実施例に係る光学系 S 7 は、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り S P と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とから構成されている。

[0268] 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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 とから構成されている。

[0269] 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正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズ L 2 1 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズ L 2 2 とから構成されている。

[0270] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズ L 3 1 とから構成されている。

[0271] 第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズと像面 I 側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズ L 4 2 と、両凸形状の正レンズ L 4 3 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズ L 4 4 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 5 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 6 と、両凸形状の正レンズ L 4 7 とから構成されている。

[0272] 像面 I 上には、CCD や CMOS 等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞り S P は、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間に配置されている。撮像素子および開口絞り S P の構成は、後述する各実施例において同様である。

[0273] 第7実施例に係る光学系S7は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1は像面Iに対して固定で、第2レンズ群G2は像面I側に移動し、第3レンズ群G3は像面I側に向かって略凹の軌跡で移動し、第4レンズ群は像面Iに対して固定である。

[0274] また、第7実施例に係る光学系S7は、図27に示すように、第4レンズ群G4内の接合レンズL44をレンズエレメントA'とし、レンズエレメントA'とレンズエレメントA'の屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレンズL45とでレンズエレメントB'を構成し、レンズエレメントB'とレンズエレメントB'の屈折力と同符号の屈折力を有する負メニスカスレンズL46とでレンズエレメントC'を構成し、これらレンズエレメントA'、レンズエレメントB'、レンズエレメントC'を防振レンズ群としている。これら防振レンズ群のうちの何れか一つを光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0275] 第7実施例に係る光学系S7では、光学系S7全系の焦点距離を f とし、ブレ補正時の防振レンズ群の移動量に対する像面I上での像の移動量の比を K とするとき（以下、この比のことを防振係数 K という。）、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0276] 第7実施例に係る光学系S7の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ95.0 (mm)、163.1 (mm)、226.6 (mm)である（下記表1参照）。各焦点距離におけるレンズエレメントA'、B'、C'の何れかによるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下になる。

[0277] 第7実施例に係る光学系S7は、広角端状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.26であり、焦点距離は95.0 (mm)であるので、 0.324° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.428 (mm)である。

[0278] また、第7実施例に係る光学系S7の中間焦点距離状態においては、レン

ズエレメントB'にて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.37であり、焦点距離は163.1 (mm)であるので、 0.247° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントB'の移動量は0.515 (mm)である。ここで、中間焦点距離状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数Kは1.26であり、焦点距離は163.1 (mm)であるので、 0.247° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.558 (mm)となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントB'で補正したほうがレンズエレメントA'で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0279] また、第7実施例に係る光学系S7の望遠端状態においては、レンズエレメントC'にて像ブレを補正する際の防振係数Kは1.69であり、焦点距離は226.6 (mm)であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントC'の移動量は0.492 (mm)である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数Kは1.26であり、焦点距離は226.6 (mm)であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.659 (mm)である。また、レンズエレメントB'にて行う場合には、防振係数Kは1.37であり、焦点距離は226.6 (mm)であるので、 0.210° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントB'の移動量は0.606 (mm)である。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントC'で補正したほうがレンズエレメントA'またはB'で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0280] このように、レンズエレメントA'、レンズエレメントB'、レンズエレメントC'の順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメントA'、B'、C'の移動量が同じであれば、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'の方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレメントB'よりもレンズエレメントC'の方が多くの量の補正が可能となる。言

い換えると、焦点距離が同じでブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A' よりもレンズエレメント B' の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能であり、さらにレンズエレメント B' よりもレンズエレメント C' の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端側ではレンズエレメント A' を駆動し、望遠端側に変倍するに従い、順次レンズエレメント B'、C' を駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0281] 以下の表 7 に、本発明の第 2 実施形態の第 7 実施例に係る光学系 S 7 の諸元値を掲げる。

[0282] (表 7) 第 7 実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	95.0	163.1	226.6
F N O =	4.68	4.68	4.70
T L =	259.3	259.3	259.3
f h =	95.0~110.0		
f k =	110.0~170.0		
f l =	170.0~226.6		

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	134.560	1.8	25.43	1.80518
2)	101.277	7.0	82.51	1.49782
3)	546.812	1.0		
4)	77.194	4.0	82.51	1.49782

5)	124.044	D5		
6)	40.981	5.0	25.68	1.78472
7)	59.996	1.5	40.77	1.88300
8)	36.961	6.7		
9)	-131.117	3.4	25.43	1.80518
10)	-53.784	1.5	40.77	1.88300
11)	197.416	D11		
12)	-172.226	3.0	27.51	1.75520
13)	-80.000	2.0	43.69	1.72000
14)	-364.448	D14		
15)	∞	3.0		絞り
16)	-636.174	4.0	82.51	1.49782
17)	-57.515	0.3		
18)	84.998	6.0	70.45	1.48749
19)	-47.705	2.0	35.04	1.74950
20)	-289.998	25.9		
21)	70.499	4.6	82.56	1.49782
22)	-117.909	25.9		
23)	-188.780	3.5	28.46	1.72825
24)	-111.267	1.5	47.38	1.78800
25)	46.602	5.0		
26)	-119.084	2.0	58.89	1.51823
27)	-220.000	5.0		
28)	-30.419	3.0	64.12	1.51680
29)	-48.713	0.2		
30)	228.879	5.0	44.79	1.74400
31)	-64.531	BF		

I ∞

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.6	46.7	68.9
D11	61.4	2.5	3.4
D14	11.8	25.7	2.7
BF	50.6	50.6	50.6

(条件式対応値)

$$f A' = -46.5$$

$$f B' = -42.3$$

$$f C' = -32.5$$

$$f w = 95.0$$

$$f t = 226.6$$

$$f h = 95.0 \sim 138.9$$

$$f k = 97.9 \sim 225.8$$

$$f l = 159.7 \sim 226.6$$

$$Z S w = 0.538$$

$$L S w = -0.428$$

$$Z S t = 0.830$$

$$L S t = -0.492$$

$L S = -0.428$: レンズエレメント A' で像面補正

$= -0.515$: レンズエレメント B' で像面補正

$= -0.492$: レンズエレメント C' で像面補正

$$(14) \quad |f C'| < |f B'| < |f A'| : \\ 32.5 < 42.3 < 46.5$$

$$(15) \quad f w \leq f h \leq (|f C'| / |f A'|) \times f t \times 0.88$$

:

$$95.0 \leq 95.0 \sim 138.9 \leq 138.9$$

$$(16) \quad (|f C'| / |f A'|) \times f t \times 0.62 \leq f k \leq (|$$

$$f_{C'} / |f_{B'}| \times f_t \times 1.30 :$$

$$97.9 \leq 97.9 \sim 225.8 \leq 225.8$$

$$(17) \quad (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.92 \leq f_l \leq f_t$$

:

$$159.7 \leq 159.7 \sim 226.6 \leq 226.6$$

$$(18) \quad |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| = 1.26$$

$$(19) \quad |Z_{St}| / |L_{St}| = 1.69$$

$$(20) \quad \sqrt{(|f_{A'}| \times f_h)} / L_S = 155.3$$

$$(21) \quad \sqrt{(|f_{B'}| \times f_k)} / L_S = 161.2$$

$$(22) \quad \sqrt{(|f_{C'}| \times f_l)} / L_S = 154.8$$

[0283] 図28A、28Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図28Aは諸収差図であり、図28BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図29A、29Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図29Aは諸収差図であり、図29BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図30A、30Bは、第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図30Aは諸収差図であり、図30BはレンズエレメントC'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[0284] 各収差図から明らかなように、第7実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0285] <第8実施例>

図31は、本発明の第2実施形態の第8実施例に係る光学系S8の構成を示す図である。

[0286] 図31に示すように、第8実施例に係る光学系S8は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSPと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3

と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。

[0287] 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、両凹形状の負レンズL12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、最も物体側の負メニスカスレンズL11は像面I側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した非球面レンズである。

[0288] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸形状の負メニスカスレンズと両凸形状の正レンズとの接合レンズL21と、物体側に凸形状の正メニスカスレンズL22とから構成されている。

[0289] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズL31と、物体側に凹面を向けた平凹レンズL32とから構成されている。

[0290] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側が平面の平凸レンズL41と、両凸形状の正レンズと像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL42とから構成されている。

[0291] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0292] 第8実施例に係る光学系S8は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、第1レンズ群G1は像面Iに向かって移動し、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4は一体に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側に移動する。

[0293] また、第8実施例に係る光学系S8は、第3レンズ群G3内の接合レンズL31および平凹レンズL32をレンズエレメントA'とし、第2レンズ群G2内の接合レンズL21をレンズエレメントB'とし、これらレンズエレメントA'およびレンズエレメントB'を防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像

のブレを防止している。

- [0294] 第8実施例に係る光学系S8では、光学系S8全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。
- [0295] 第8実施例に係る光学系S8の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.5 (mm)、35.0 (mm)、53.5 (mm)である(下記表8参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA'またはB'によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。
- [0296] 第8実施例に係る光学系S8は、広角端状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.27であり、焦点距離は18.5 (mm)であるので、 0.735° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.187 (mm)である。
- [0297] また、第8実施例に係る光学系S8の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は1.58であり、焦点距離は35.0 (mm)であるので、 0.534° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.206 (mm)である。
- [0298] また、第8実施例に係る光学系S8の望遠端状態においては、レンズエレメントB'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は2.04であり、焦点距離は53.5 (mm)であるので、 0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントB'の移動量は0.198 (mm)である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数 K は1.66であり、焦点距離は53.5 (mm)であるので、 0.432° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.243 (mm)となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントB'で補正したほうがレンズエレメントA'で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0299] このように、第8実施例においては、レンズエレメントA'、レンズエレメントB'の順に防振係数Kが大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメントA'、B'の移動量が同じであれば、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端状態から中間焦点距離状態に亘る焦点距離のときはレンズエレメントA'を駆動し、さらに望遠端側になるとレンズエレメントB'を駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズを大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0300] 以下の表8に、本発明の第2実施形態の第8実施例に係る光学系S8の諸元値を掲げる。

[0301] (表8) 第8実施例
(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.5	35.0	53.5
F N O =	3.6	4.1	5.3
T L =	130.2	122.3	131.5
f h =	18.5~44.65		
f k =	44.65~53.5		

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	115.556	1.9	64.12	1.51680
2)	15.601	0.2	38.09	1.55389

*3)	13.300	10.0		
4)	-159.479	1.5	58.22	1.62299
5)	35.685	1.1		
6)	28.207	3.1	25.68	1.78472
7)	77.398	2.2		
8)	32.321	0.9	23.78	1.84666
9)	17.691	4.3	58.89	1.51823
10)	-32.688	0.1		
11)	23.144	1.8	64.10	1.5168
12)	59.408	D12		
13)	∞	2.9		絞り
14)	-40.000	2.75	32.40	1.85026
15)	-12.280	0.8	46.60	1.804
16)	114.994	3.0		
17)	-90.000	1.4	70.50	1.48749
18)	∞	D18		
19)	∞	3.2	52.30	1.51742
20)	-21.120	0.1		
21)	128.036	5.3	70.50	1.48749
22)	-15.933	1.3	32.40	1.85026
23)	-44.265	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 3

$\kappa = 1$

A4 = 2.63599E-05

A6 = 7.76960E-08

A8 = -1.94524E-10

$$A10 = 1.27950E - 12$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D7	32.3	20.8	9.7
D12	2.6	4.3	8.0
D18	9.6	7.8	4.2
BF	38.1	43.4	52.8

(条件式対応値)

$$f A' = -32.6$$

$$f B' = 27.2$$

$$f w = 18.5$$

$$f t = 53.5$$

$$f h = 18.5 \sim 44.65$$

$$f k = 44.65 \sim 53.5$$

$$Z S w = 0.237$$

$$L S w = -0.187$$

$$Z S t = 0.403$$

$$L S t = 0.198$$

$L S = -0.187$: レンズエレメント A' で像面補正

$= -0.198$: レンズエレメント B' で像面補正

$$(7) \quad |f B'| < |f A'| :$$

$$27.2 < 32.6$$

$$(8) \quad f w \leq f h \leq (|f B'| / |f A'|) \times f t \times 1.50 :$$

$$18.5 \leq 18.5 \sim 44.65 \leq 44.65$$

$$(9) \quad (|f B'| / |f A'|) \times f t \times 0.50 \leq f k \leq f t :$$

$$44.65 \leq 44.65 \sim 53.5 \leq 53.5$$

$$(10) \quad |Z S w| / |L S w| = 1.27$$

$$(11) \quad |Z S t| / |L S t| = 2.04$$

$$(12) \quad \sqrt{(|f_{A'}| \times f_h)} / L S = 131.4$$

$$(13) \quad \sqrt{(|f_{B'}| \times f_k)} / L S = 192.7$$

[0302] 図32A、32Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図32Aは諸収差図であり、図32BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図33A、33Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図33Aは諸収差図であり、図33bはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図34A、34Bは、第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図34Aは諸収差図であり、図34BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[0303] 各収差図から明らかなように、第8実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0304] <第9実施例>

図35は、本発明の第2実施形態の第9実施例に係る光学系S9の構成を示す図である。

[0305] 図35に示すように、第9実施例に係る光学系S9は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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。

[0306] 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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

[0307] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。

[0308] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

[0309] 第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凹レンズL43とから構成されている。

[0310] 第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっている両凸レンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。

[0311] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0312] 第9実施例に係る光学系S9は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。

[0313] また、第9実施例に係る光学系S9は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41をレンズエレメントA'とし、レンズエレメントA'とレンズエレメントA'の屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL42とでレンズエレメントB'を構成し、レンズエレメントB'とレンズエレメントB'の屈折力と同符号の屈折力を有する両凹レンズL43とでレンズエレメントC'を構成し、これらレンズエレメントA'、レンズエレメントB'およびレンズエレメントC'を防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れか一つを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0314] 第9実施例に係る光学系S9では、光学系S9全体の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ

補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0315] 第9実施例に係る光学系S9の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7 (mm)、70.0 (mm)、188.0 (mm)である(下記表9参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA'、B'、C'の何れかによるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

[0316] 第9実施例に係る光学系S9は、広角端状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.51であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 0.623° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.400 (mm)である。

[0317] また、第9実施例に係る光学系S9の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントB'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.99であり、焦点距離は70.0 (mm)であるので、 0.321° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントB'の移動量は0.399 (mm)である。ここで、中間焦点距離状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数 K は0.82であり、焦点距離は70.0 (mm)であるので、 0.321° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.479 (mm)となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントB'で補正したほうがレンズエレメントA'で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0318] また、第9実施例に係る光学系S9の望遠端状態においては、レンズエレメントC'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は2.46であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、 0.197° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントC'の移動量は0.400 (mm)である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数 K は1.04であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、 0.197° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント

A' の移動量は 0.951 (mm) である。また、レンズエレメント B' にて像ブレを補正する場合には、防振係数 K は 1.25 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.197° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B' の移動量は 0.791 (mm) である。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント C' で補正したほうがレンズエレメント A' または B' で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0319] このように、レンズエレメント A'、レンズエレメント B'、レンズエレメント C' の順に防振係数 K が大きくなるので、より多くの補正が可能となる。すなわち、全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A'、B'、C' の移動量が同じであれば、レンズエレメント A' よりもレンズエレメント B' の方が多くの量の補正が可能であり、さらにレンズエレメント B' よりもレンズエレメント C' の方が多くの量の補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント A' よりもレンズエレメント B' の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能であり、さらにレンズエレメント B' よりもレンズエレメント C' の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、広角端側ではレンズエレメント A' を駆動し、望遠端側に変倍するに従い、順次レンズエレメント B'、C' を駆動させるように制御すれば、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0320] なお、第 9 実施例においては、レンズエレメント A' と B' との変更は、第 1 実施例と同様に、全系の焦点距離が一つの所定の値になると行われるように制御されている。また、レンズエレメント B' と C' との変更についても同様に制御されている。

[0321] 以下の表 9 に、本発明の第 2 実施形態の第 9 実施例に係る光学系 S 9 の諸

元値を掲げる。

[0322] (表9) 第9実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.7	70.0	188.0
F N O =	3.64	5.44	6.60
T L =	128.6	180.3	216.7
f h =	18.7~68.0		
f k =	68.0~110.0		
f l =	110.0~188.0		

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	128.56287	1.8	37.18	1.834
2)	61.71903	9.4	82.57	1.49782
3)	-368.67603	0.12		
4)	55.98016	6.8	82.57	1.49782
5)	389.22661	D5		
*6)	43.51896	1.2	47.25	1.77377
7)	11.20367	6.4		
8)	-27.87211	1.0	40.66	1.88300
9)	45.04115	0.15		
10)	26.85149	4.22	23.8	1.84666
11)	-30.94189	1.05		
12)	-19.31231	1.0	46.6	1.80400
13)	-58.68682	D13		
14)	∞	1.63		絞り
15)	31.09309	3.18	82.57	1.49782

16)	-66.2335	0.12		
17)	24.20499	4.26	82.57	1.49782
18)	-22.11253	0.9	25.45	1.80518
19)	-90.15429	D19		
20)	90.00000	0.8	52.77	1.74100
21)	15.29423	2.5	25.45	1.80518
22)	33.33188	1.4		
23)	-450.00000	0.8	63.88	1.51680
24)	459.94923	1.2		
25)	-80.00000	1.2	54.61	1.72916
26)	183.82631	D26		
27)	275.95449	4.0	82.47	1.49697
*28)	-21.43596	0.08		
29)	55.21481	4.25	70.31	1.48749
30)	-30.00000	1.4		
31)	-15.80000	1.63	37.18	1.83400
32)	-31.79204	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$$\kappa = -45.4463$$

$$A4 = 6.97E-05$$

$$A6 = -5.50E-07$$

$$A8 = 3.61E-09$$

$$A10 = -1.46E-11$$

$$A12 = 2.48E-14$$

面番号 : 28

$$\kappa = -5.3904$$

$$A4 = -9.11E-05$$

$$A6 = 3.36E-07$$

$$A8 = -2.85E-09$$

$$A10 = 1.17E-11$$

$$A12 = -3.50E-14$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.1	8.3	1.0
D19	0.9	1.1	2.3
D26	2.9	2.3	2.3
BF	38.7	70.6	92.2

(条件式対応値)

$$f A' = -89.0$$

$$f B' = -74.1$$

$$f C' = -37.2$$

$$f w = 18.7$$

$$f t = 188.0$$

$$f h = 18.7 \sim 69.2$$

$$f k = 48.7 \sim 122.69$$

$$f l = 86.8 \sim 188.0$$

$$Z S w = 0.204$$

$$L S w = -0.400$$

$$Z S t = 0.985$$

$$L S t = -0.400$$

$L S = -0.400$: レンズエレメント A' で像面補正

$= -0.400$: レンズエレメント B' で像面補正

$= -0.400$: レンズエレメント C' で像面補正

$$(14) \quad |f_{C'}| < |f_{B'}| < |f_{A'}| :$$

$$37.2 < 74.1 < 89.0$$

$$(15) \quad f_w \leq f_h \leq (|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.88$$

:

$$18.7 \leq 18.7 \sim 69.2 \leq 69.2$$

$$(16) \quad (|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.62 \leq f_k \leq (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 1.30 :$$

$$48.7 \leq 48.7 \sim 122.69 \leq 122.69$$

$$(17) \quad (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.92 \leq f_l \leq f_t$$

:

$$86.8 \leq 86.8 \sim 188.0 \leq 188.0$$

$$(18) \quad |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| = 0.51$$

$$(19) \quad |Z_{St}| / |L_{St}| = 2.46$$

$$(20) \quad \sqrt{(|f_{A'}| \times f_h) / L_S} = 102.0$$

$$(21) \quad \sqrt{(|f_{B'}| \times f_k) / L_S} = 180.1$$

$$(22) \quad \sqrt{(|f_{C'}| \times f_l) / L_S} = 209.1$$

[0323] 図36A、36Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図36Aは諸収差図であり、図36BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図37A、37Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図37Aは諸収差図であり、図37BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図38A、38Bは、第9実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図38Aは諸収差図であり、図38BはレンズエレメントC'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[0324] 各収差図から明らかなように、第9実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0325] <第10実施例>

図39は、本発明の第2実施形態の第10実施例に係る光学系S10の構成を示す図である。

[0326] 図39に示すように、第10実施例に係る光学系S10は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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とから構成されている。

[0327] 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と両凸レンズとの接合レンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成されている。

[0328] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。

[0329] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構成されている。

[0330] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、両凹レンズL42と、両凸レンズL43と、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL44と、両凸レンズL45と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL46とから構成されている。

[0331] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0332] 第10実施例に係る光学系S10は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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G 4 は物体側へ移動する。

[0333] また、第10実施例に係る光学系S 10は、第4レンズ群G 4内の接合レンズL 41と両凹レンズL 42とでレンズエレメントB'を構成し、レンズエレメントB'とレンズエレメントB'の屈折力と異符号の屈折力を有する両凸レンズL 43とでレンズエレメントA'を構成し、これらレンズエレメントA'、レンズエレメントB'をそれぞれ防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0334] 第10実施例に係る光学系S 10では、光学系全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0335] 第10実施例に係る光学系S 10の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ18.7 (mm)、70.1 (mm)、188.0 (mm)である(下記表10参照)。各焦点距離におけるレンズエレメントA'またはB'によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

[0336] 第10実施例に係る光学系S 10は、広角端状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.60であり、焦点距離は18.7 (mm)であるので、 0.772° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.421 (mm)である。

[0337] また、第10実施例に係る光学系S 10の中間焦点距離状態においては、レンズエレメントA'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は0.94であり、焦点距離は70.1 (mm)であるので、 0.322° の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.421 (mm)である。

[0338] また、第10実施例に係る光学系S 10の望遠端状態においては、レンズエレメントB'にて像ブレを補正する際の防振係数 K は2.31であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、 0.296° の回転ブレを補正す

るためのレンズエレメントB'の移動量は0.421 (mm)である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメントA'にて行う場合には、防振係数Kは1.17であり、焦点距離は188.0 (mm)であるので、0.296°の回転ブレを補正するためのレンズエレメントA'の移動量は0.834 (mm)となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントB'で補正したほうがレンズエレメントA'で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0339] このように、第10実施例においては、レンズエレメントA'、レンズエレメントB'の順に防振係数Kが大きくなる。すなわち、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'で像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメントA'、B'の移動量が同じであれば、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメントA'よりもレンズエレメントB'の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、本実施例においては、広角端側から中間焦点距離に亘る焦点距離ではレンズエレメントA'を駆動し、さらに望遠端側ではレンズエレメントB'を駆動させるように制御する。そうすると、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0340] 以下の表10に、本発明の第2実施形態の第10実施例に係る光学系の諸元値を掲げる。

[0341] (表10) 第10実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.7	70.1	188.0
FNO =	3.64	5.60	6.97

T L = 130.1 182.0 219.2

f h = 18.7~103.3

f k = 103.3~188.0

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	133.26500	1.4	37.18	1.83400
2)	63.25833	9.2	82.57	1.49782
3)	-305.56559	0.12		
4)	58.40597	6.4	82.57	1.49782
5)	444.97253	D5		
*6)	45.03974	1.2	47.25	1.77377
7)	11.11015	6.4		
8)	-24.09331	1.0	40.66	1.88300
9)	68.33997	0.15		
10)	31.75544	4.22	23.78	1.84666
11)	-28.74651	1.05		
12)	-17.39728	1.0	46.6	1.80400
13)	-38.14366	D13		
14)	∞	1.63		絞り
15)	26.85327	3.18	82.57	1.49782
16)	-48.92537	0.12		
17)	28.73946	4.26	82.57	1.49782
18)	-24.20835	0.9	25.4	1.80518
19)	-150.19371	D19		
20)	-200.00000	0.8	52.77	1.74100
21)	19.52804	2.5	25.44	1.80518
22)	66.76603	2.0		

23)	-500.00000	0.8	54.61	1.72916
24)	68.99538	1.2		
25)	184.90012	1.9	63.88	1.51680
26)	-57.41433	2.3		
27)	-29.69333	3.0	82.47	1.49697
*28)	-23.59223	0.08		
29)	52.67285	4.25	70.31	1.48749
30)	-20.13027	1.4		
31)	-15.95804	1.63	37.18	1.83400
32)	-35.63406	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$\kappa = -42.8927$

$A4 = 6.52E-05$

$A6 = -4.25E-07$

$A8 = 2.51E-09$

$A10 = -9.91E-12$

$A12 = 1.83E-14$

面番号 : 28

$\kappa = -7.2004$

$A4 = -7.79E-05$

$A6 = 4.39E-07$

$A8 = -4.25E-09$

$A10 = 3.18E-11$

$A12 = -1.36E-13$

(可変間隔データ)

W M T

D5	1.0	36.0	56.8
D13	24.8	8.7	1.0
D19	1.5	1.9	3.7
BF	38.7	71.3	93.5

(条件式対応値)

$$f_{A'} = -82.5$$

$$f_{B'} = -40.1$$

$$f_w = 18.7$$

$$f_t = 188.0$$

$$f_h = 18.7 \sim 91.38$$

$$f_k = 91.38 \sim 188.0$$

$$Z_{S_w} = 0.252$$

$$L_{S_w} = -0.421$$

$$Z_{S_t} = 0.984$$

$$L_{S_t} = -0.426$$

$L_{S_w} = -0.421$: レンズエレメント A' で像面補正

$= -0.426$: レンズエレメント B' で像面補正

$$(7) \quad |f_{B'}| < |f_{A'}| :$$

$$40.1 < 82.5$$

$$(8) \quad f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$18.7 \leq 18.7 \sim 91.38 \leq 91.38$$

$$(9) \quad (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t :$$

$$91.38 \leq 91.38 \sim 188.0 \leq 188.0$$

$$(10) \quad |Z_{S_w}| / |L_{S_w}| = 0.60$$

$$(11) \quad |Z_{S_t}| / |L_{S_t}| = 2.31$$

$$(12) \quad \sqrt{(|f_{A'}| \times f_h)} / L_{S_t} = 93.297$$

$$(13) \quad \sqrt{(|f_{B'}| \times f_k)} / L_{S_t} = 203.8$$

[0342] 図40A、40Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端

状態での収差図であり、図40Aは諸収差図であり、図40BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図41A、41Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図41Aは諸収差図であり、図41BはレンズエレメントA'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図42A、42Bは、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図42Aは諸収差図であり、図42BはレンズエレメントB'で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[0343] 各収差図から明らかなように、第10実施例では、広角端状態から望遠端状態において、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0344] <第11実施例>

図43は、本発明の第2実施形態の第11実施例に係る光学系S11の構成を示す図である。

[0345] 図43に示すように、第11実施例に係る光学系S11は、図示しない物体側から順に、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、開口絞りSP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。

[0346] 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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL11と、両凸レンズL12とから構成されている。

[0347] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側が非球面形状になっており、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、両凸レンズ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。

[0348] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズL32とから構

成されている。

[0349] 第4レンズ群G4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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズL41と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL43とから構成されている。

[0350] 第5レンズ群G5は、物体側から順に、像面I側が非球面形状になっており、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL51と、両凸レンズL52と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53とから構成されている。

[0351] 像面I上には、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示省略）が配置されている。また、開口絞りSPは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置され、広角端状態から望遠端状態への変倍の際に、第3レンズ群G3と共に移動する。

[0352] 第11実施例に係る光学系S11は、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、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、第5レンズ群G5は物体側へ移動する。

[0353] また、第11実施例に係る光学系S11は、第4レンズ群G4内の接合レンズL41と負メニスカスレンズL42とでレンズエレメントB'を構成し、レンズエレメントB'とレンズエレメントB'の屈折力と異符号の屈折力を有する正メニスカスレンズL43とでレンズエレメントA'を構成し、これらレンズエレメントA'、レンズエレメントB'を防振レンズ群としている。これら防振レンズ群の何れかを光軸と直交する方向にシフトさせることで撮影画像のブレを防止している。

[0354] 第11実施例に係る光学系S11では、全系の焦点距離を f 、ブレ補正時の防振係数を K とすると、角度 θ の回転ブレを補正するには、ブレ補正用のレンズ群を $(f \cdot \tan \theta) / K$ だけ光軸と直交する方向にシフトさせれば良い。

[0355] 第11実施例に係る光学系S11の広角端状態、中間焦点距離状態、望遠

端状態における全系の焦点距離 f は、それぞれ 18.7 (mm)、70.0 (mm)、188.0 (mm) である（下記表 11 参照）。各焦点距離におけるレンズエレメント A' または B' によるブレ補正量およびそのときのレンズエレメントの移動量は、例えば以下ようになる。

[0356] 第 11 実施例に係る光学系 S 11 は、広角端状態においては、レンズエレメント A' にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.62 であり、焦点距離は 18.7 (mm) であるので、 0.848° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A' の移動量は 0.446 (mm) である。

[0357] また、第 11 実施例に係る光学系 S 11 の中間焦点距離状態においては、レンズエレメント A' にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 0.99 であり、焦点距離は 70.0 (mm) であるので、 0.360° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A' の移動量は 0.446 (mm) である。

[0358] また、第 11 実施例に係る光学系 S 11 の望遠端状態においては、レンズエレメント B' にて像ブレを補正する際の防振係数 K は 2.21 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.300° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント B' の移動量は 0.446 (mm) である。ここで、望遠端状態においてこれと同じ回転ブレの補正をレンズエレメント A' にて行う場合には、防振係数 K は 1.25 であり、焦点距離は 188.0 (mm) であるので、 0.300° の回転ブレを補正するためのレンズエレメント A' の移動量は 0.790 (mm) となる。したがって、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレメント B' で補正したほうがレンズエレメント A' で補正するよりも防振レンズ群の移動量は少なくなる。

[0359] このように、レンズエレメント A'、レンズエレメント B' の順に防振係数 K が大きくなる。すなわち、レンズエレメント A' よりもレンズエレメント B' で像ブレを補正したほうが、より多くの補正が可能となる。全系の焦点距離が同じ状態において、レンズエレメント A'、B' の移動量が同じであれば、レンズエレメント A' よりもレンズエレメント B' の方が多くの補正が可能となる。言い換えると、ブレ補正量が同じであれば、レンズエレ

ントA'よりもレンズエレメントB'の方が防振レンズ群の移動量を少なくすることが可能となる。したがって、本実施例においては、広角端側から中間焦点距離に亘る焦点距離ではレンズエレメントA'を駆動し、さらに望遠端側ではレンズエレメントB'を駆動させるように制御する。そうすると、焦点距離が長くなってブレ補正量が多くなっても防振レンズ群の移動量を増加させずにより多くの補正が可能となる。その結果、広角端状態から望遠端状態に亘り、防振レンズ群を大きくシフトさせることなく、シフト量を適切な量とする制御が可能となる。

[0360] 以下の表11に、本発明の第2実施形態の第11実施例に係る光学系の諸元値を掲げる。

[0361] (表11) 第11実施例

(全体諸元)

	W	M	T
f =	18.7	70.0	188.0
F N O =	3.55	5.39	6.91
T L =	129.7	182.7	222.5
f h =	18.7~91.38		
f k =	91.38~188.0		

(面データ)

m	r	d	ν d	n d
op	∞			
1)	88.3686	1.4	37.18	1.834
2)	51.2341	9.8	82.57	1.49782
3)	588.9823	0.12		
4)	65.0932	6.4	82.57	1.49782
5)	-3559.6410	D5		
*6)	37.4711	1.2	47.25	1.77377
7)	10.8979	6.4		

8)	-29.5092	1.0	40.66	1.88300
9)	58.3390	0.15		
10)	26.3202	4.22	23.8	1.84666
11)	-34.7037	1.05		
12)	-18.6800	1.0	46.6	1.80400
13)	-67.5427	D13		
14)	∞	1.63		絞り
15)	23.9912	3.18	82.57	1.49782
16)	-62.5375	0.12		
17)	33.2119	4.26	82.57	1.49782
18)	-21.0524	0.9	25.45	1.80518
19)	-74.2470	D19		
20)	358.8111	0.8	52.77	1.74100
21)	18.2134	2.5	25.45	1.80518
22)	45.8626	2.0		
23)	-50.0000	0.8	54.61	1.72916
24)	-254.5612	1.2		
25)	-248.3650	1.9	65.44	1.60300
26)	-49.5474	2.3		
27)	-30.0000	4.0	82.47	1.49697
*28)	-20.4714	0.08		
29)	43.8397	4.25	70.31	1.48749
30)	-31.5343	1.4		
31)	-16.1983	1.63	37.18	1.83400
32)	-30.0990	BF		

I ∞

(非球面データ)

面番号 : 6

$$\kappa = -30.2672$$

$$A4 = 7.83E-05$$

$$A6 = -5.54E-07$$

$$A8 = 3.32E-09$$

$$A10 = -1.18E-11$$

$$A12 = 1.88E-14$$

面番号 : 28

$$\kappa = -4.9613$$

$$A4 = -9.15E-05$$

$$A6 = 3.67E-07$$

$$A8 = -3.27E-09$$

$$A10 = 1.76E-11$$

$$A12 = -6.39E-14$$

(可変間隔データ)

	W	M	T
D5	1.0	36.0	56.8
D13	23.9	8.3	1.0
D19	0.9	0.9	1.9
D26	1.8	1.8	2.3
BF	38.7	72.4	96.6

(条件式対応値)

$$f A' = -76.8$$

$$f B' = -42.2$$

$$f w = 18.7$$

$$f t = 188.0$$

$$f h = 18.7 \sim 103.30$$

$$f k = 103.30 \sim 188.0$$

$$Z S w = 0.279$$

$$L S w = -0.45$$

$$Z S t = 0.560$$

$$L S t = -0.45$$

$L S = -0.45$: レンズエレメント A' で像面補正

$= -0.45$: レンズエレメント B' で像面補正

$$(7) \quad |f B'| < |f A'|$$

$$42.2 < 76.8$$

$$(8) \quad f w \leq f h \leq (|f B'| / |f A'|) \times f t \times 1.50$$

$$18.7 \leq 18.7 \sim 103.30 \leq 103.30$$

$$(9) \quad (|f B'| / |f A'|) \times f t \times 0.50 \leq f k \leq f t$$

$$103.30 \leq 103.30 \sim 188.0 \leq 188.0$$

$$(10) \quad |Z S w| / |L S w| = 0.62$$

$$(11) \quad |Z S t| / |L S t| = 1.24$$

$$(12) \quad \sqrt{(|f A'| \times f h) / L S} = 84.2$$

$$(13) \quad \sqrt{(|f B'| \times f k) / L S} = 197.9$$

[0362] 図44A、44Bは、第11実施例に係る光学系の無限遠合焦時の広角端状態での収差図であり、図44Aは諸収差図であり、図44Bはレンズエレメント A' で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図45A、45Bは、第11実施例に係る光学系の無限遠合焦時の中間焦点距離状態での収差図であり、図45Aは諸収差図であり、図45Bはレンズエレメント A' で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。図46A、46Bは、第11実施例に係る光学系の無限遠合焦時の望遠端状態での収差図であり、図46Aは諸収差図であり、図46Bはレンズエレメント B' で像ブレ補正を行ったときの諸収差図である。

[0363] 各収差図から明らかなように、第11実施例では、広角端状態から望遠端状態に亘って、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0364] このように、上記各実施例によれば、好適な防振機能を有する光学系を実

現することができる。

[0365] 次に、本発明の各実施形態に係る光学系を備えた光学機器について説明する。

図47は、本発明の各実施形態に係る光学系Sを備えたデジタル一眼レフカメラの概略を示す断面図である。図47に示すデジタル一眼レフカメラ1において、図示しない物体（被写体）からの光は、光学系Sで集光されて、クイックリターンミラー3を介して集点板5に結像される。そして、集点板5に結像された光は、ペンタプリズム7中で複数回反射されて接眼レンズ9へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ9を介して正立像として観察することができる。

[0366] また、撮影者によって図示しない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、光学系Sで集光された物体（被写体）の光は撮像素子11上に被写体像を形成する。これにより、物体からの光は、撮像素子11により撮像され、物体画像としてメモリ（図示省略）に記憶される。このようにして、撮影者はカメラ1による物体の撮影を行うことができる。

[0367] 以上の構成により、本発明に係る光学系Sを備えたデジタル一眼レフカメラ1は、好適な防振機能を備え、諸収差を良好に補正し、高い光学性能を実現することができる。なお、図47のカメラ1は、撮影レンズを着脱可能に保持するものでも良く、撮影レンズと一体に成形されるものでも良い。また、カメラは、一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないカメラでも良い。

[0368] ここで、上記各実施形態に係る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。以下に記載の内容は、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。

[0369] 本発明の光学系の数値実施例として4群または5群構成のものを示したが、本発明はこれに限られず、他の群構成（例えば6群等）の光学系を構成することも可能である。具体的には、本発明の光学系の最も物体側にレンズま

たはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。なお、レンズ群とは、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。

[0370] また、本発明の光学系は、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、ある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良い。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。特に第1または第2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。

[0371] また、本発明の光学系を構成するレンズのレンズ面は、球面または平面としても良く、あるいは非球面としても良い。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工および組立調整が容易になり、レンズ加工および組立調整の誤差による光学性能の劣化を防止する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、また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の非球面でも良い。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0372] また、本発明の光学系の開口絞りSPは防振レンズ群近傍に配置されることが好ましいが、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しても良い。

[0373] また、本発明の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良い。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの光学性能を達成することができる。

[0374] また、本発明の光学系は、変倍比が3～20倍程度である。

請求の範囲

- [請求項1] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、
 前記第2レンズエレメントは、前記第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成され、
 前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする光学系。
- [請求項2] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、
 前記第2レンズエレメントにおいて、前記第1レンズエレメントと前記他のレンズエレメントとは、同符号の屈折力を有することを特徴とする請求項1に記載の光学系。
- [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に記載の光学系。
 $|f_B| < |f_A|$
 ただし、
 $|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値
 $|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値
 ただし、 f_A と f_B とは同符号
- [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に記載の光学系。
 $0.24 < |f_B|/|f_A| < 1.00$
 ただし、
 $|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値
 $|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値
 ただし、 f_A と f_B とは同符号
- [請求項5] 前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第3レンズエレメントをさらに有し、前記第1レンズエレメントまたは第2レンズエレメントまたは第3レンズエレメントの何れか1つのレンズ

エレメントを前記光軸と垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

[請求項6] 前記第 3 レンズエレメントは前記第 2 レンズエレメントと前記第 2 レンズエレメントの屈折力と同符号の屈折力を有する他のレンズエレメントとから構成されることを特徴とする請求項 5 に記載の光学系。

[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 5 に記載の光学系。

$$|f_C| < |f_B| < |f_A|$$

ただし、

$|f_A|$: 第 1 レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第 2 レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_C|$: 第 3 レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B と f_C とは同符号

[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 5 に記載の光学系。

$$0.24 < |f_C| / |f_A| < 1.00$$

ただし、

$|f_A|$: 第 1 レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_C|$: 第 2 レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_C とは同符号

[請求項9] 前記第 3 レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項 5 に記載の光学系。

[請求項10] 前記第 1 および第 2 レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

[請求項11] 少なくとも 4 つのレンズ群を有し、少なくとも前記第 1 および第 2 レンズエレメントは前記 4 つのレンズ群のうち何れか 1 つのレンズ群に含まれることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

[請求項12] 物体側から順に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群と第 3 レンズ群と第 4 レンズ群とを有し、変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔と、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔と、前

記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔とが変化することを特徴とする請求項11に記載の光学系。

[請求項13] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、
 前記第2レンズエレメントにおいて、前記第1レンズエレメントと前記他のレンズエレメントとは、異符号の屈折力を有することを特徴とする請求項1に記載の光学系。

[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に記載の光学系。

$$|f_A| < |f_B|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

[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に記載の光学系。

$$0.24 < |f_A| / |f_B| < 1.00$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

[請求項16] 請求項1に記載の光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

[請求項17] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、
 広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行い、次式の条件を満足することを特徴とする光学系。

$$|f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$(|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項18] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項17に記載の光学系。

$$0.40 < |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| < 1.50$$

ただし、

Z_{Sw} : 広角端状態における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項19] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項17に記載の光学系。

$$1.00 < |Z_{St}| / |L_{St}| < 2.70$$

ただし、

Z_{St} : 望遠端状態における結像面上での像の移動量

L_{St} : 望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項20] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項17に記載の光学系。

$$80.0 < \sqrt{(|f_{A'}| \times f_h)} / L_S < 230.0$$

$$80.0 < \sqrt{(|f_{B'}| \times f_k)} / LS < 230.0$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

LS : 像面補正を行うときの当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項21] 前記第1レンズエレメントおよび前記第2レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項1から4の何れか一項に記載の光学系。

[請求項22] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うことを特徴とする光学系。

[請求項23] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項22記載の光学系。

$$|f_{C'}| < |f_{B'}| < |f_{A'}|$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

[請求項24] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項22記載の光学系。

$$f_w \leq f_h \leq (|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.88$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項25] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項22記載の光学系。

$$(|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.62 \leq f_k \leq (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 1.30$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

f_t : 望遠端での光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項26] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項22記載の光学系。

$$(|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.92 \leq f_l \leq f_t$$

ただし、

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

f_t : 望遠端での光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項27] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項22記載の光学系。

$$|f_{C'}| < |f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$f_w \leq f_h \leq (|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.88$$

$$(|f_{C'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.62 \leq f_k \leq (|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 1.30$$

$$(|f_{C'}| / |f_{B'}|) \times f_t \times 0.92 \leq f_l \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_l : 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項28] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項22に記載の光学系。

$$0.40 < |Z_{Sw}| / |L_{Sw}| < 1.40$$

ただし、

Z_{Sw} : 広角端における結像面上での像の移動量

L_{Sw} : 広角端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項29] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項22に記載の光学系。

$$1.10 < |Z_{St}| / |L_{St}| < 2.60$$

ただし、

Z_{St} : 望遠端における結像面上での像の移動量

$L S t$: 望遠端における像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項30] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項22に記載の光学系。

$$90.0 < \sqrt{(|f A'| \times f h)} / L S < 230.0$$

$$90.0 < \sqrt{(|f B'| \times f k)} / L S < 230.0$$

$$90.0 < \sqrt{(|f C'| \times f l)} / L S < 230.0$$

ただし、

$f A'$: 像面補正を行う第1レンズエレメントの焦点距離

$f B'$: 像面補正を行う第2レンズエレメントの焦点距離

$f C'$: 像面補正を行う第3レンズエレメントの焦点距離

$f h$: 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$f k$: 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$f l$: 第3レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

$L S$: 像面補正を行うときの、当該像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項31] 前記第1、第2および第3レンズエレメントは接合レンズを有することを特徴とする請求項22に記載の光学系。

[請求項32] 請求項17に記載の光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

[請求項33] 請求項22に記載の光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

[請求項34] 第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、

前記第2レンズエレメントを前記第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成し、

前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ

れ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に配置し、

像面補正は前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて行うように構成することを特徴とする光学系の製造方法。

[請求項35] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、

前記第2レンズエレメントにおいて、前記第1レンズエレメントと前記他のレンズエレメントとは、同符号の屈折力を有することを特徴とする請求項34に記載の光学系の製造方法。

[請求項36] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項34に記載の光学系の製造方法。

$$|f_B| < |f_A|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは同符号

[請求項37] 前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第3レンズエレメントをさらに有し、前記第1レンズエレメントまたは第2レンズエレメントまたは第3レンズエレメントの何れか1つのレンズエレメントを前記光軸と垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする34に記載の光学系の製造方法。

[請求項38] それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、

前記第2レンズエレメントにおいて、前記第1レンズエレメントと前記他のレンズエレメントとは、異符号の屈折力を有することを特徴とする請求項34に記載の光学系の製造方法。

[請求項39] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項34に記載の光学系の製造方法。

$$|f_A| < |f_B|$$

ただし、

$|f_A|$: 第1レンズエレメントの焦点距離の絶対値

$|f_B|$: 第2レンズエレメントの焦点距離の絶対値

ただし、 f_A と f_B とは異符号

[請求項40]

第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、

前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントの何れかが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成し、

次式の条件を満足するようにすることを特徴とする光学系の製造方法。

$$|f_{B'}| < |f_{A'}|$$

$$f_w \leq f_h \leq (|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 1.50$$

$$(|f_{B'}| / |f_{A'}|) \times f_t \times 0.50 \leq f_k \leq f_t$$

ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

f_w : 広角端状態での光学系全系の焦点距離

f_t : 望遠端状態での光学系全系の焦点距離

f_h : 第1レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

f_k : 第2レンズエレメントで像面補正を行うときの光学系全系の焦点距離

[請求項41] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項40に記載の光学系の製造方法。

$$0.40 < |ZSw| / |LSw| < 1.50$$

ただし、

ZSw：広角端状態における結像面上での像の移動量

LSw：広角端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項42] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項40に記載の光学系の製造方法。

$$1.00 < |ZSt| / |LSt| < 2.70$$

ただし、

ZSt：望遠端状態における結像面上での像の移動量

LSt：望遠端状態において像面補正を行うレンズエレメントのシフト量

[請求項43] 第1レンズエレメントと第2レンズエレメントと第3レンズエレメントとを有する光学系の製造方法であって、

前記第1レンズエレメントと前記第2レンズエレメントと前記第3レンズエレメントとをそれぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能に構成し、

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントまたは前記第3レンズエレメントの何れか一つが前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行うように構成するようにすることを特徴とする光学系の製造方法。

[請求項44] 次式の条件を満足するようにすることを特徴とする請求項43に記載の光学系の製造方法。

$$|fC'| < |fB'| < |fA'|$$

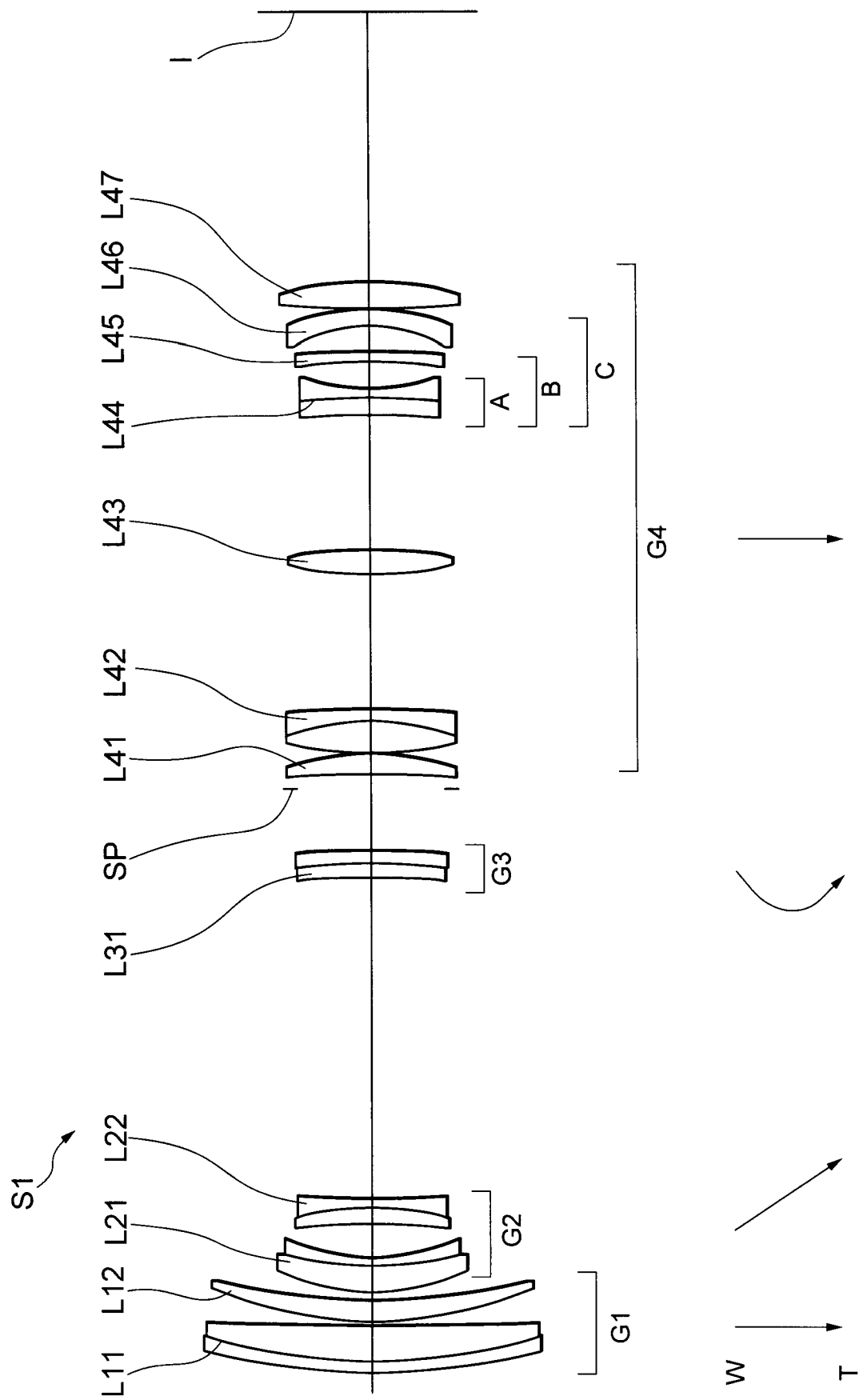
ただし、

$f_{A'}$: 第1レンズエレメントの焦点距離

$f_{B'}$: 第2レンズエレメントの焦点距離

$f_{C'}$: 第3レンズエレメントの焦点距離

[図1]



[図2]

図 2A

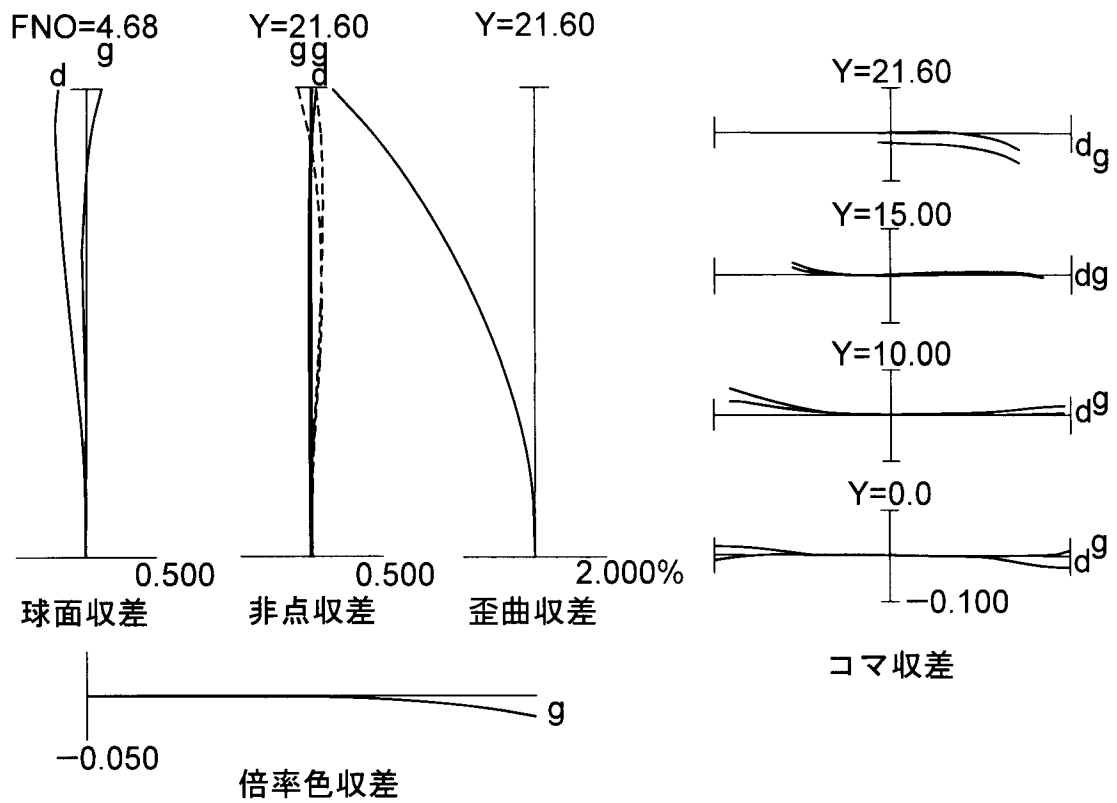


図 2B

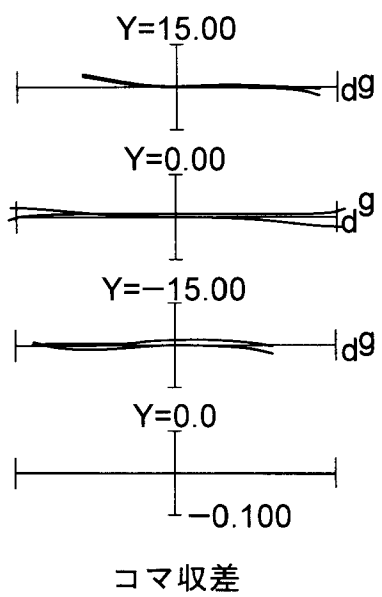


図 2C

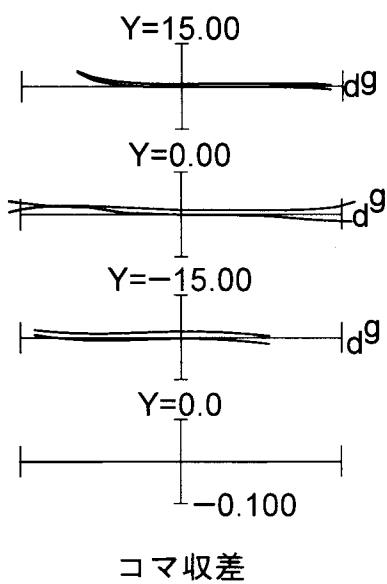
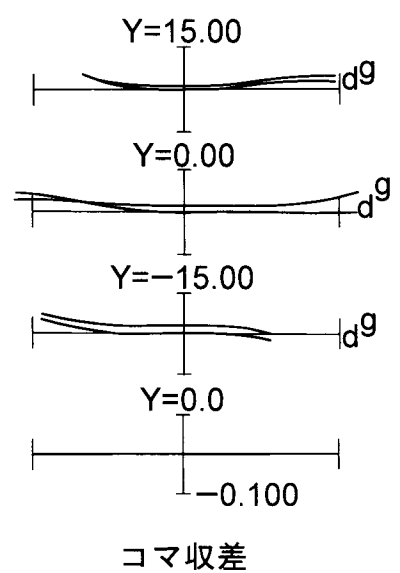


図 2D



[図3]

図 3A

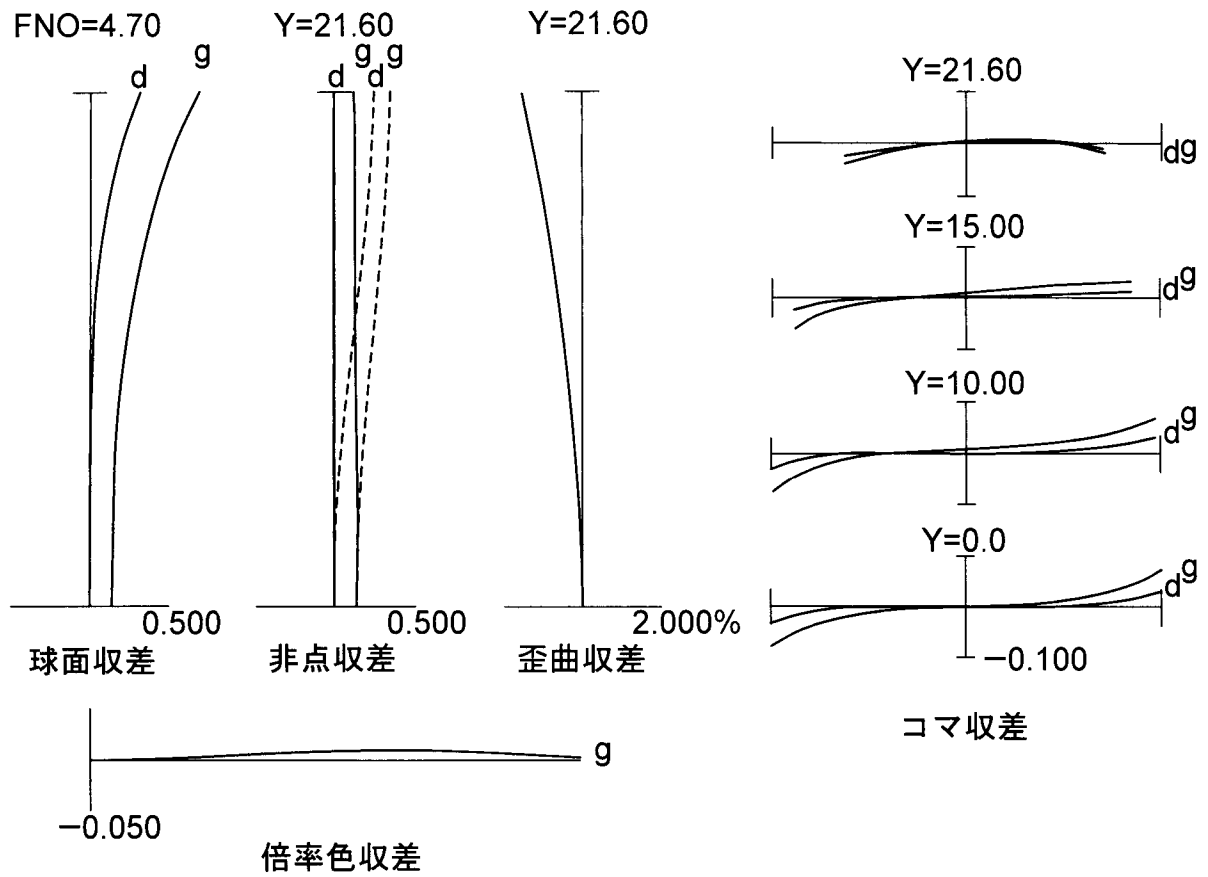


図 3B

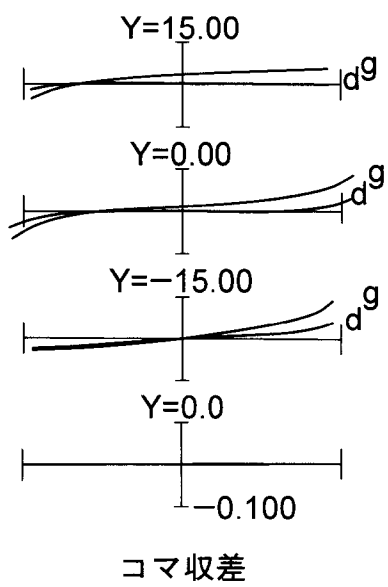


図 3C

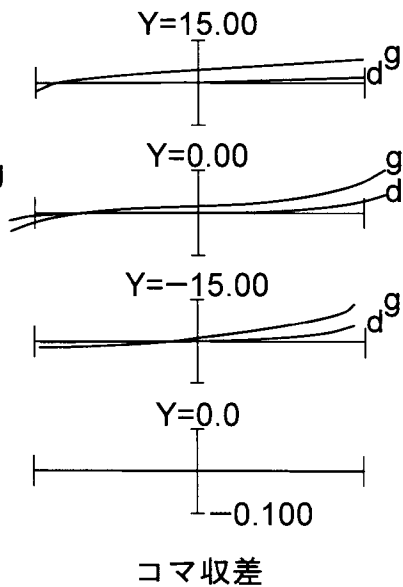
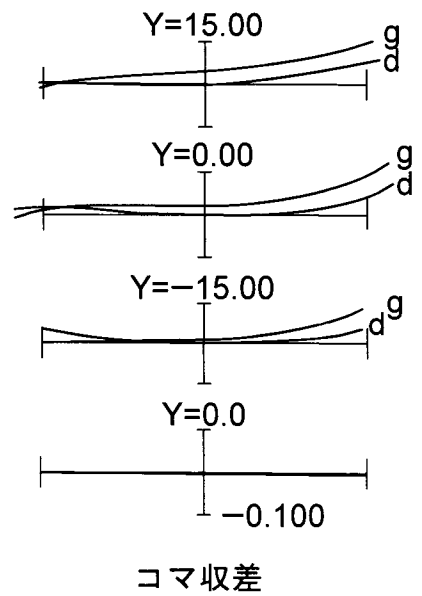


図 3D



[図4]

図 4A

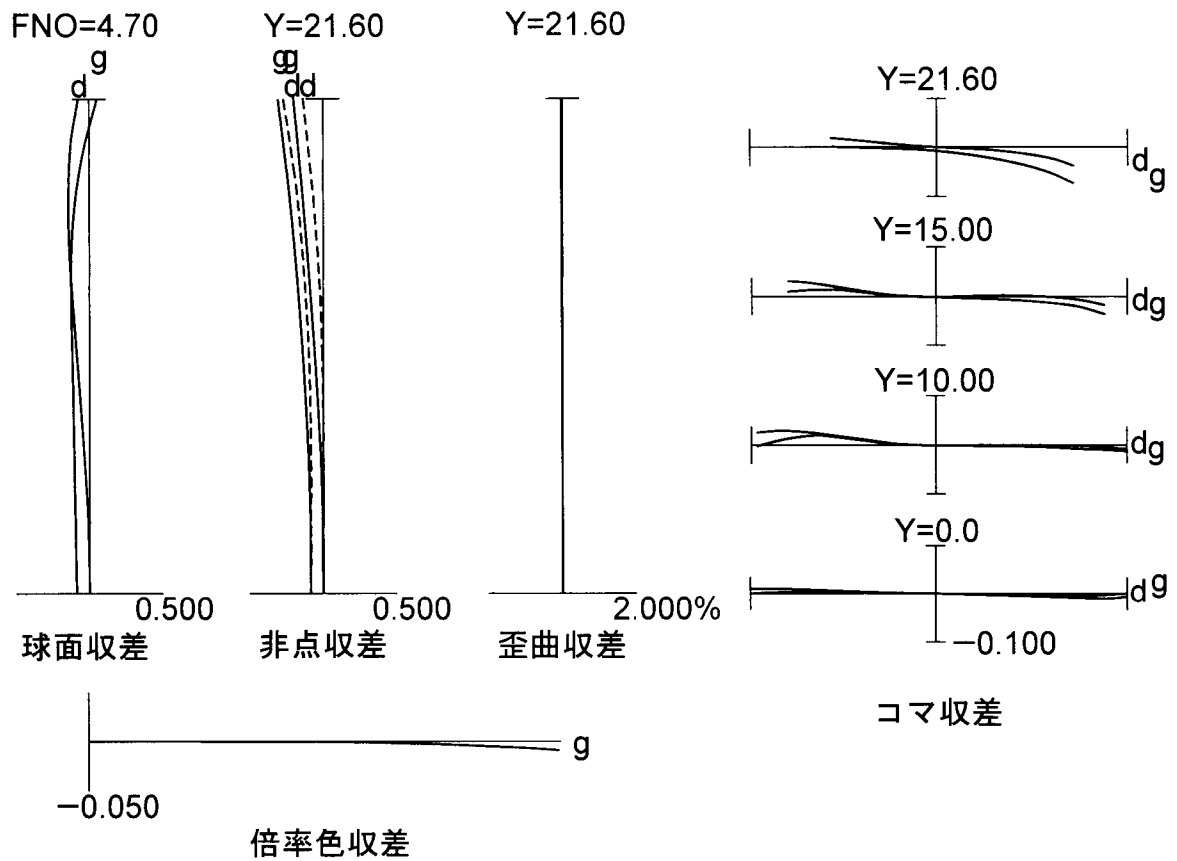


図 4B

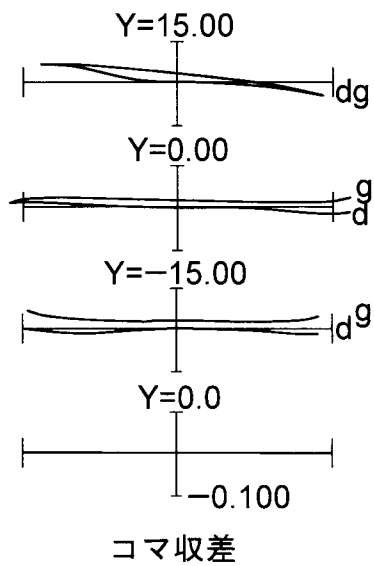


図 4C

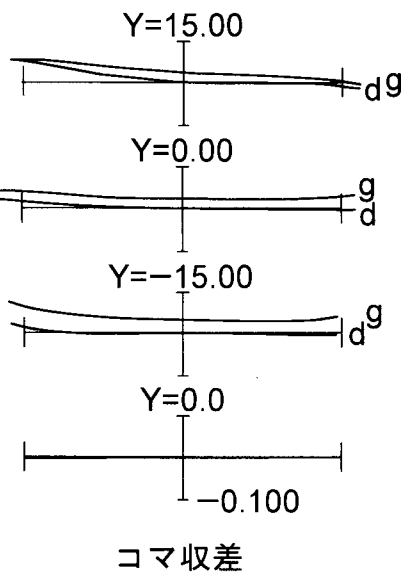
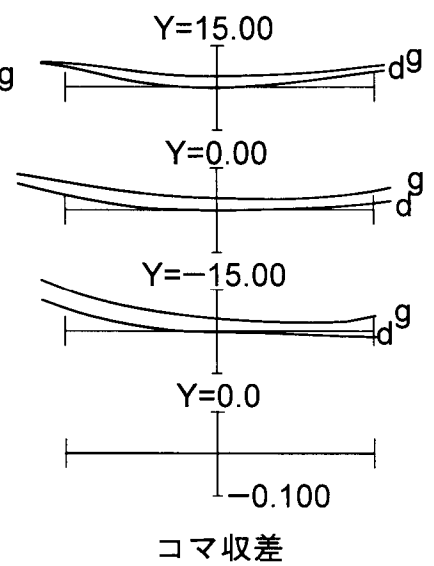


図 4D



[図5]

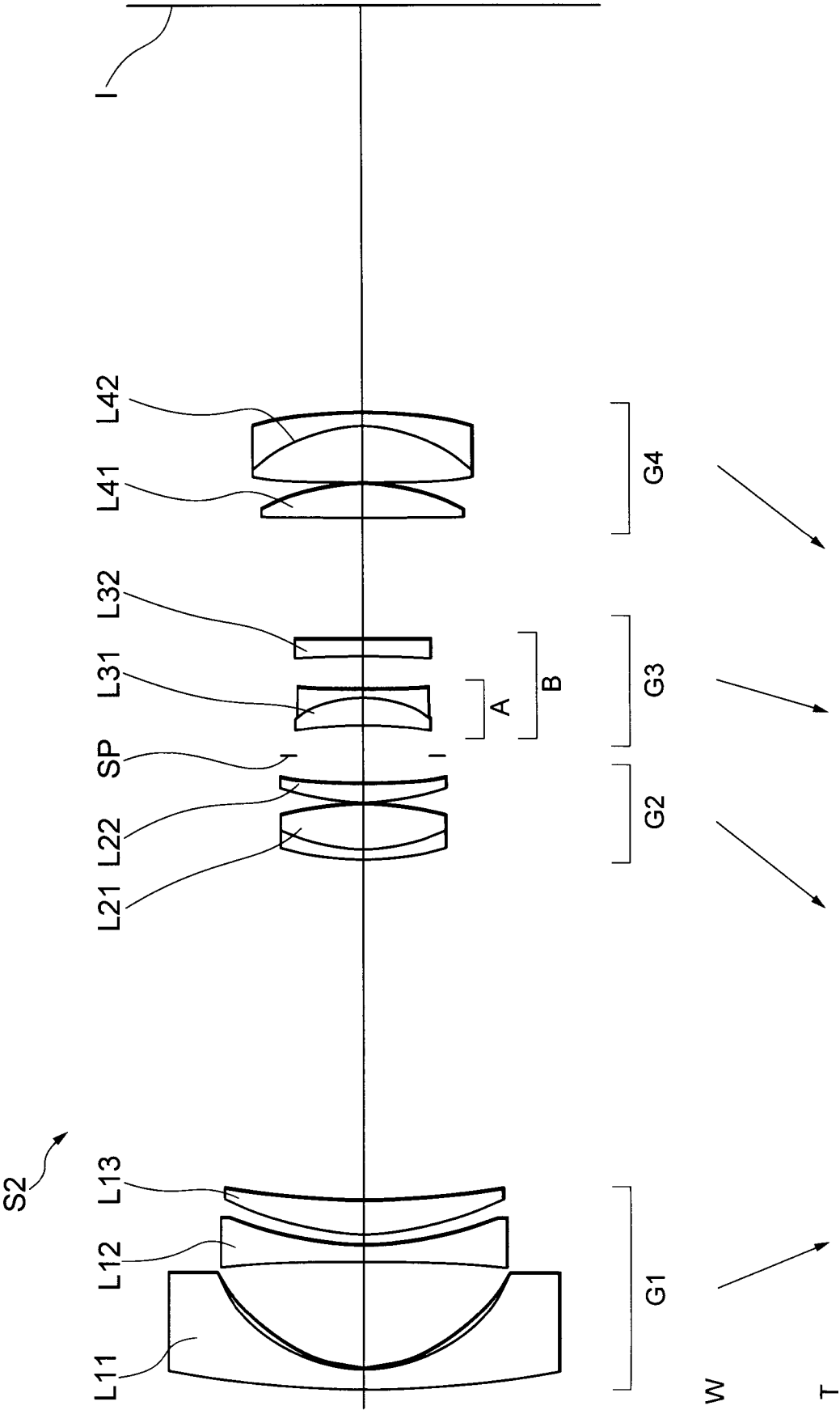


図 6A

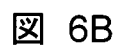
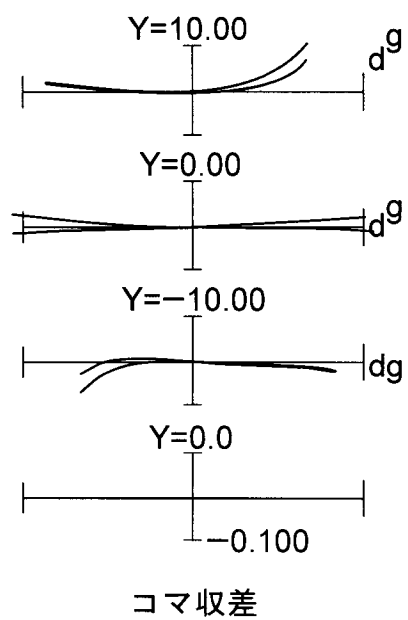
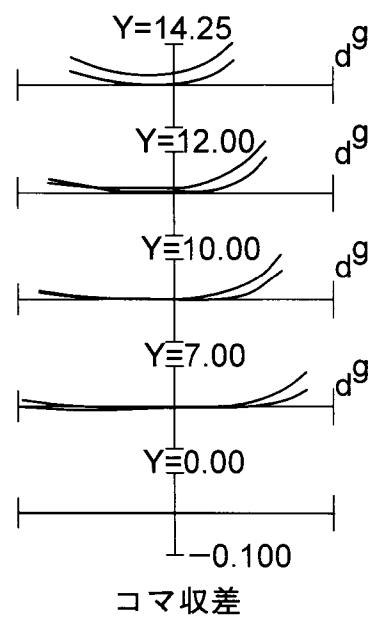


図 6C



[図7]

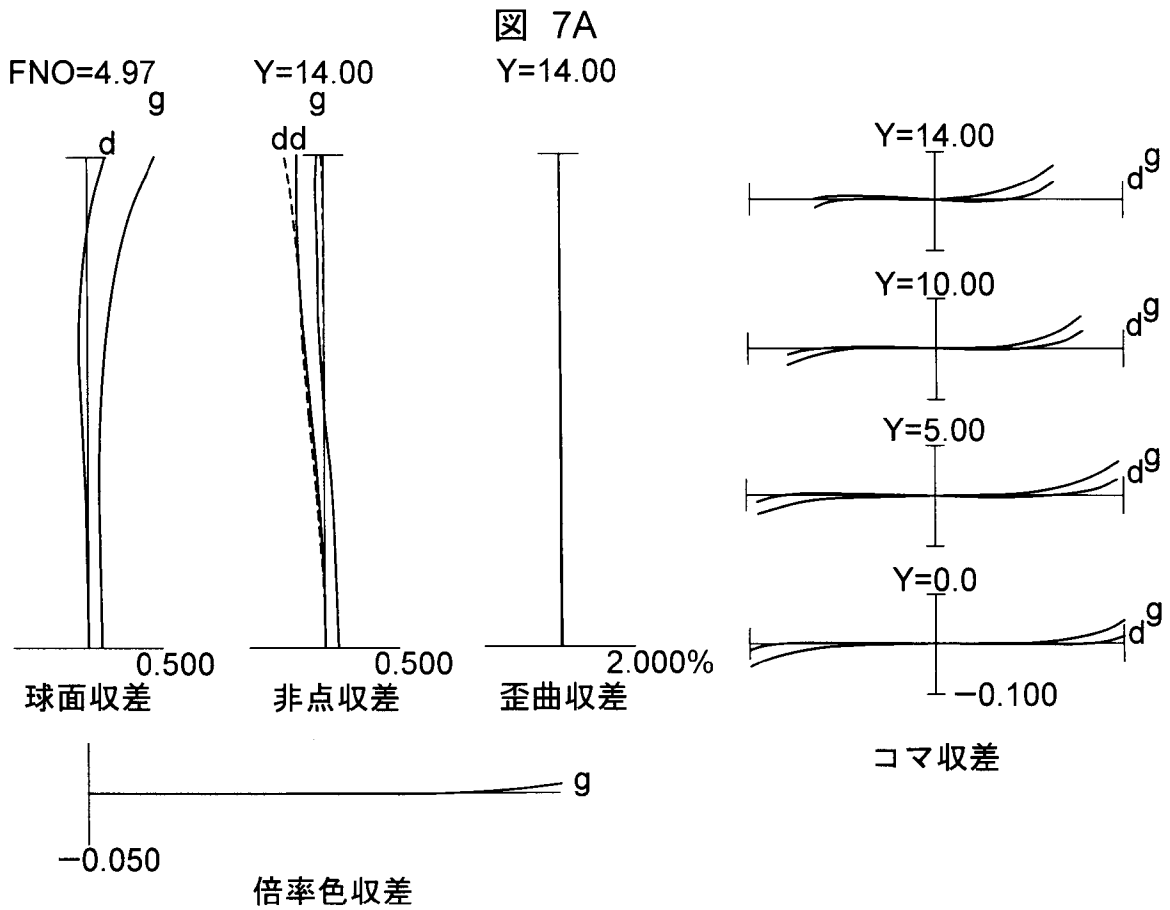


図 7B

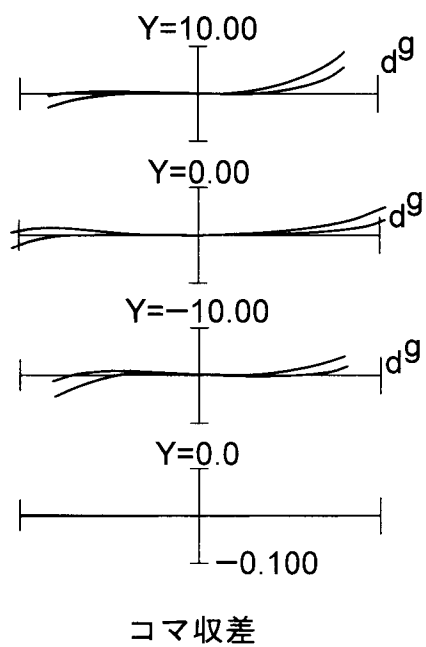
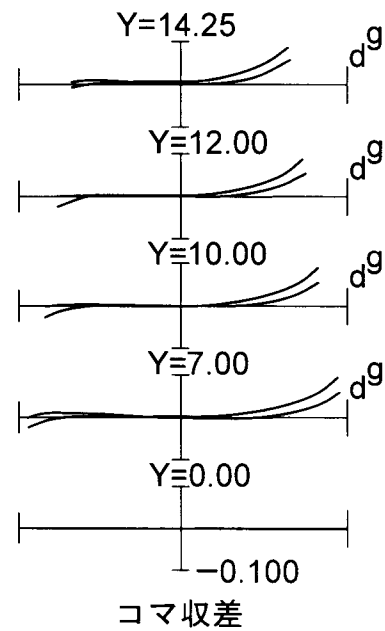


図 7C



[図8]

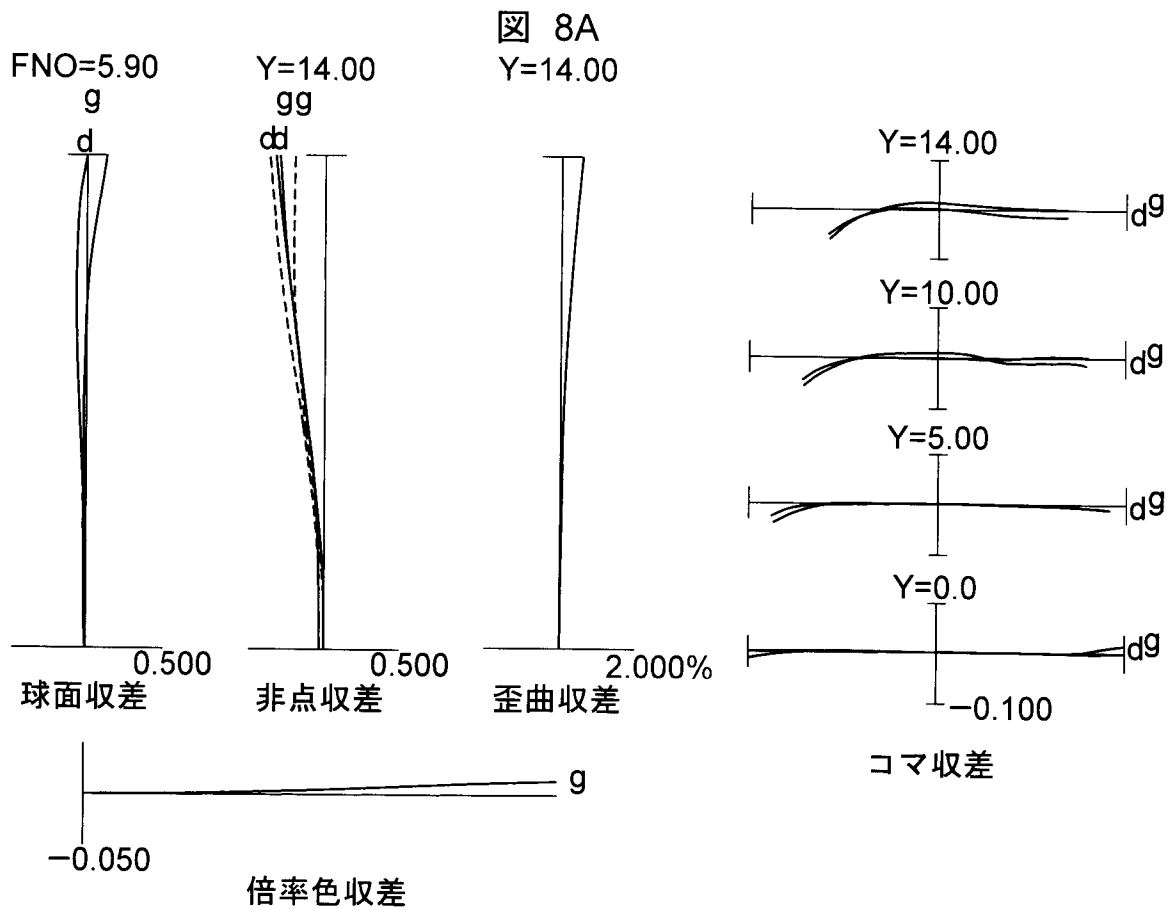


図 8B

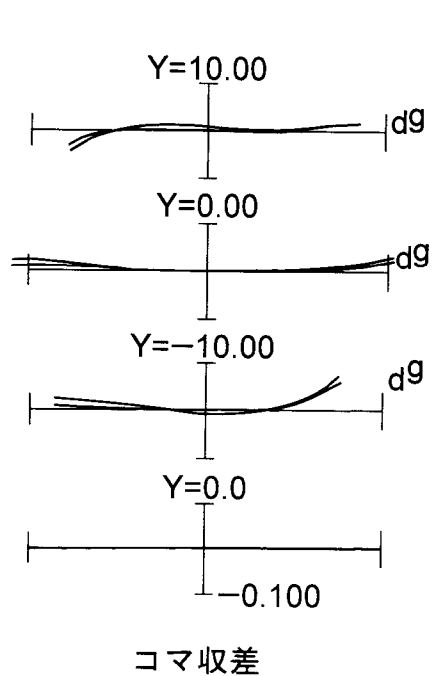
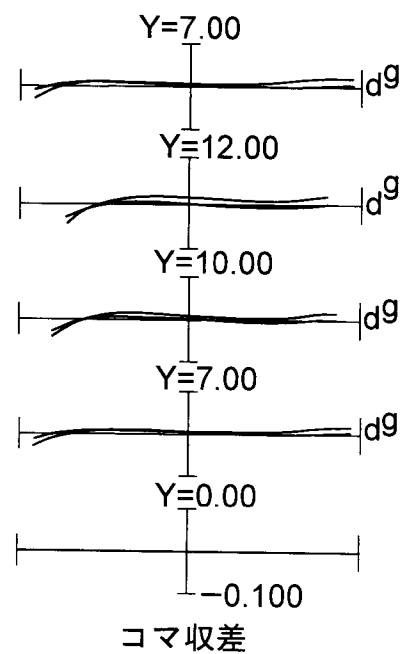
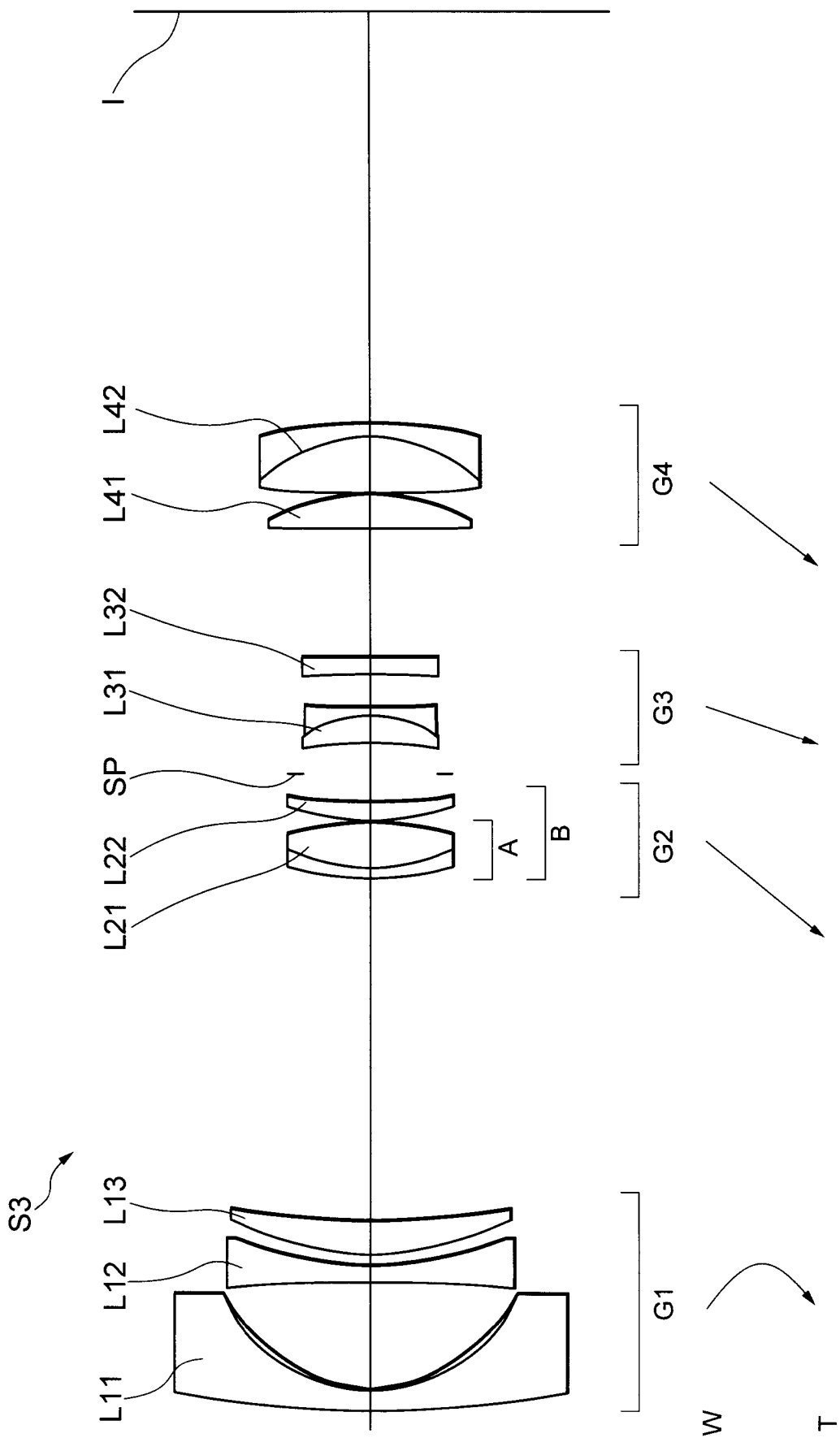


図 8C



[図9]



[図10]

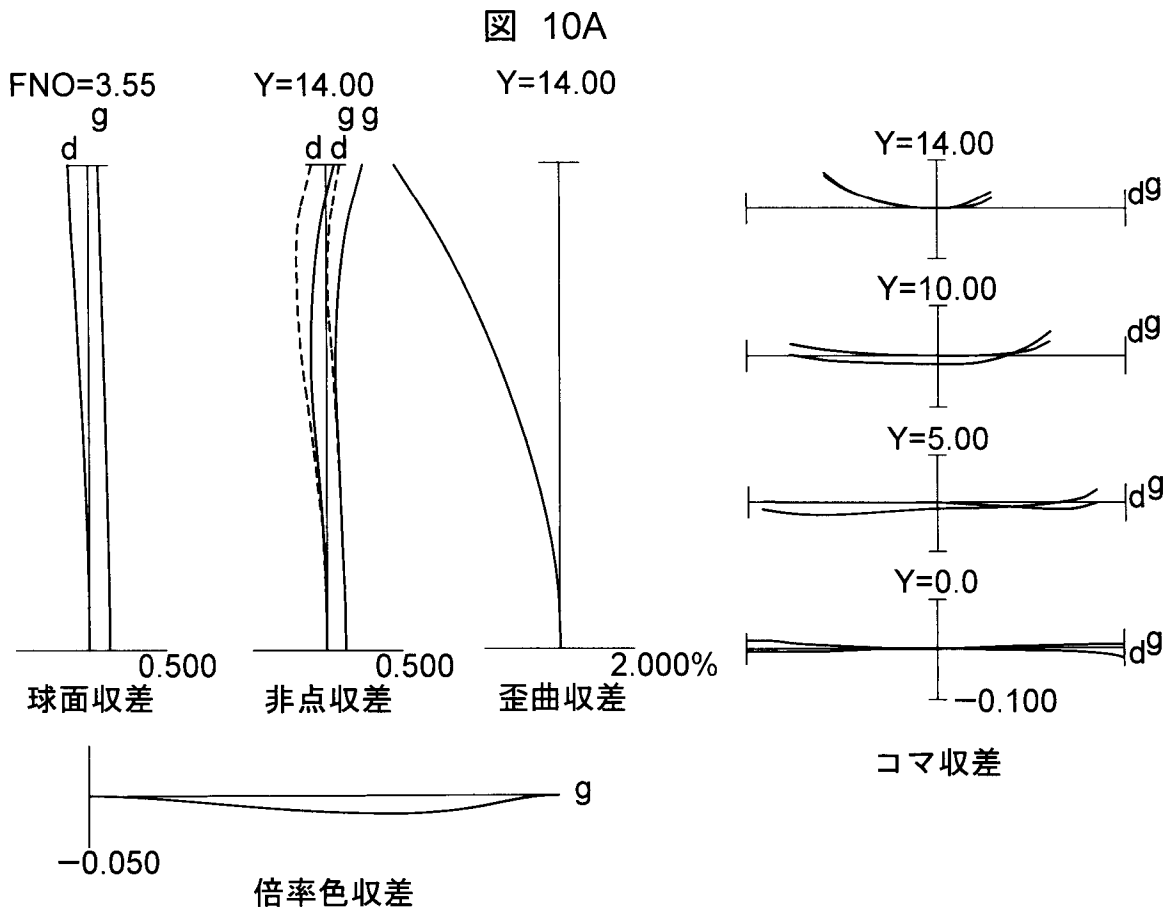
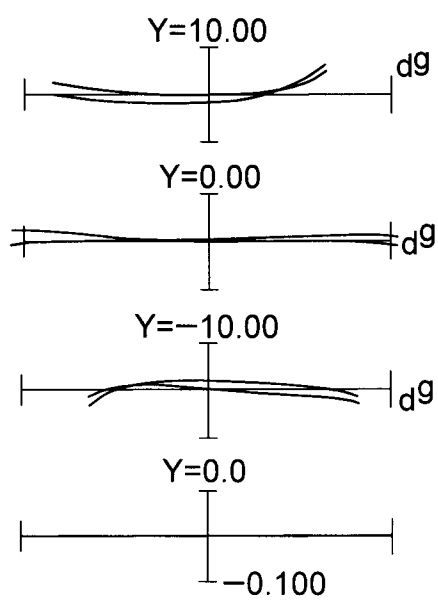
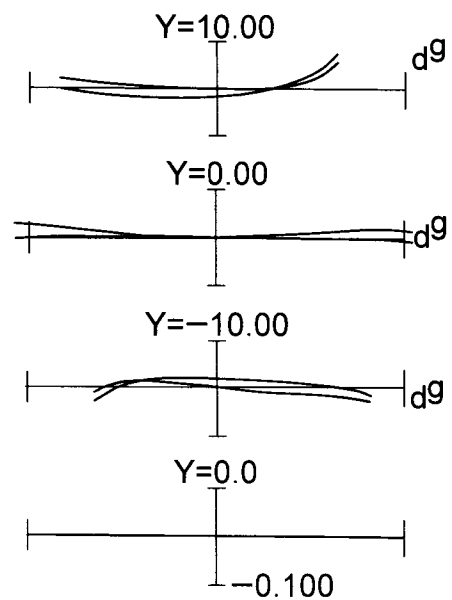


図 10B



コマ収差

図 10C



コマ収差

[図11]

図 11A

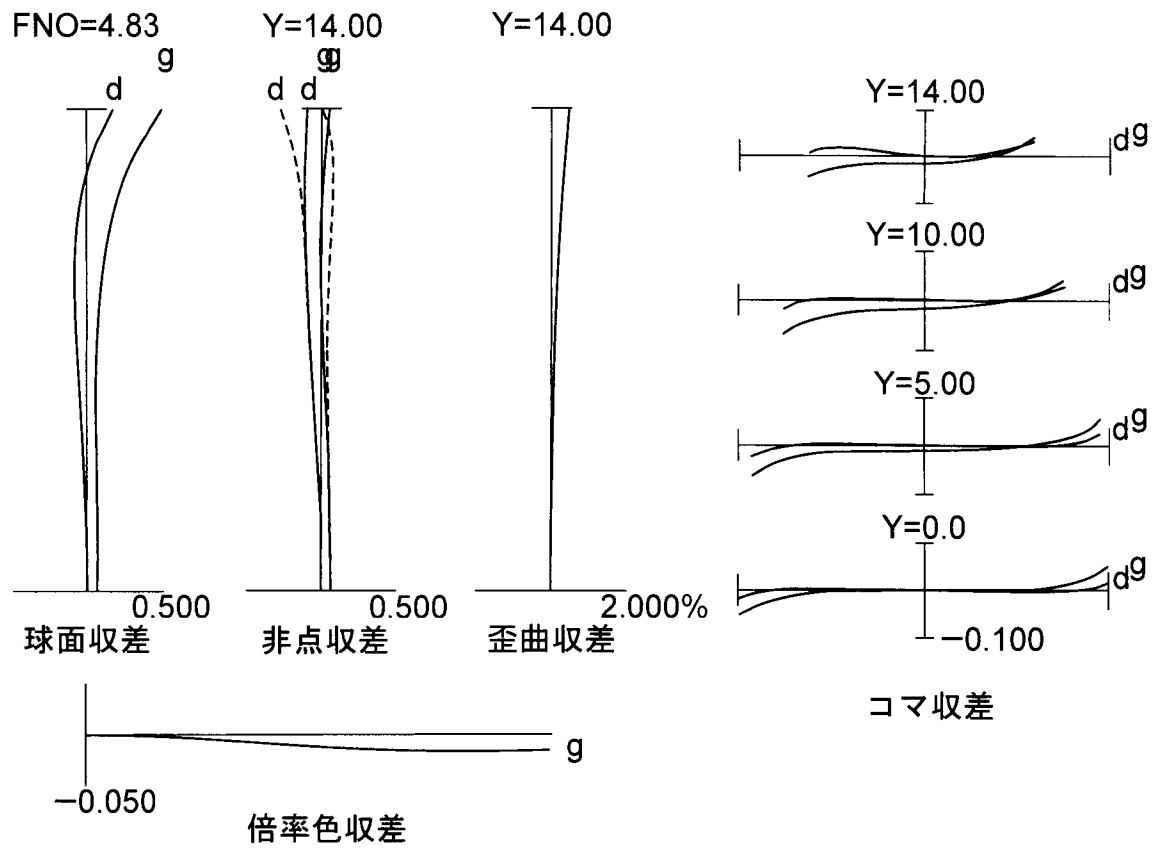


図 11B

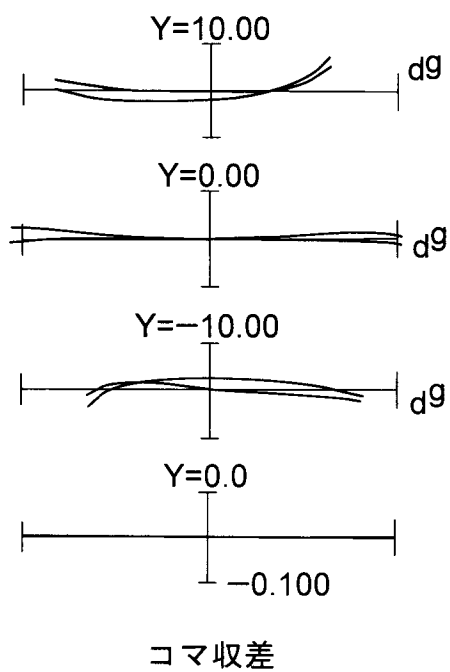
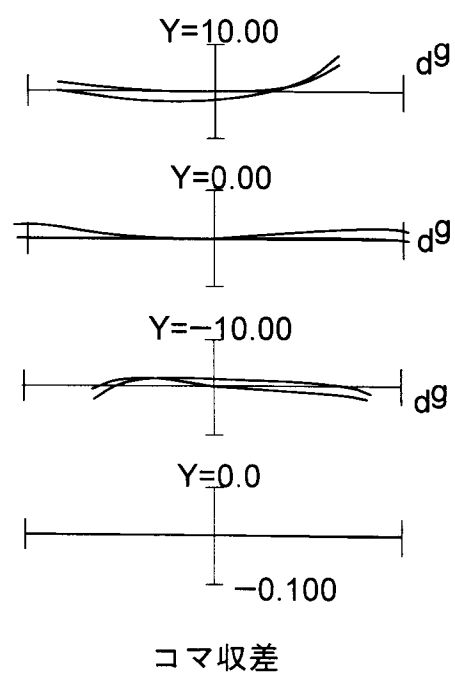


図 11C



[図12]

図 12A

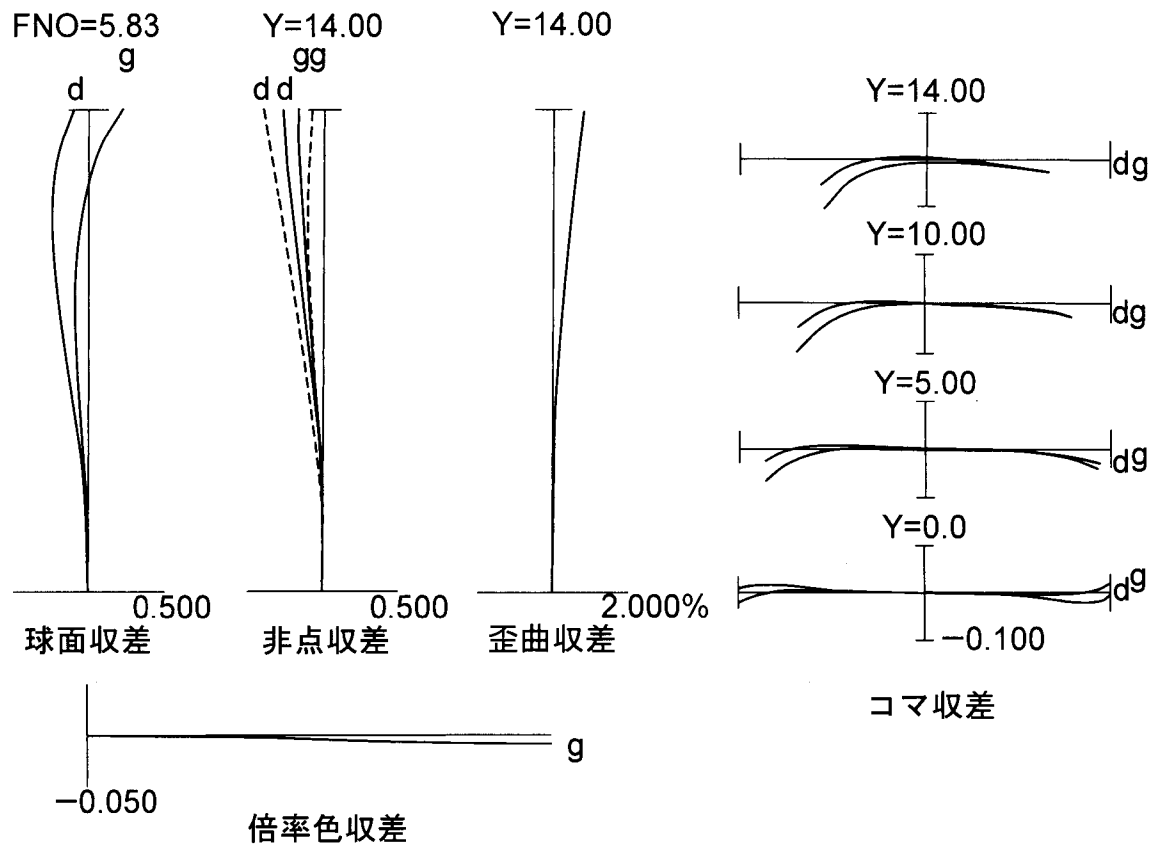


図 12B

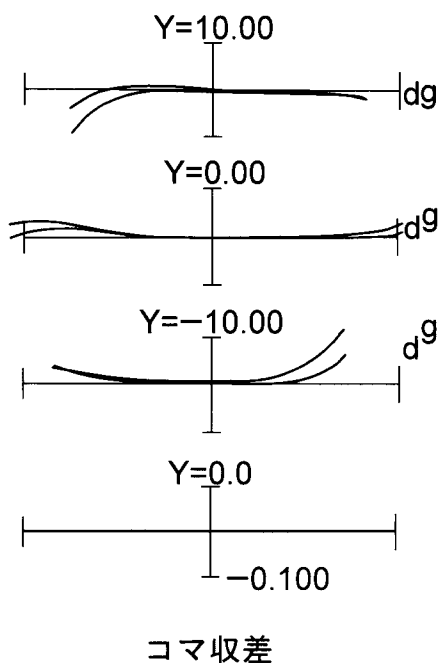
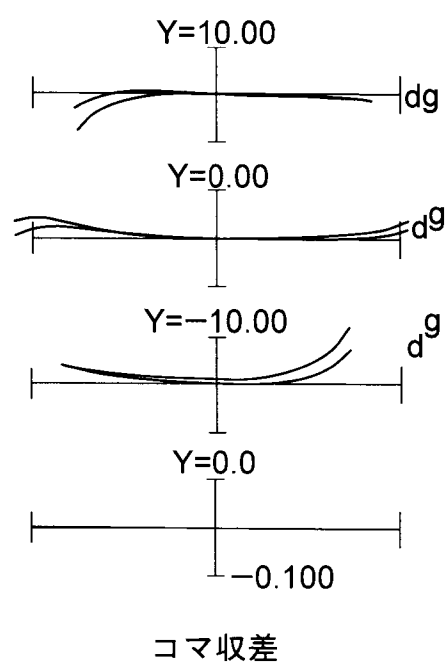
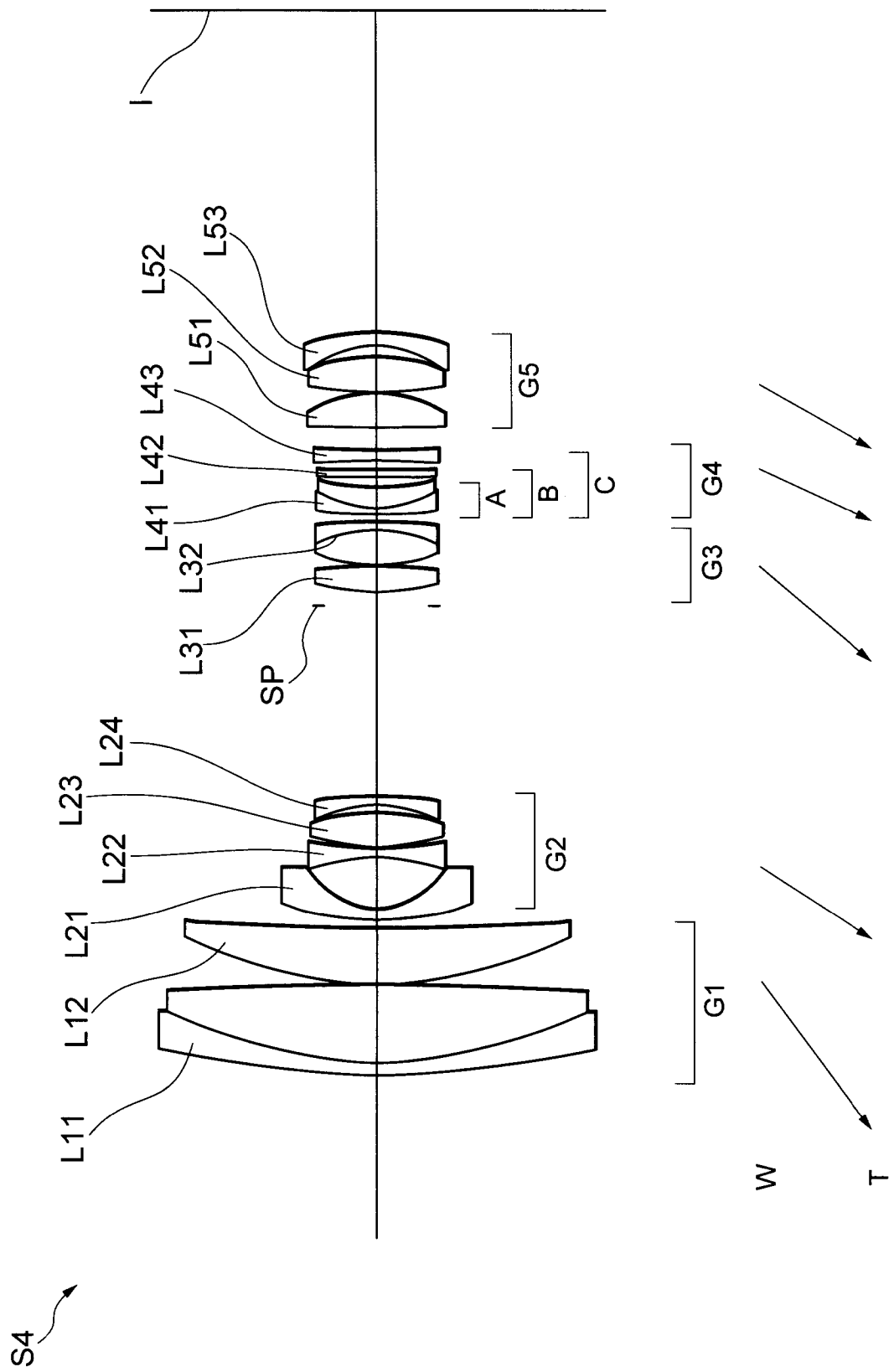


図 12C



[図13]



[図14]

図 14A

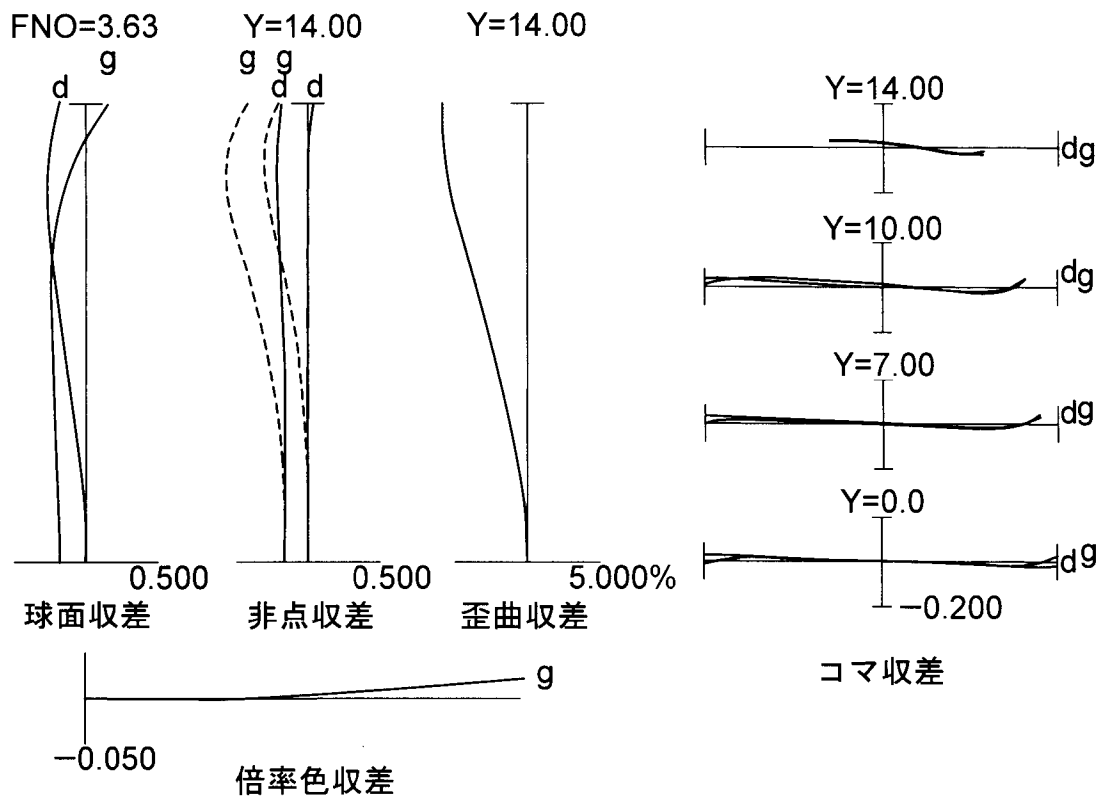


図 14B

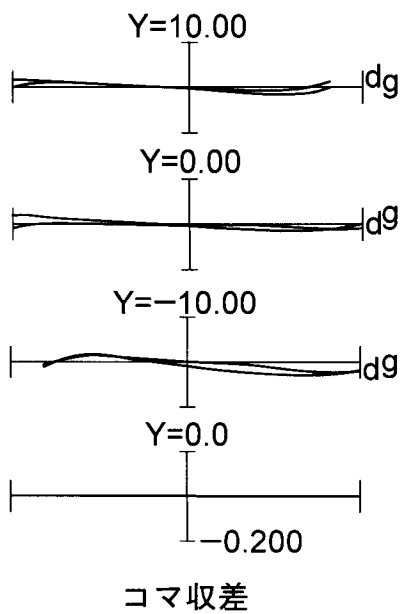


図 14C

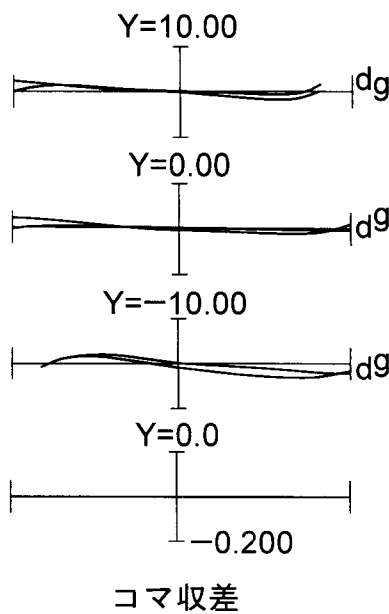


図 14D

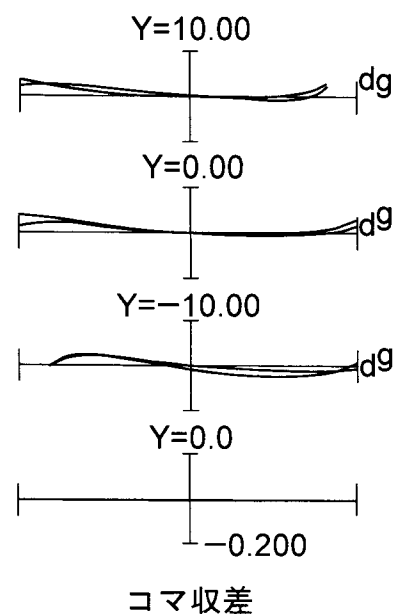
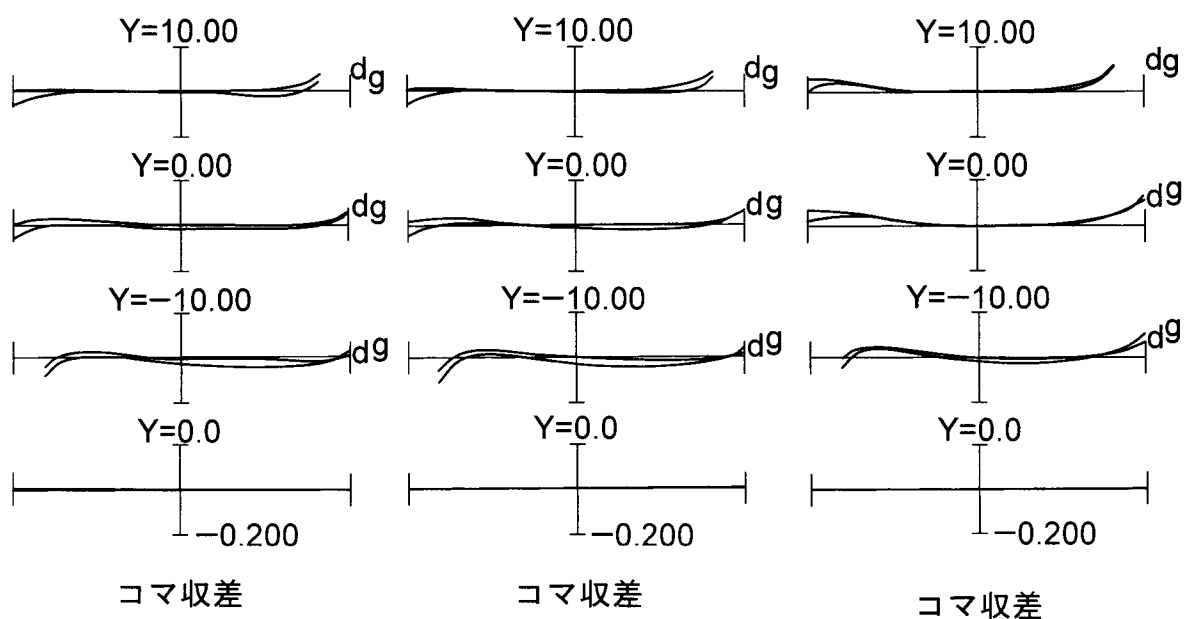


図 15A



[図16]

図 16A

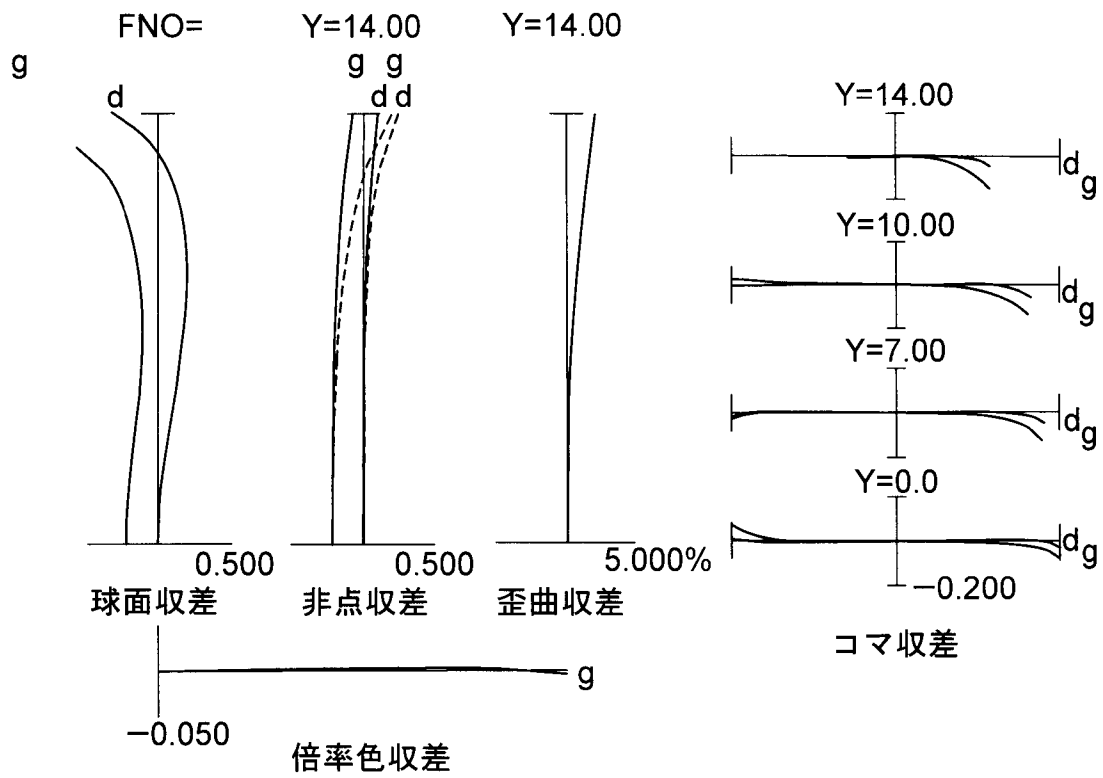


図 16B

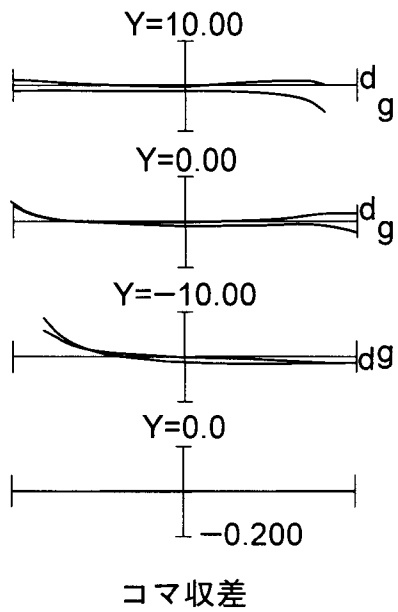


図 16C

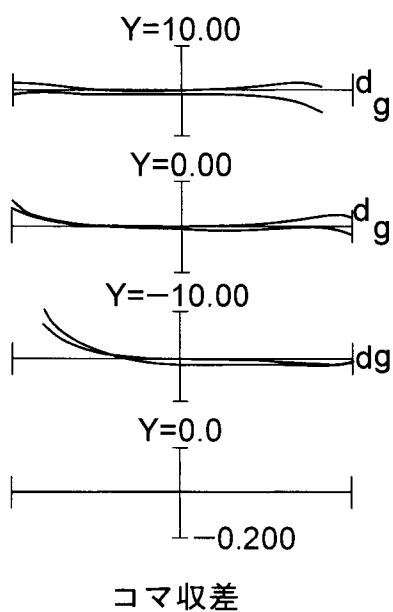
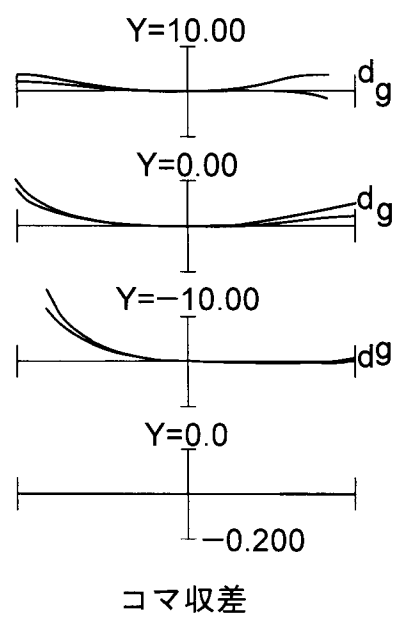
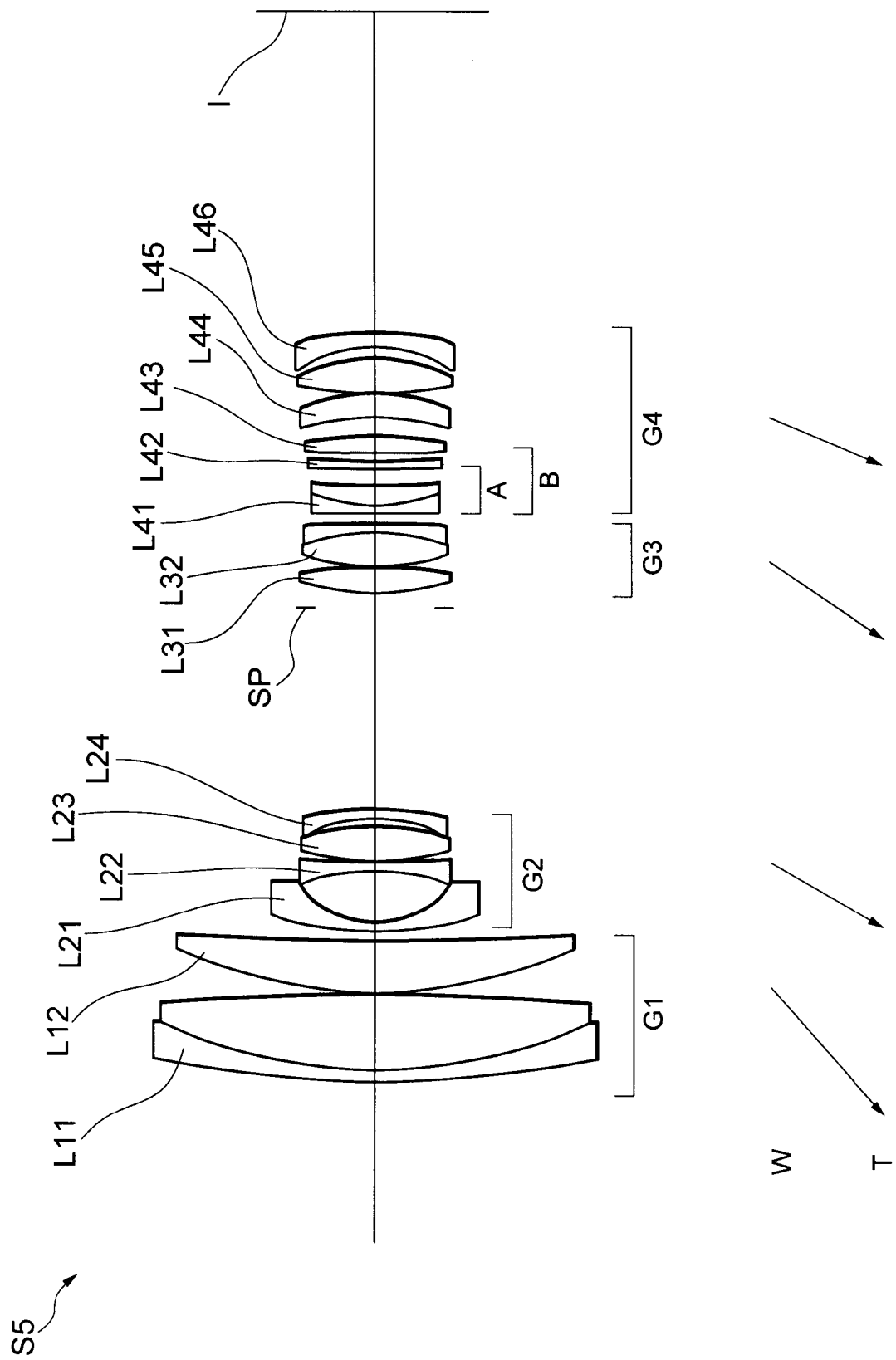


図 16D



[図17]



[図18]

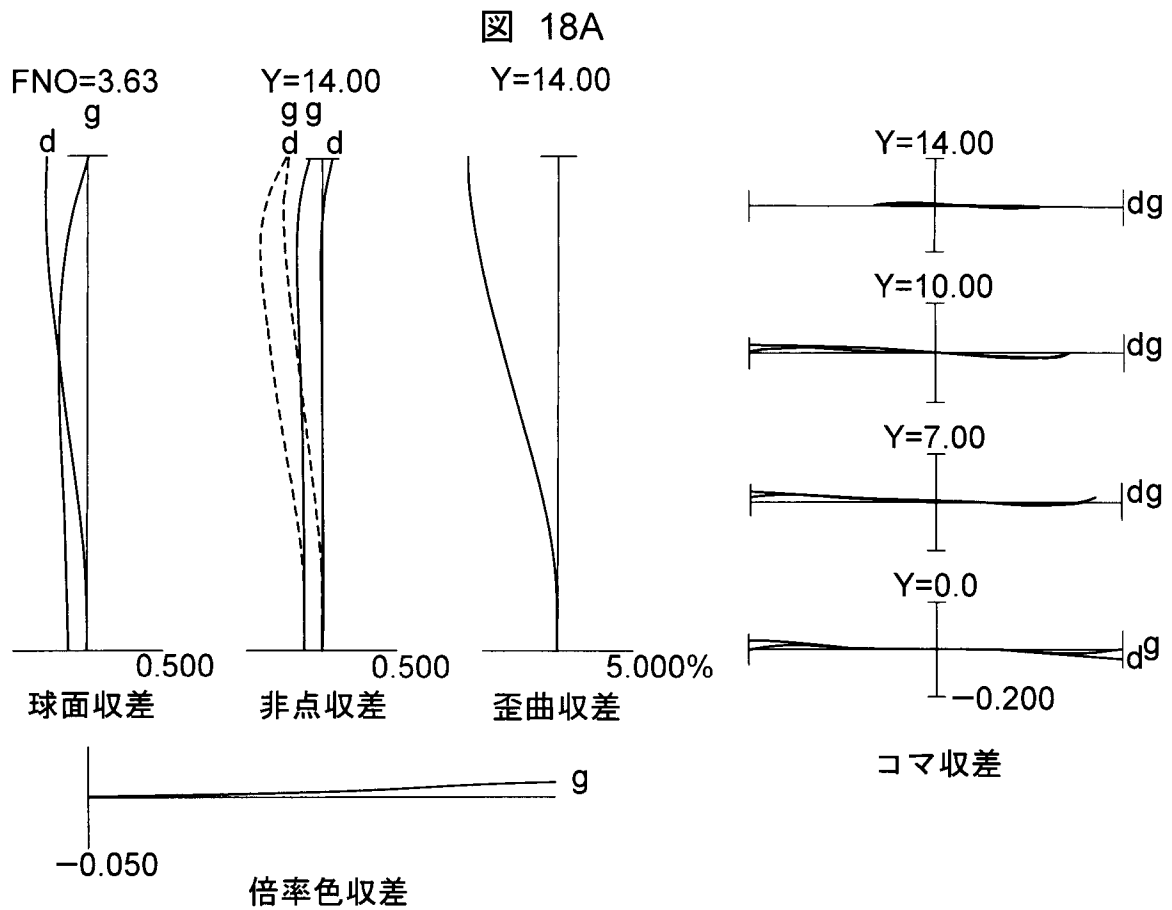


図 18B

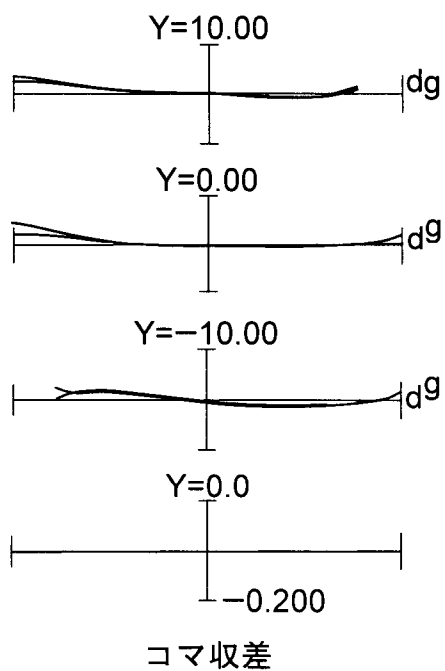
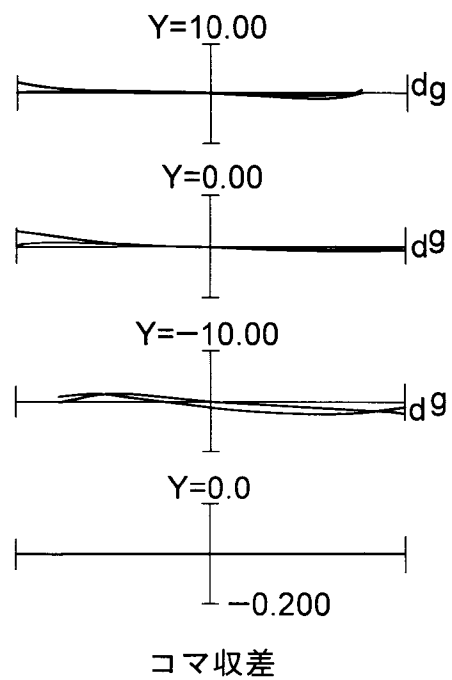


図 18C



[図19]

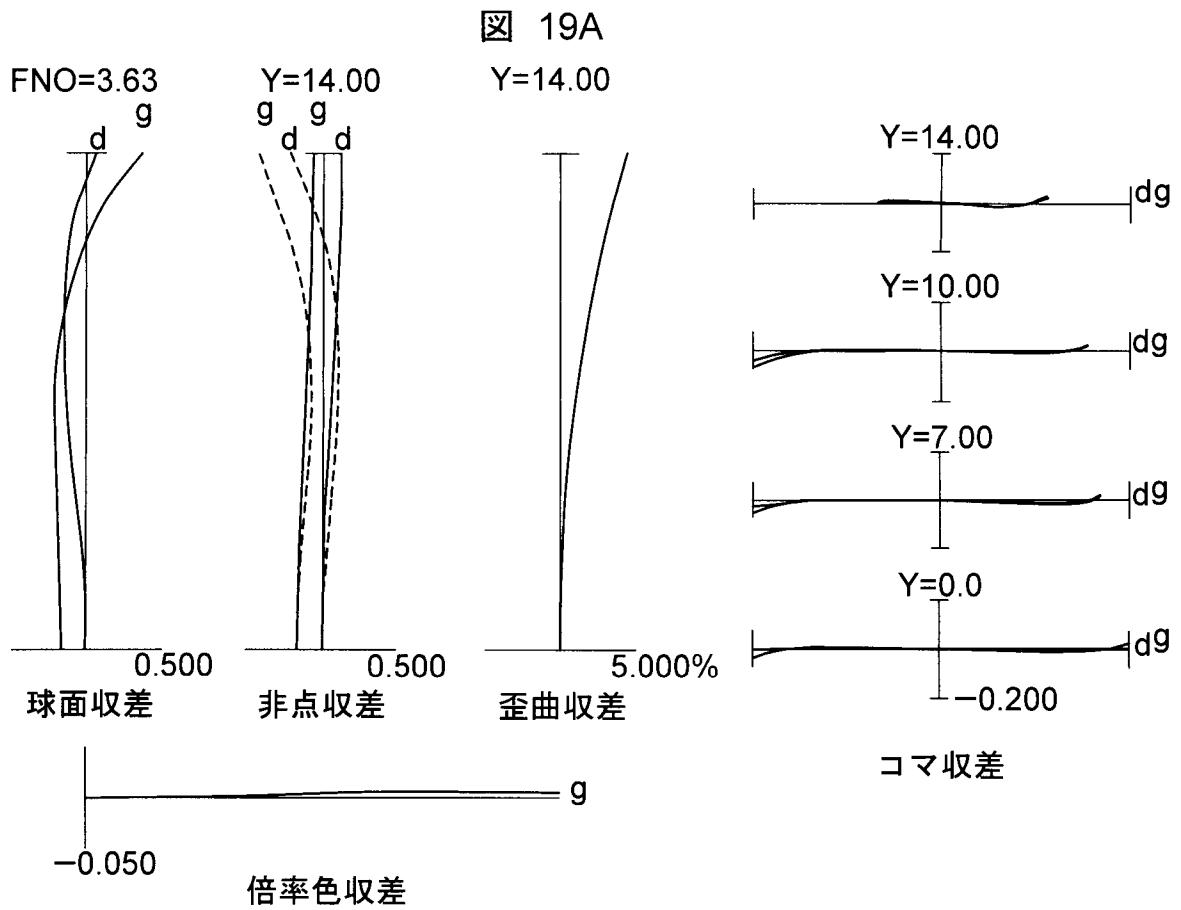


図 19B

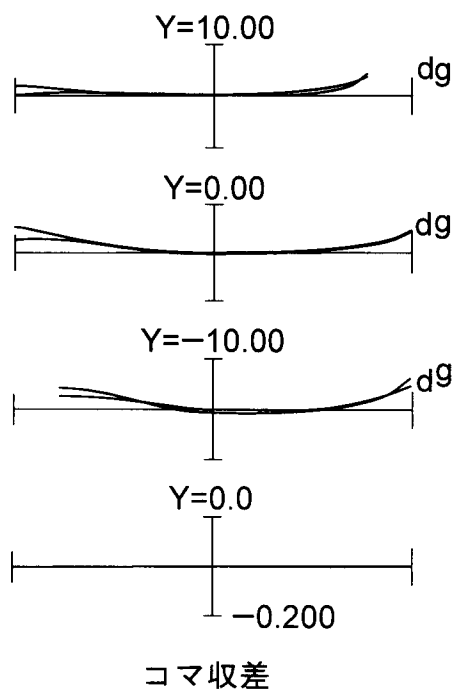
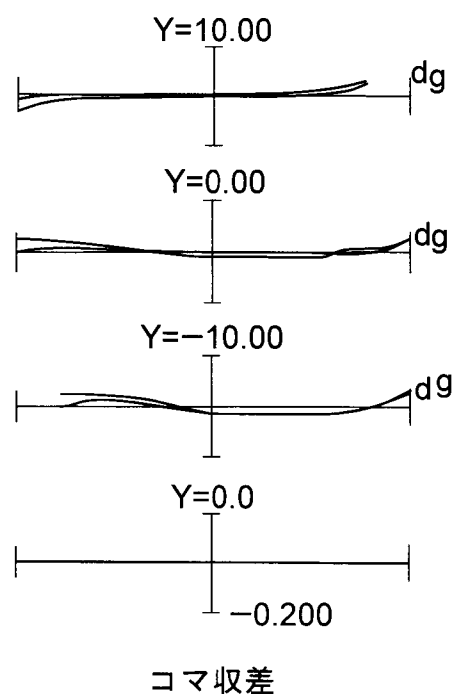


図 19C



[図20]

図 20A

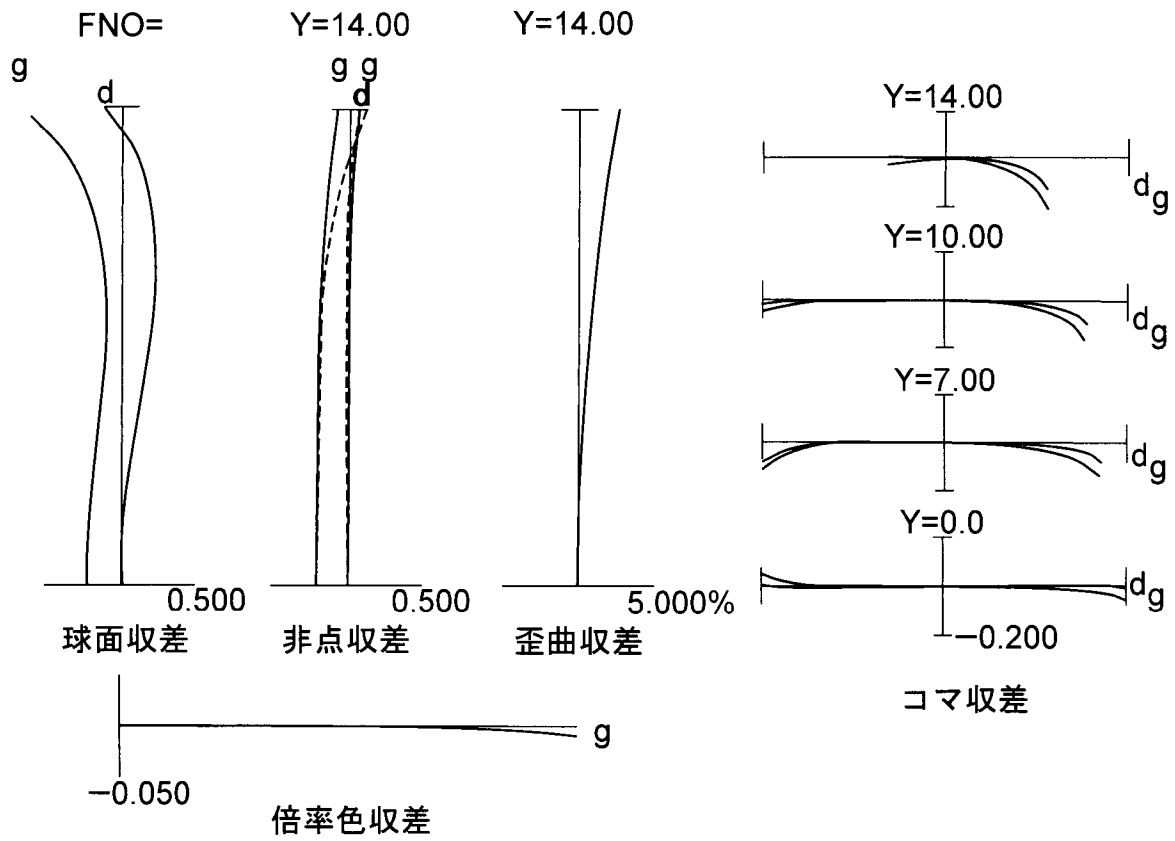


図 20B

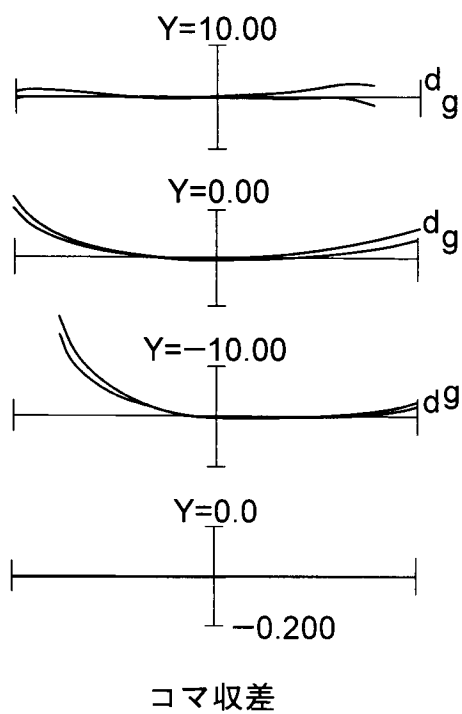
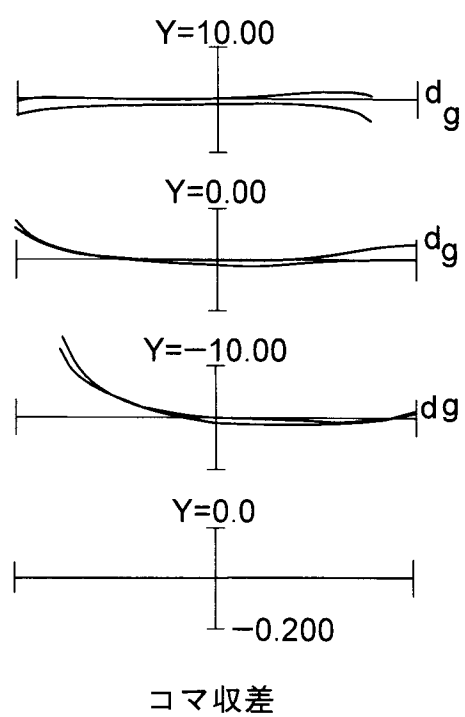
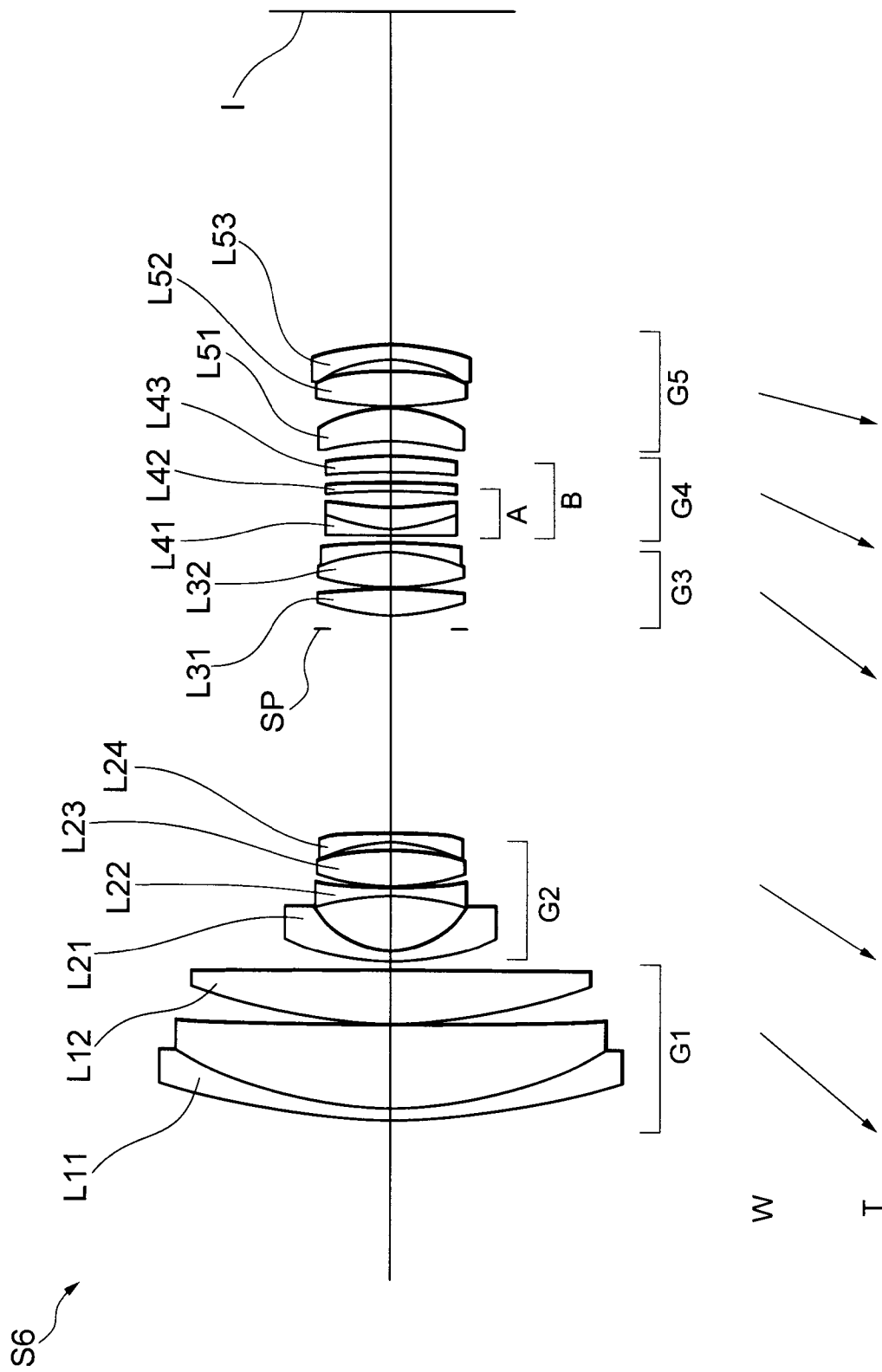


図 20C



[図21]



[図22]

図 22A

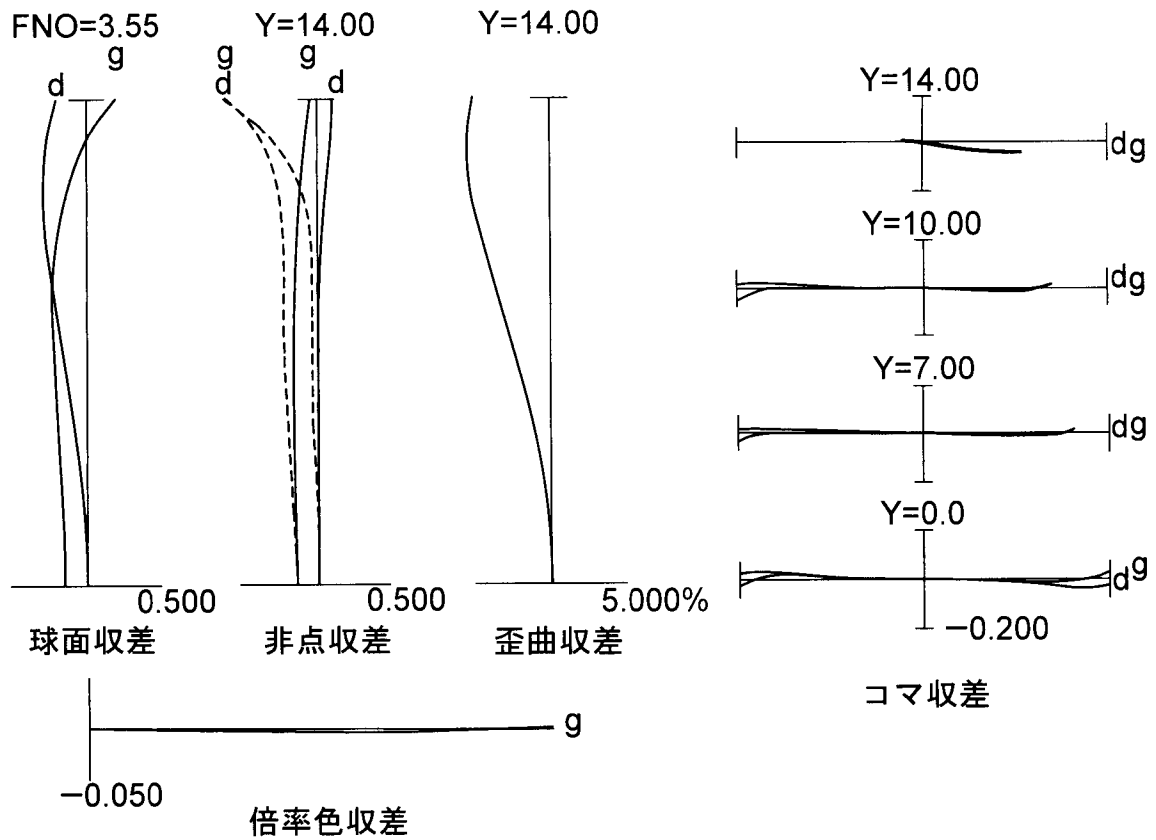


図 22B

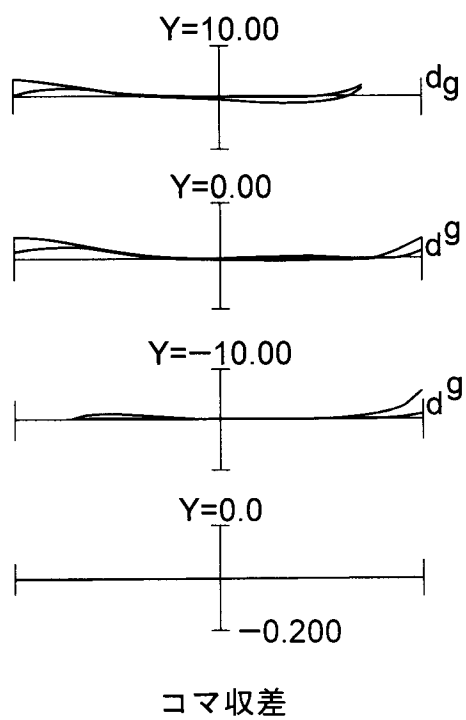
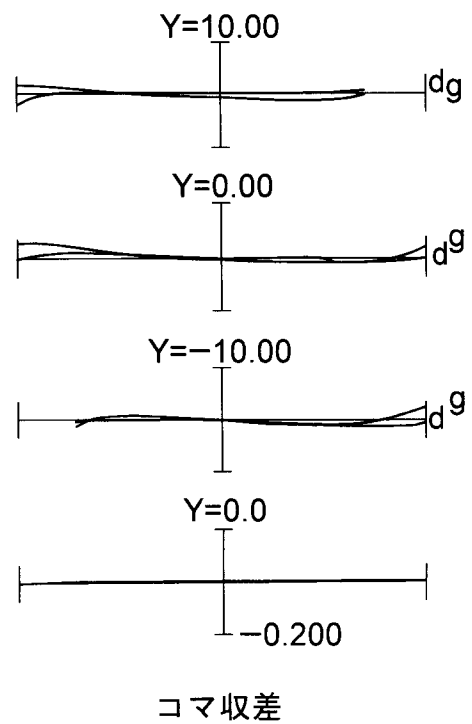


図 22C



[図23]

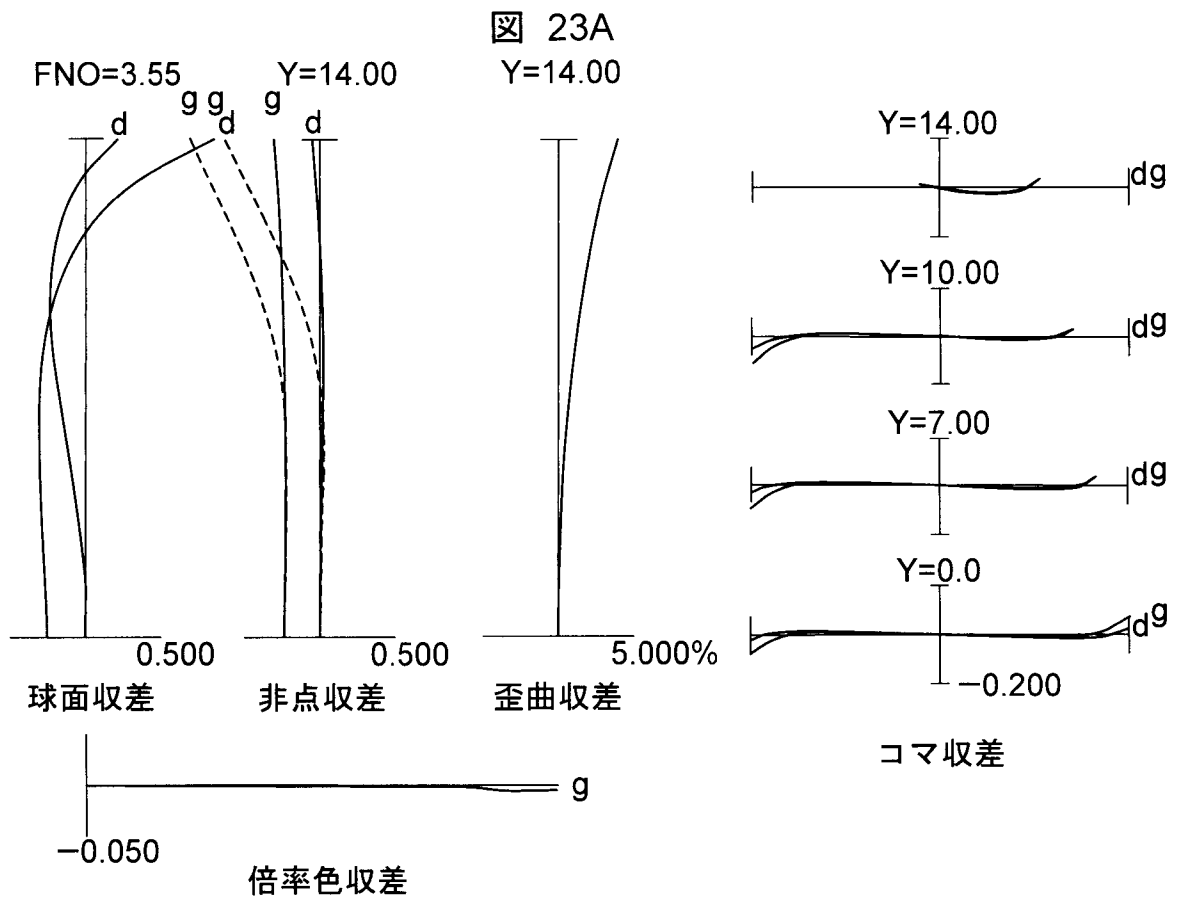


図 23B

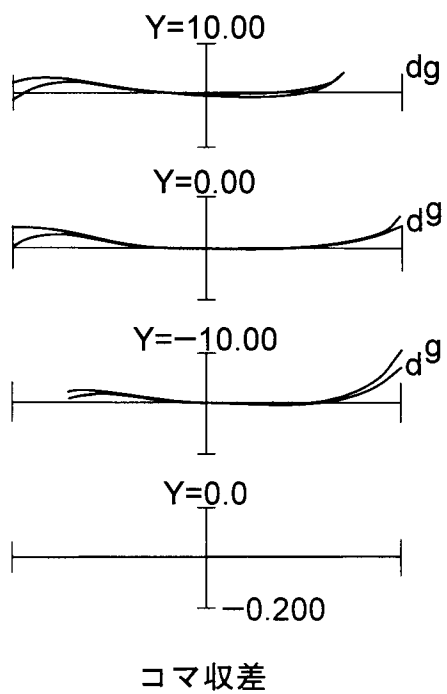
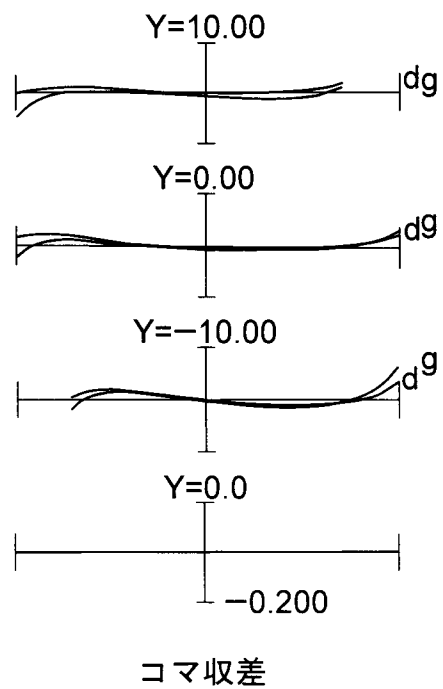


図 23C



[図24]

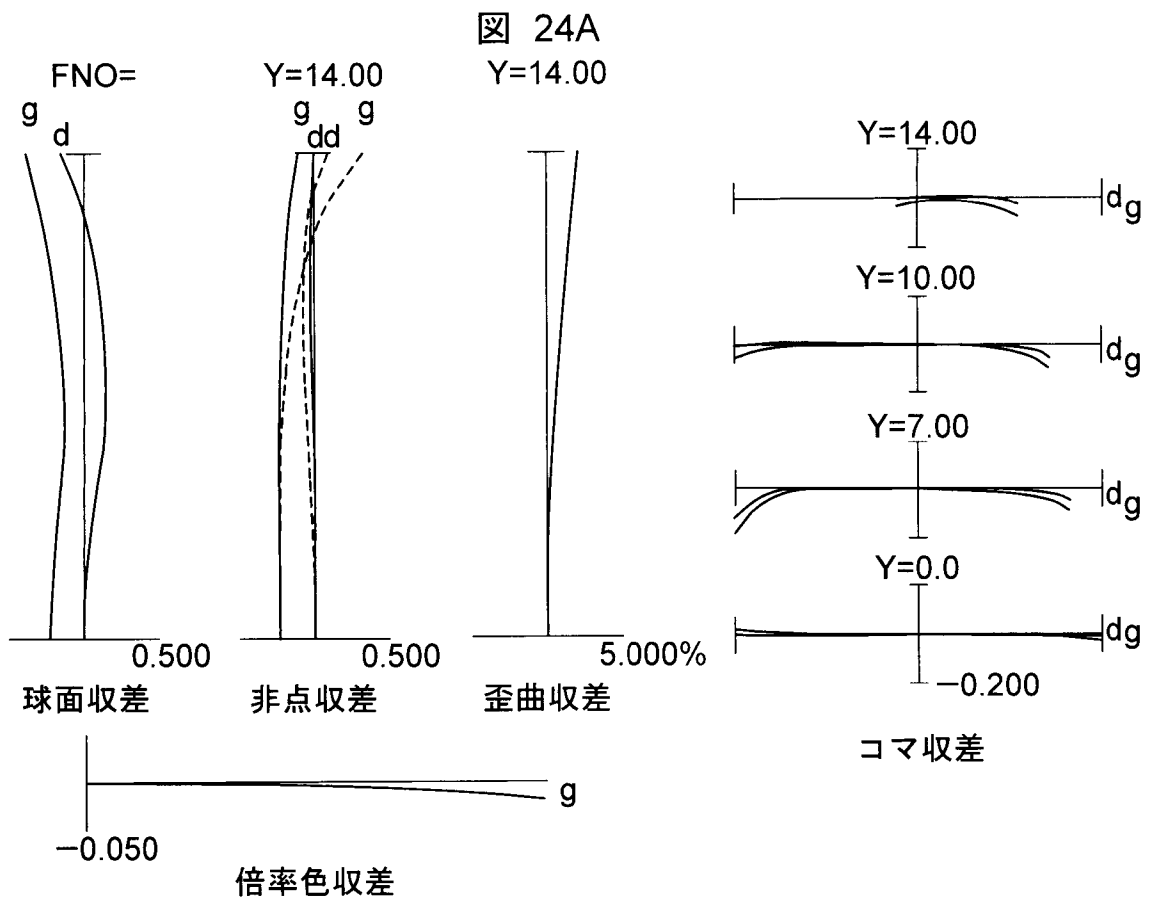


図 24B

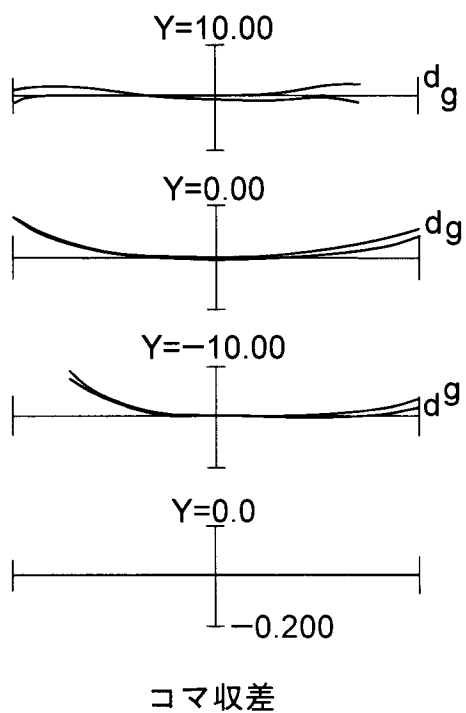
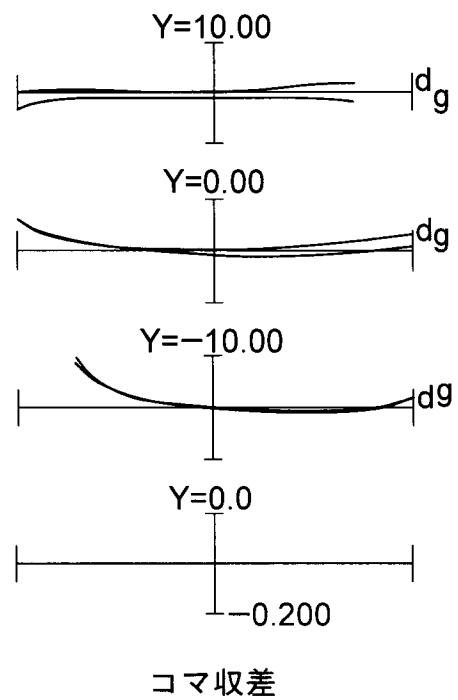
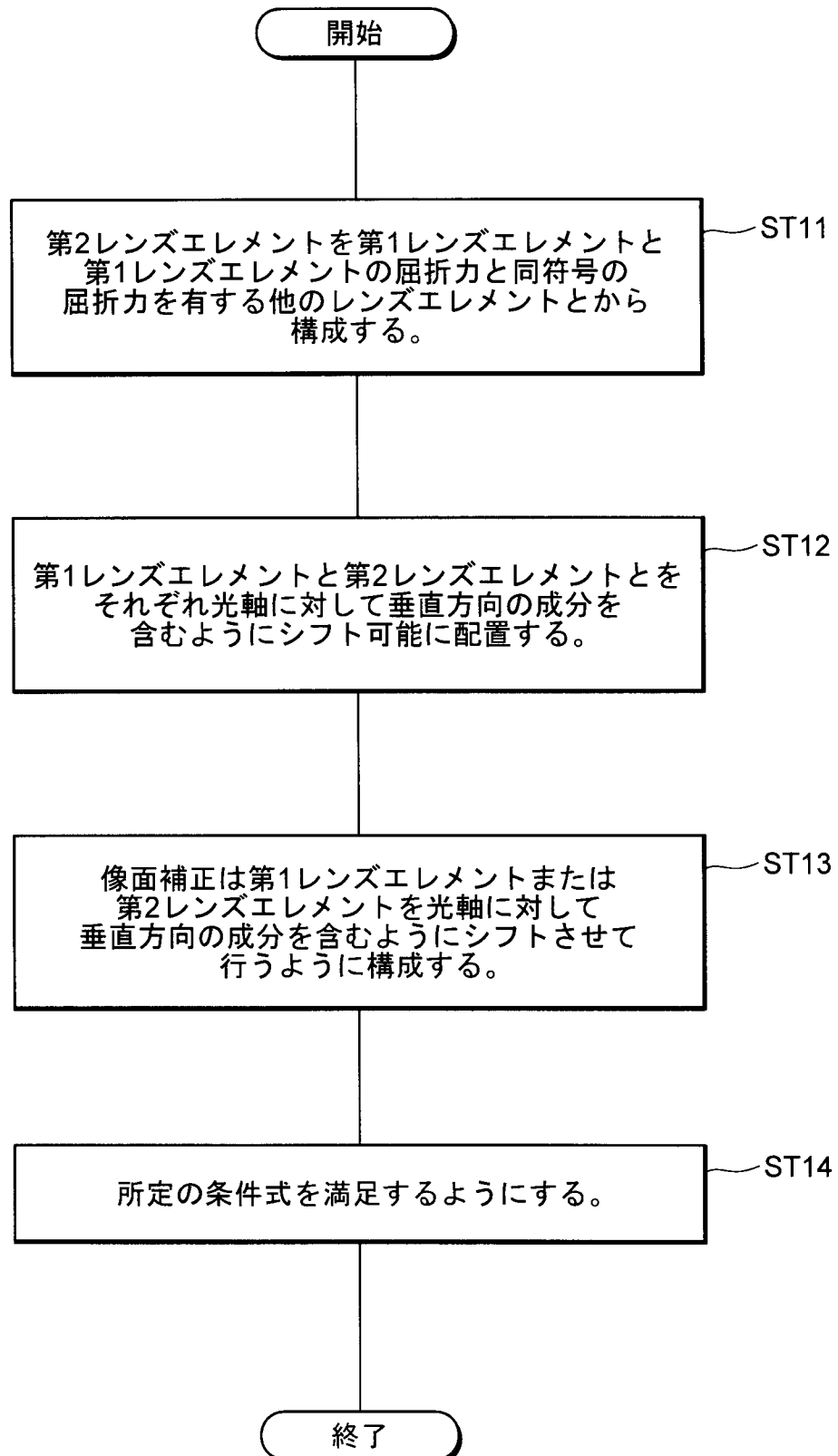


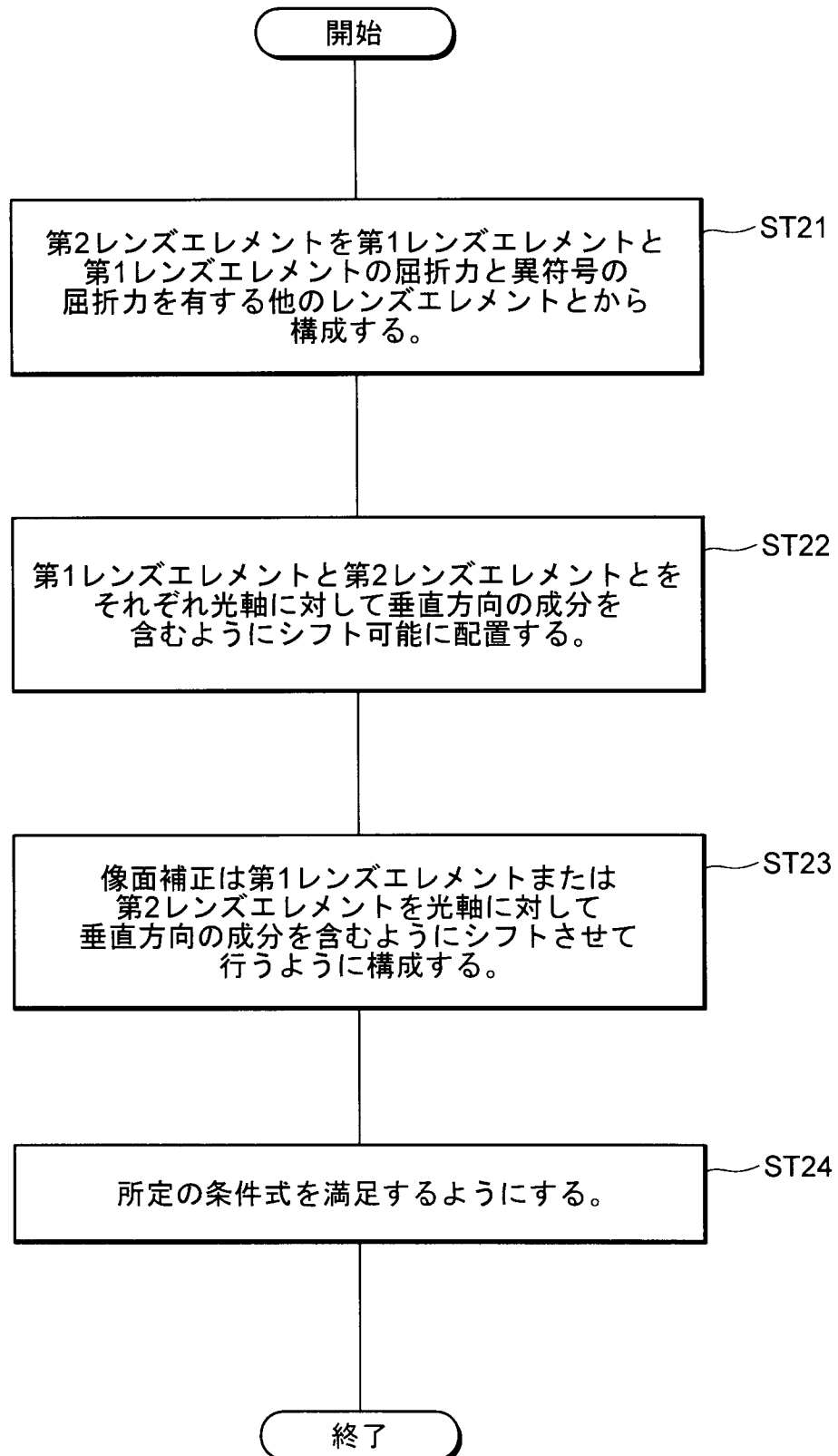
図 24C



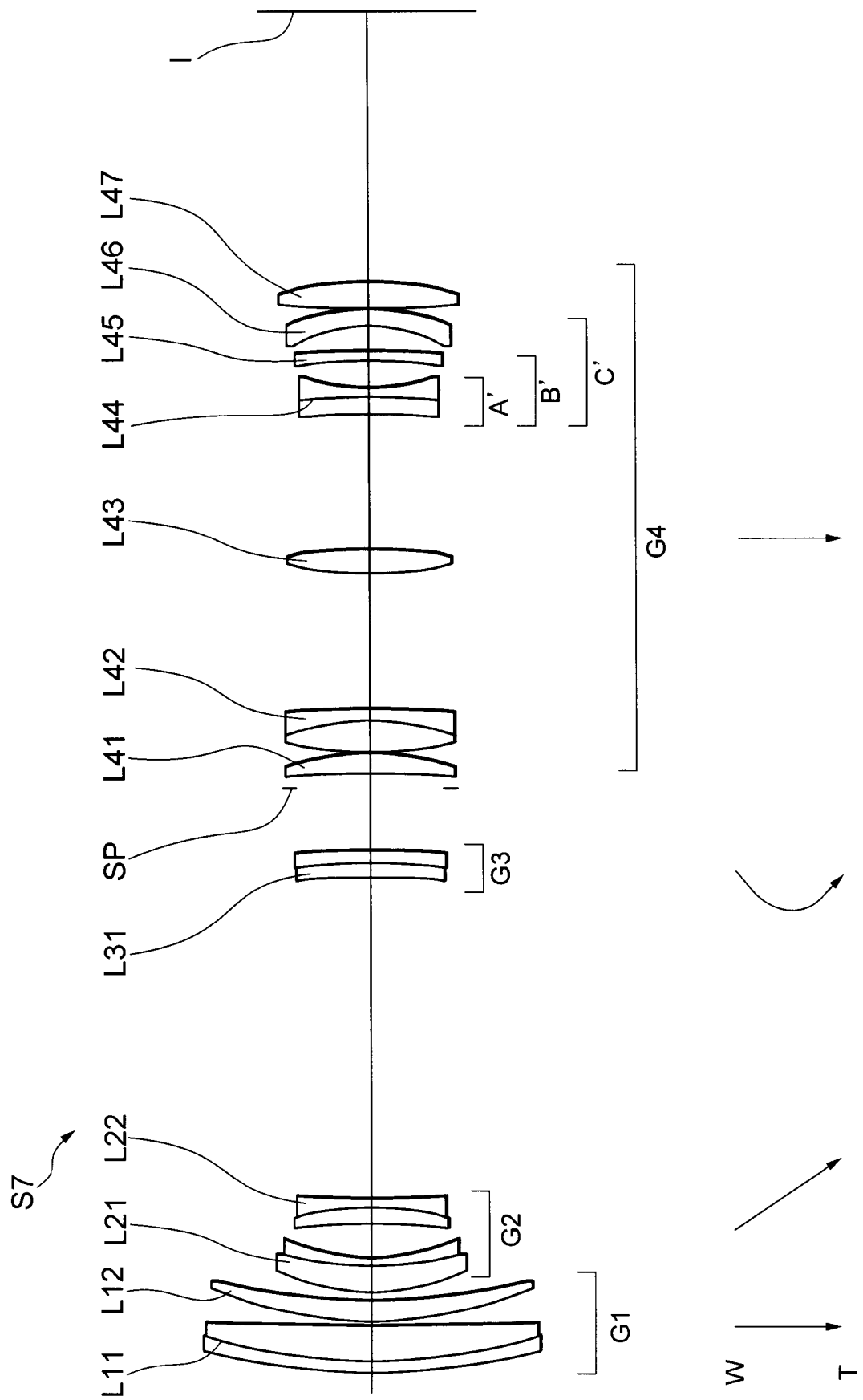
[図25]



[図26]



[図27]



[図28]

図 28A

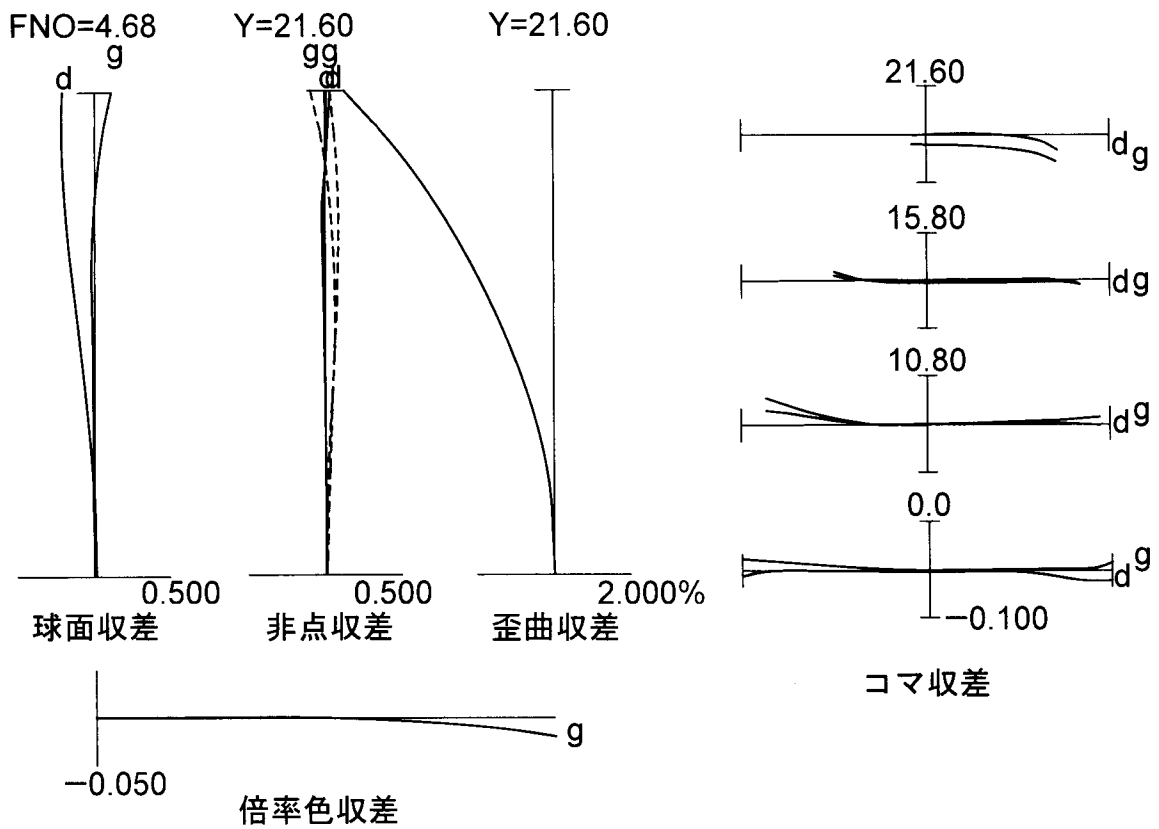
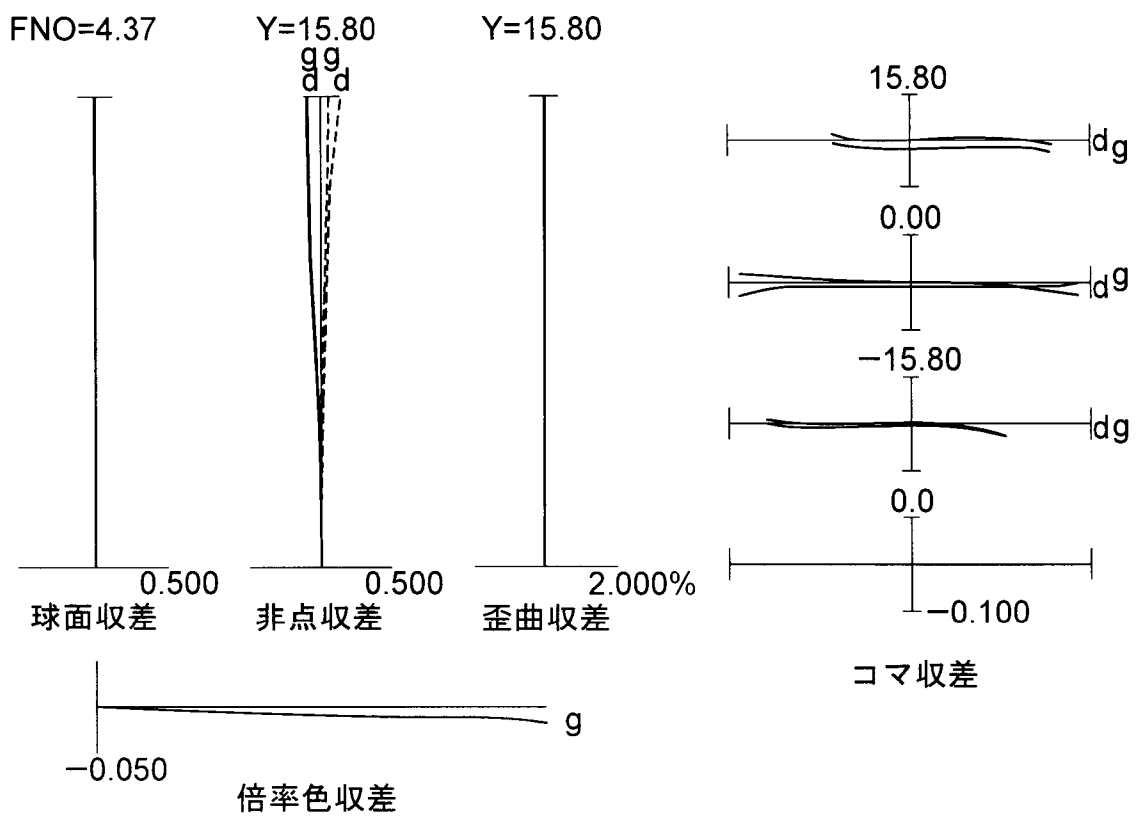


図 28B



[図29]

図 29A

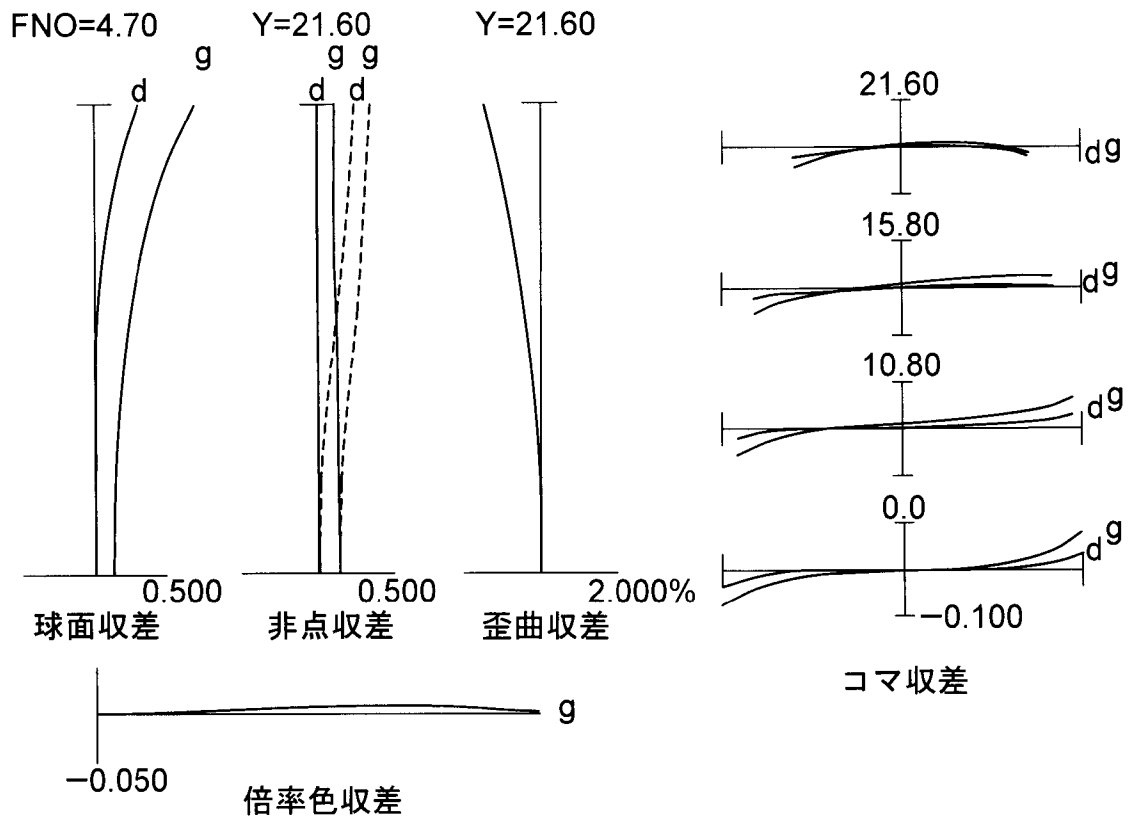
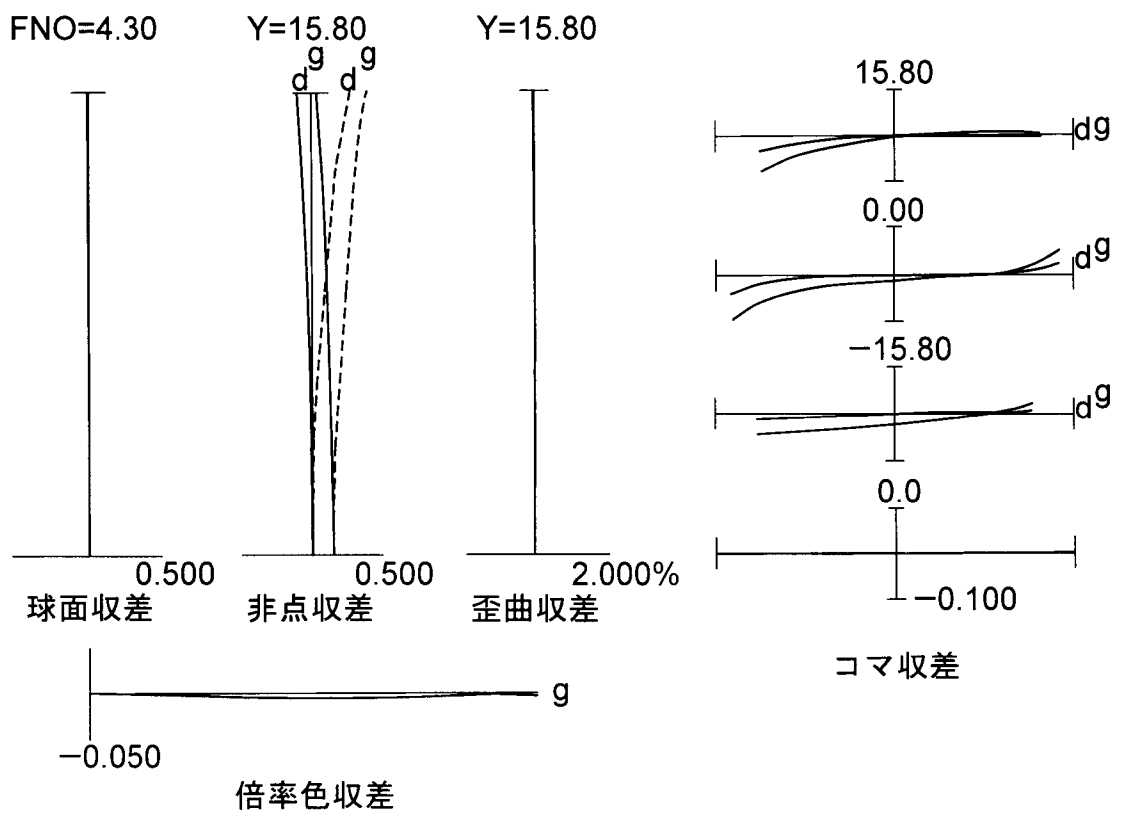


図 29B



[図30]

図 30A

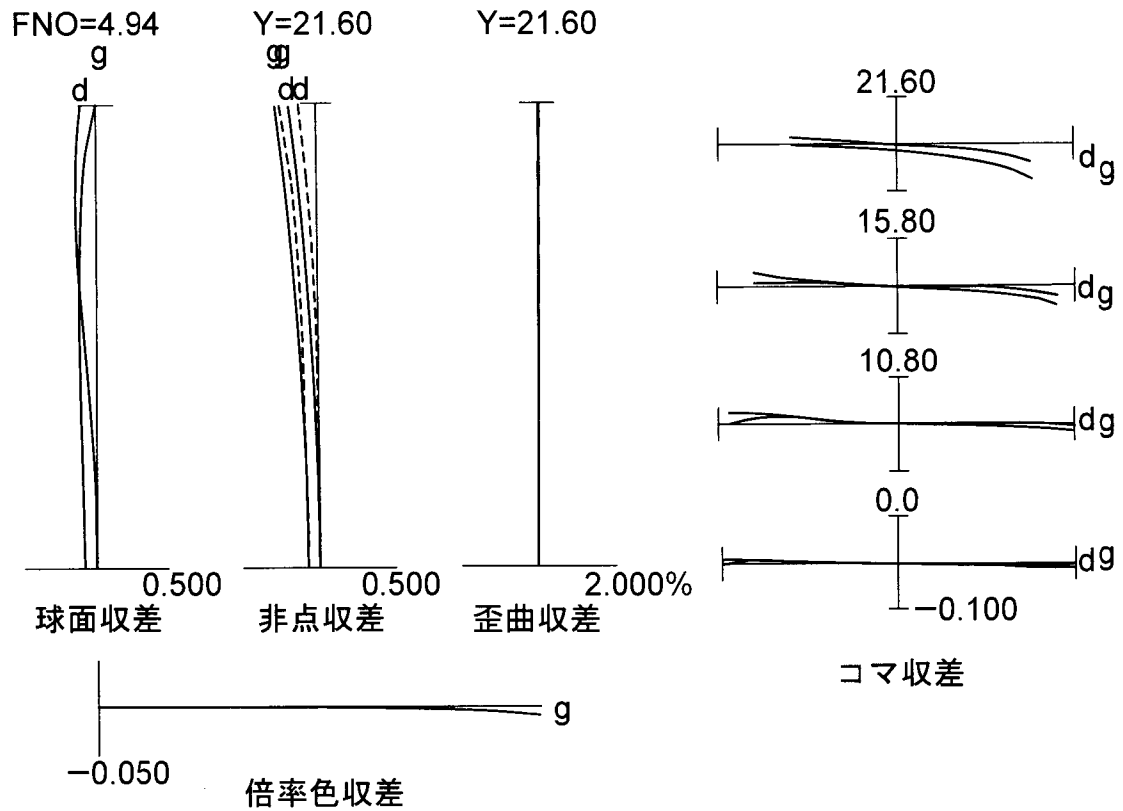
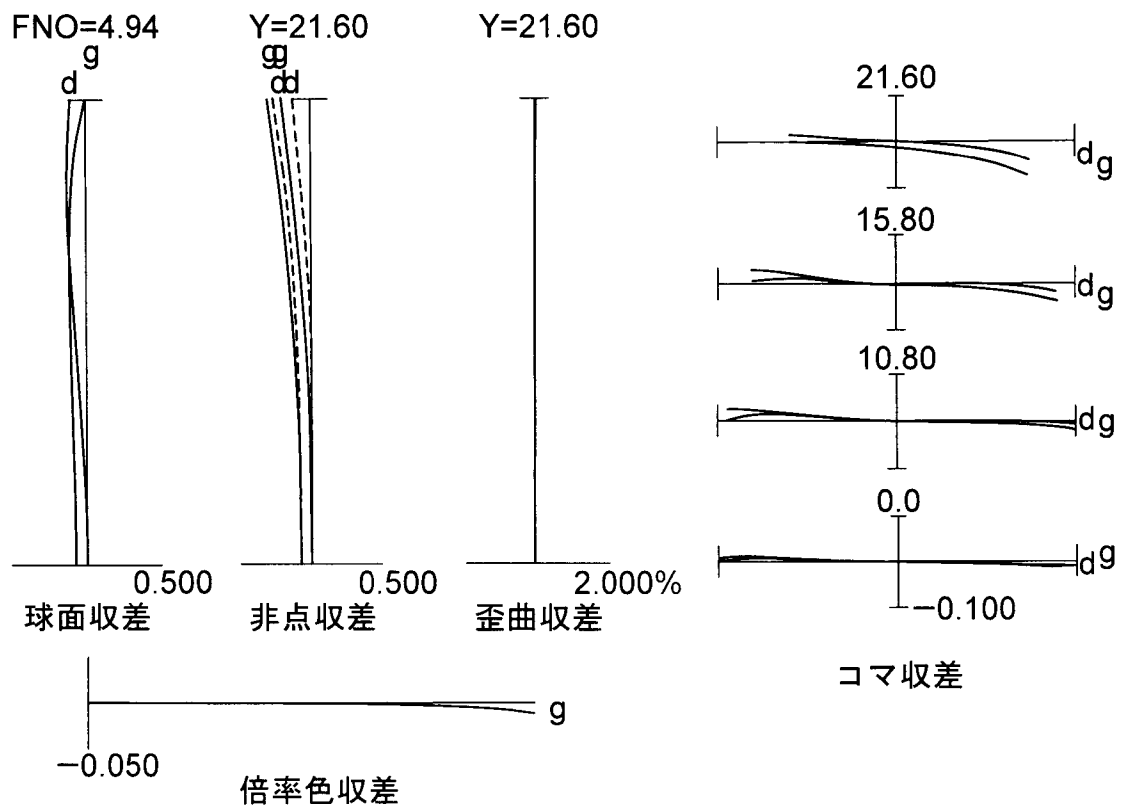
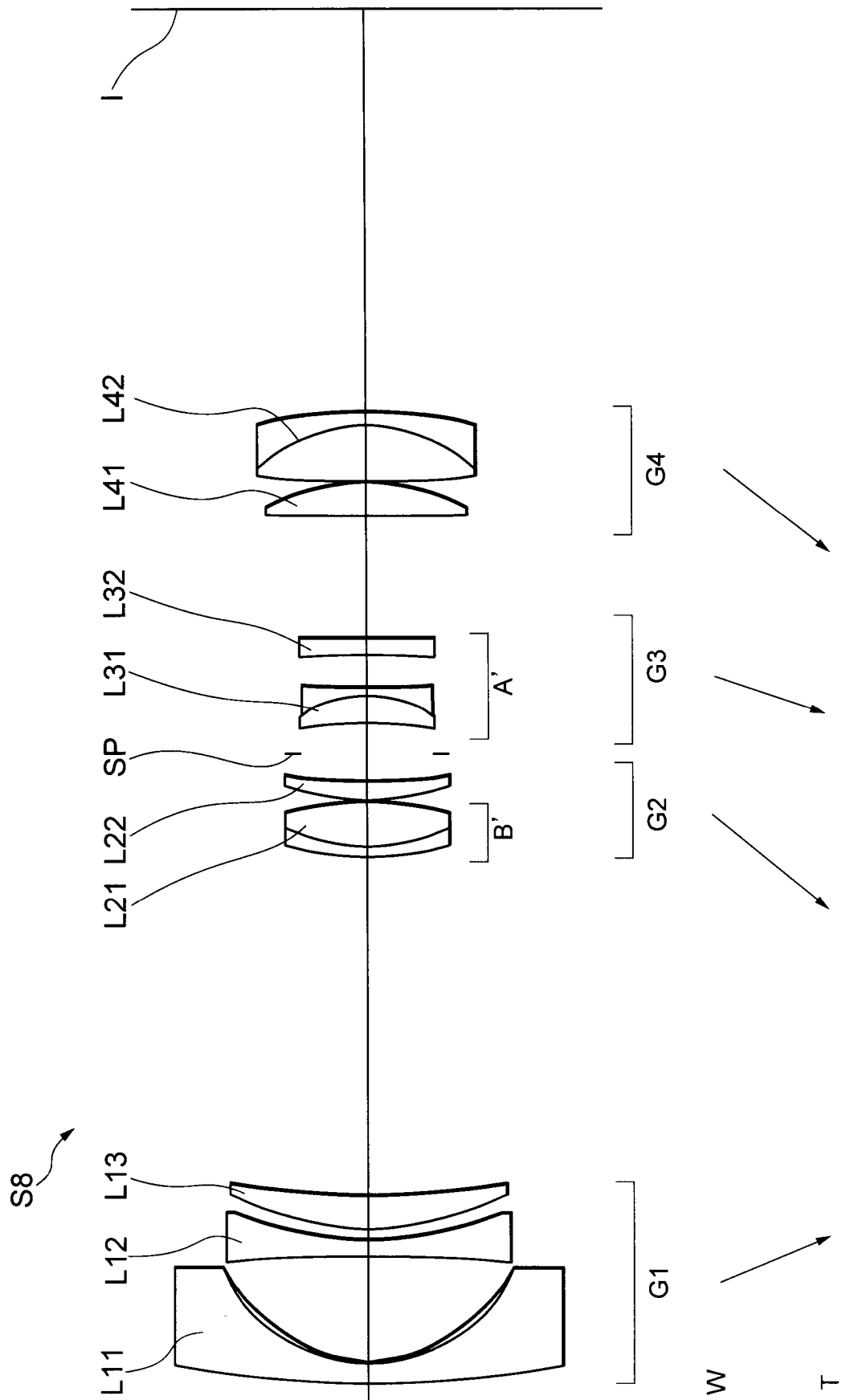


図 30B



[図31]



[図32]

図 32A

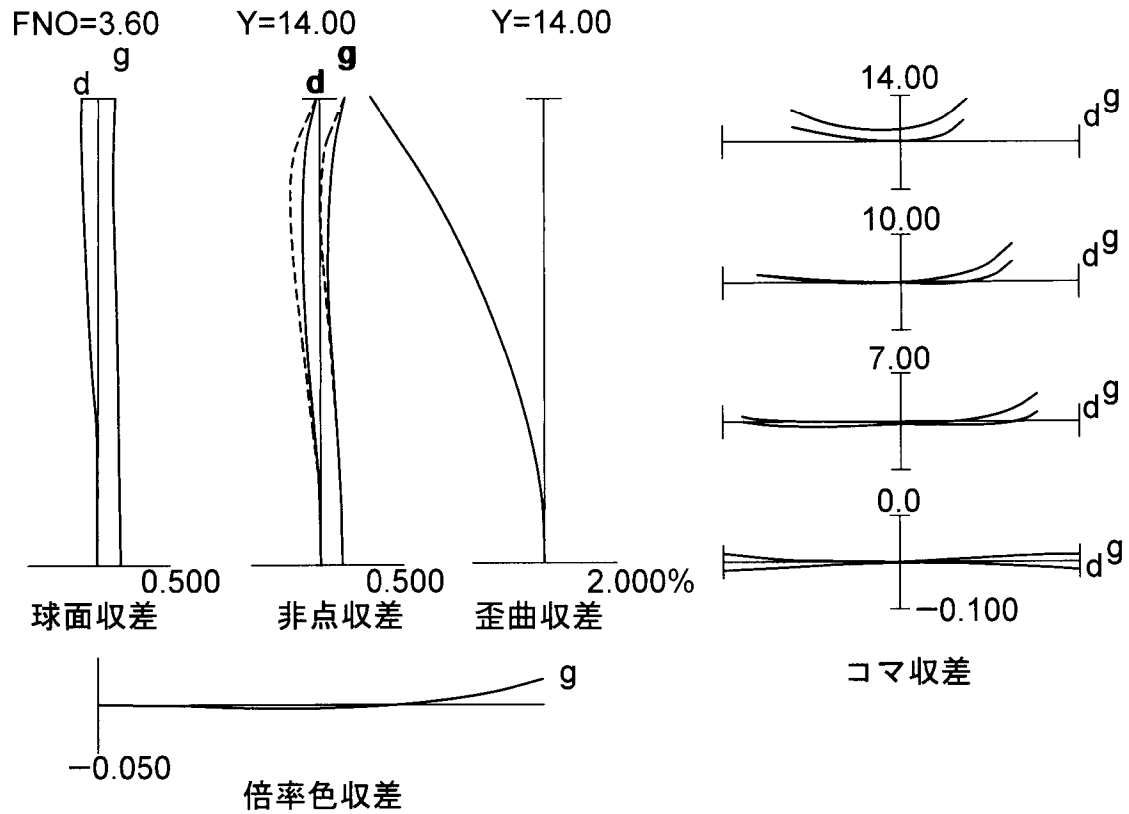
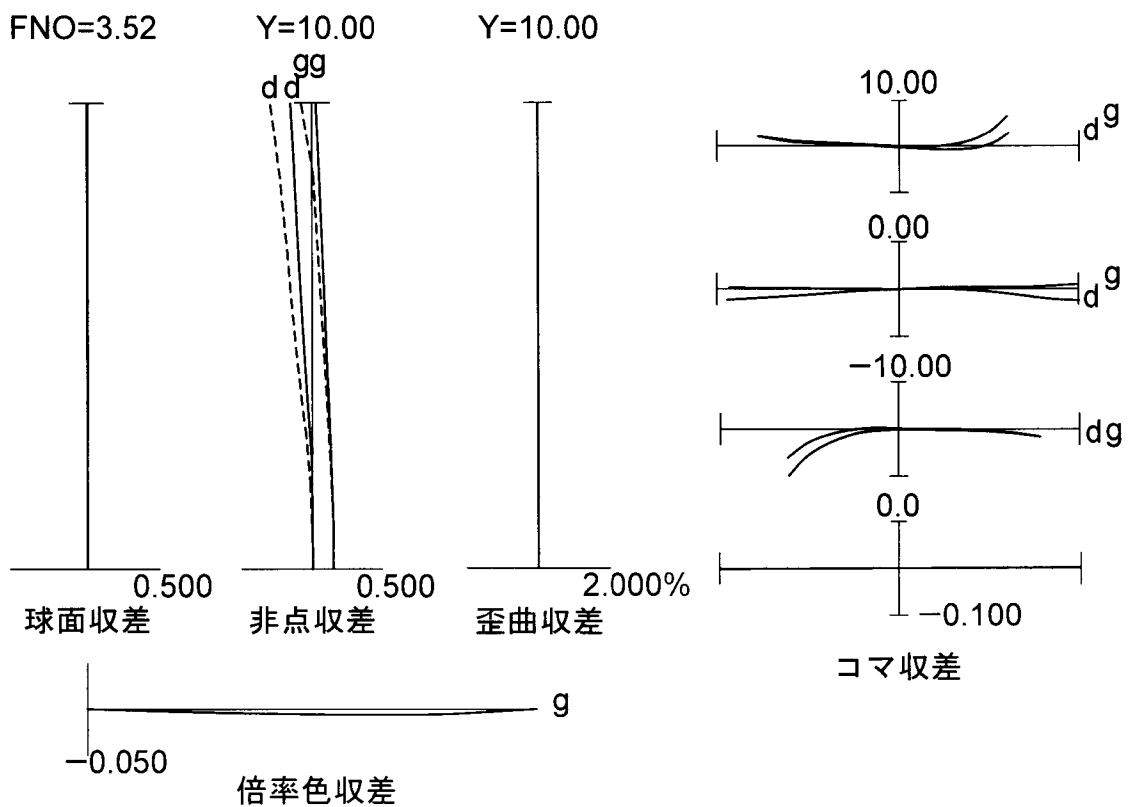


図 32B



[図33]

図 33A

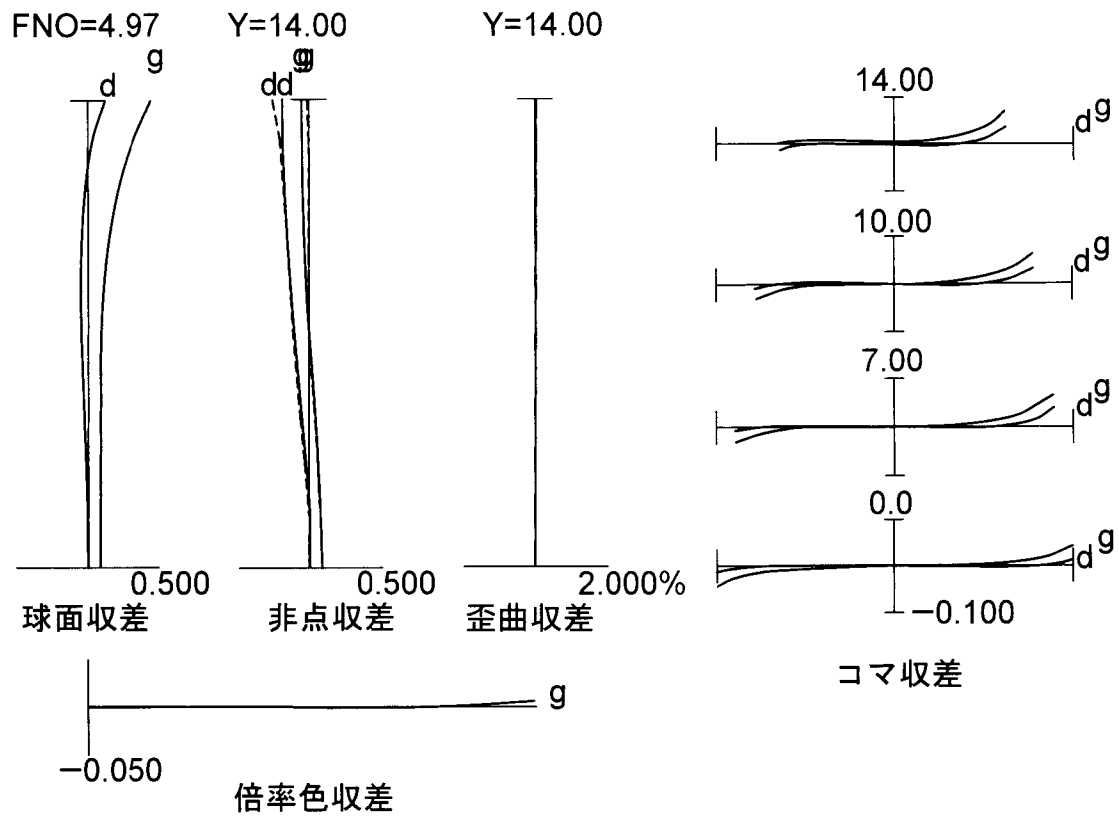
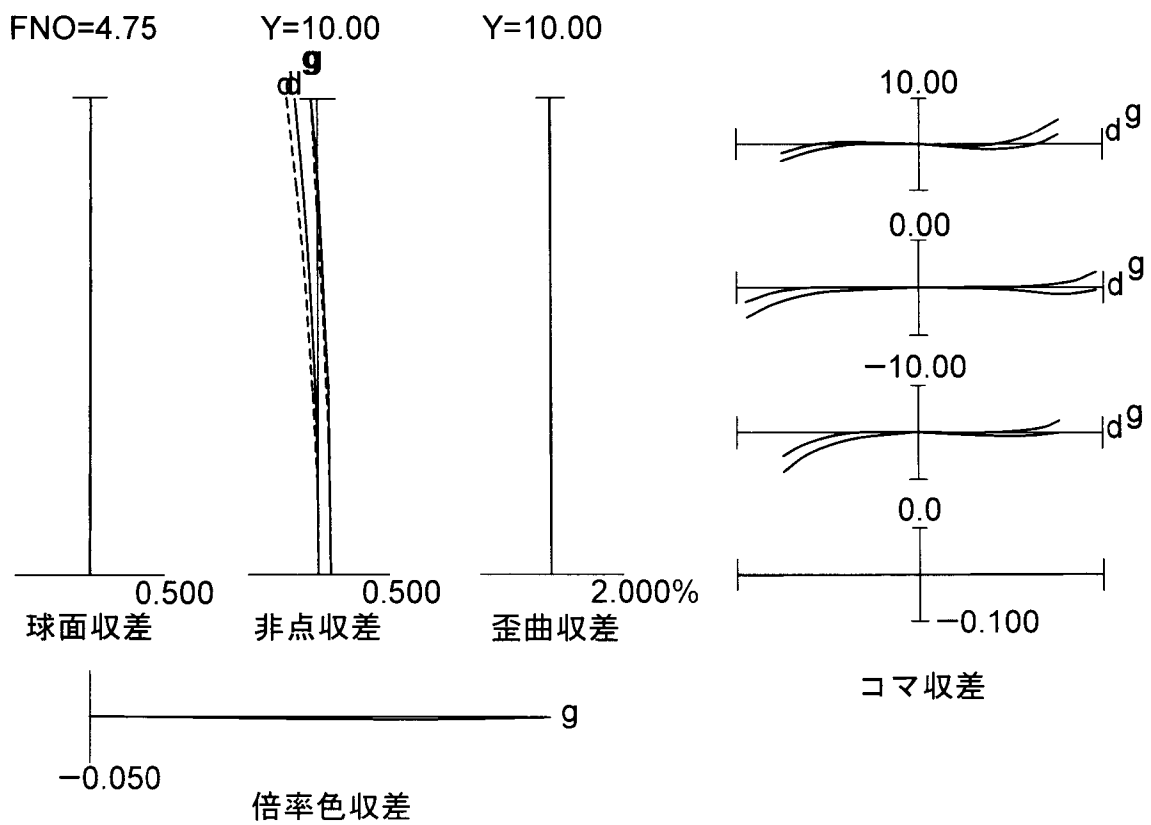


図 33B



[図34]

図 34A

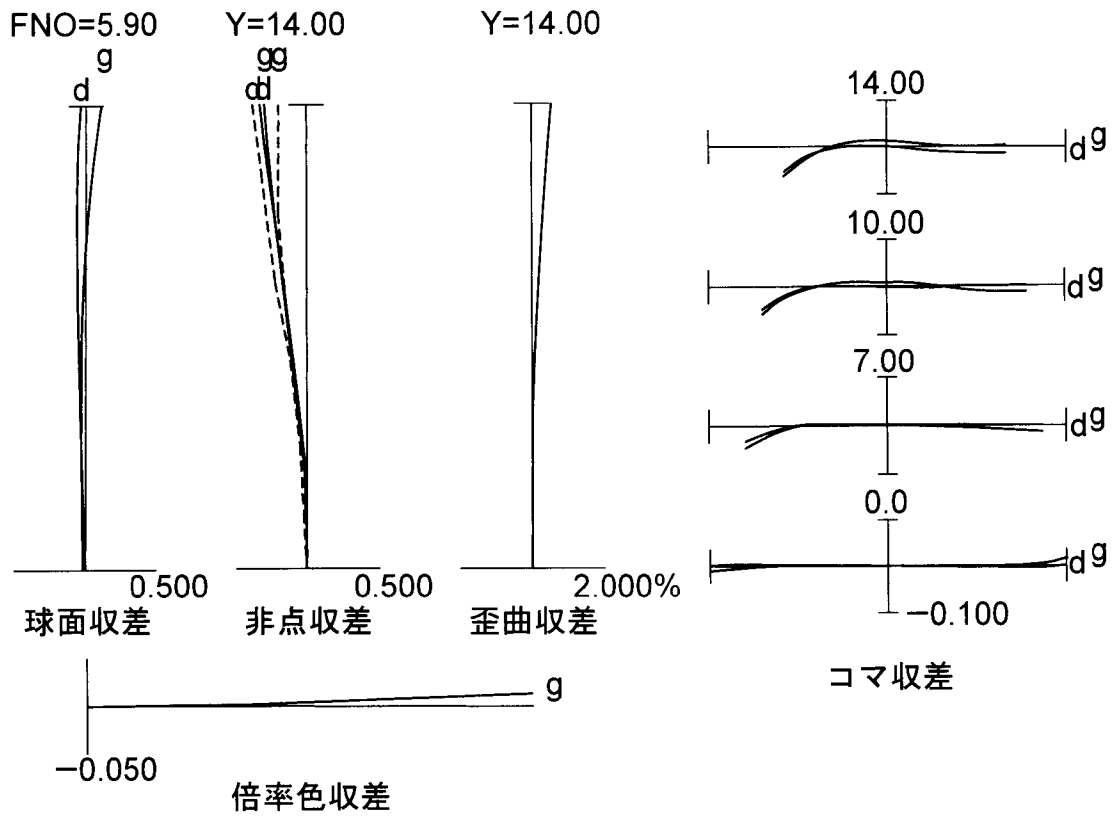
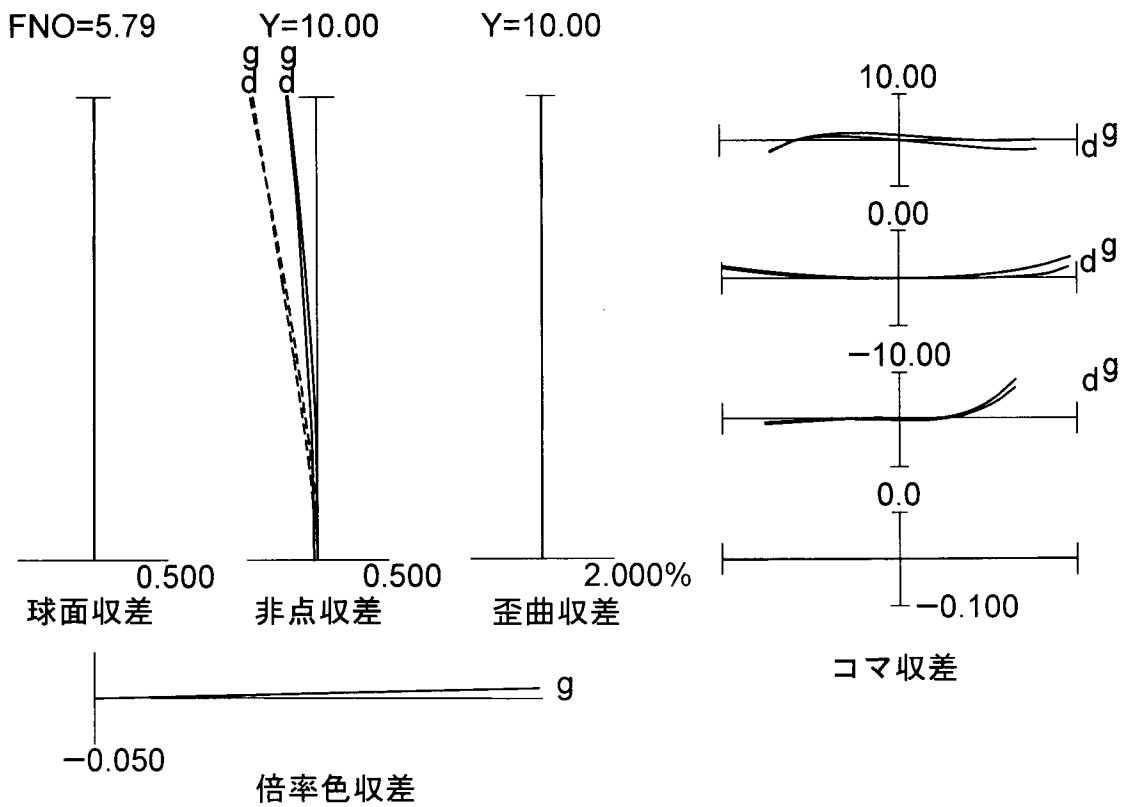
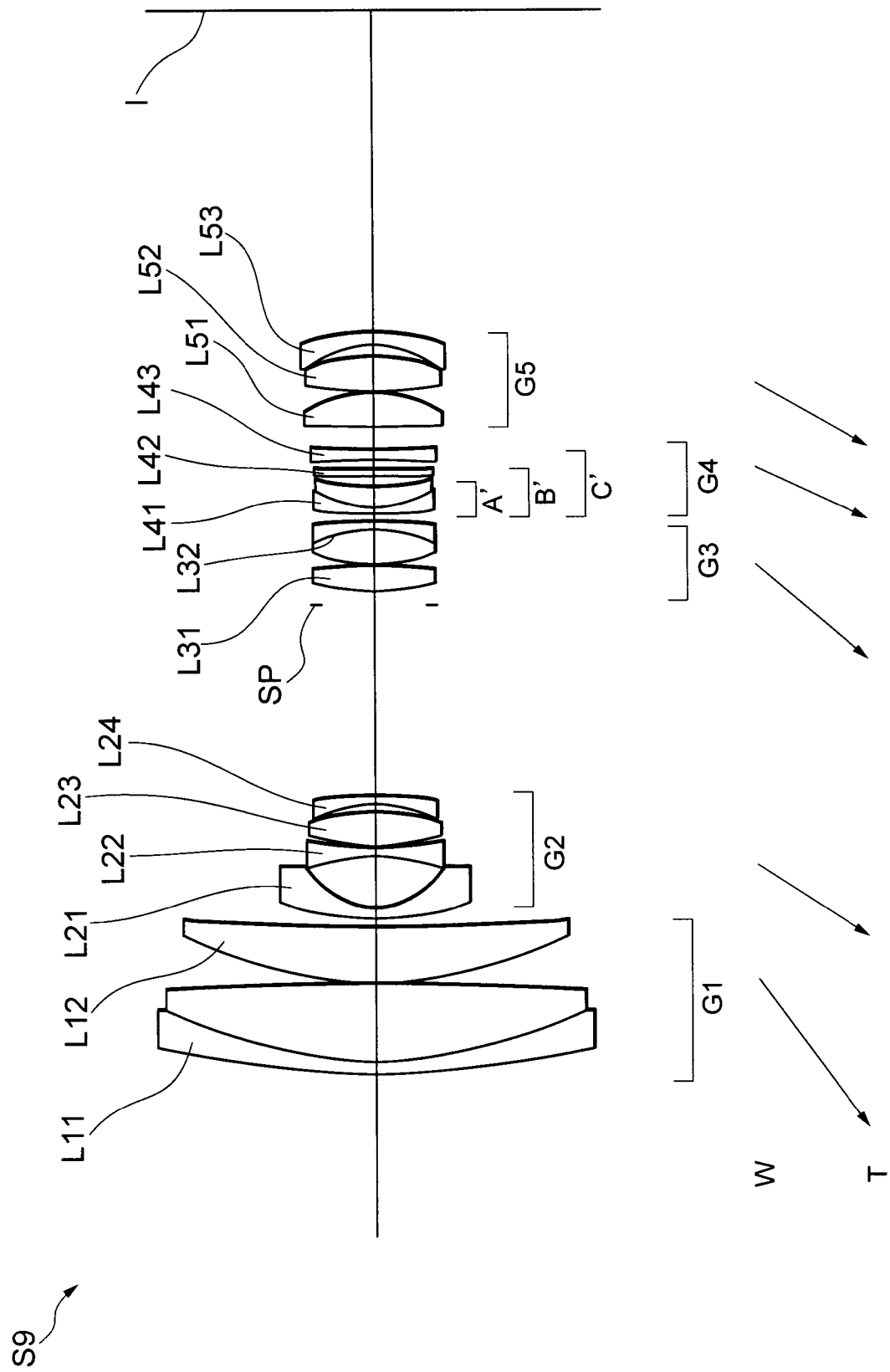


図 34B



[図35]



[図36]

図 36A

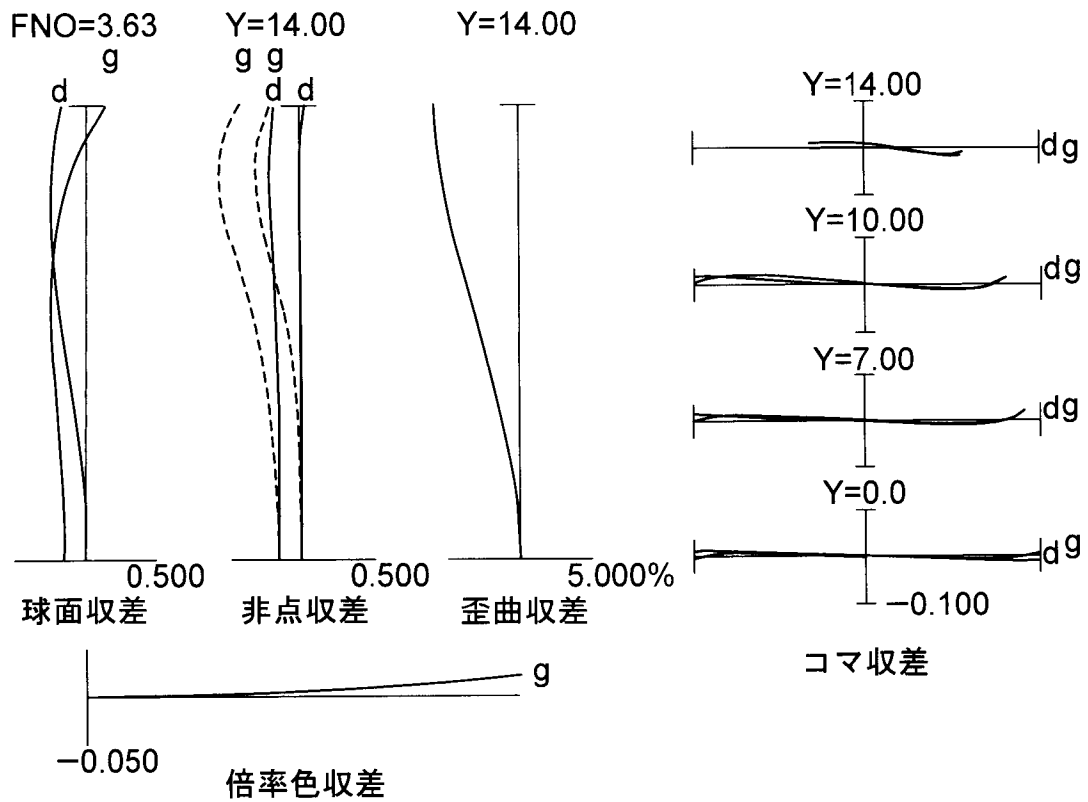
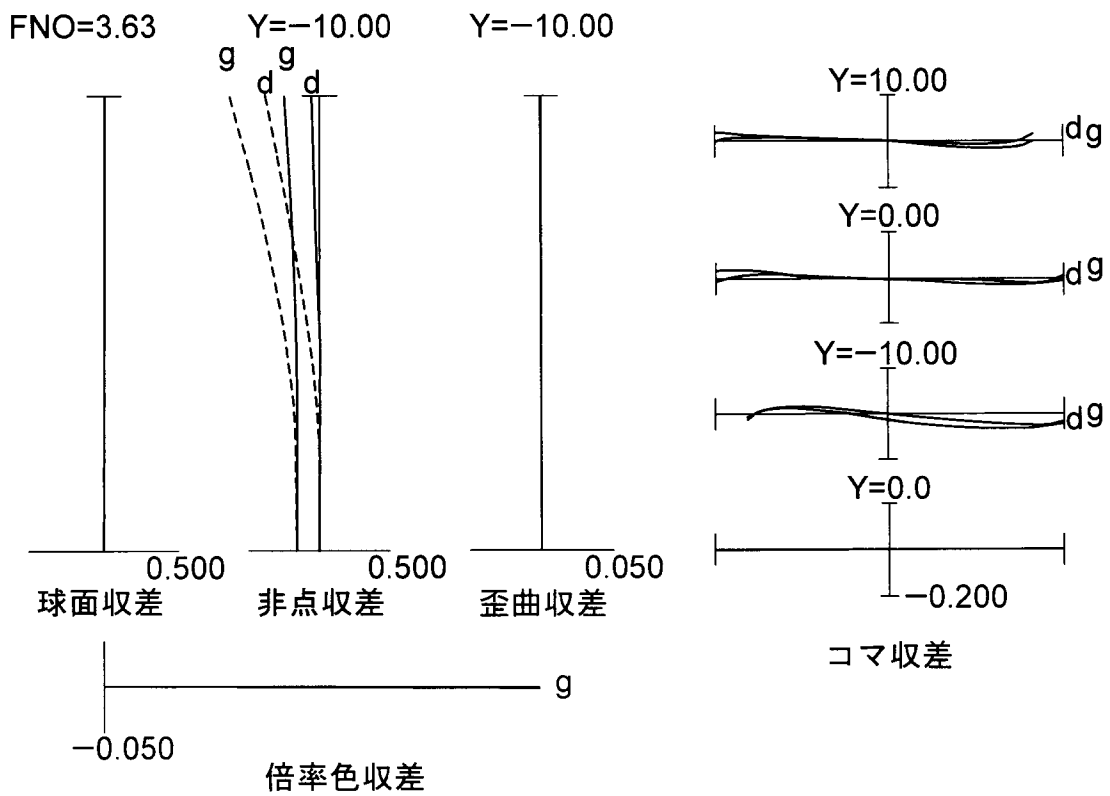


図 36B



[図37]

図 37A

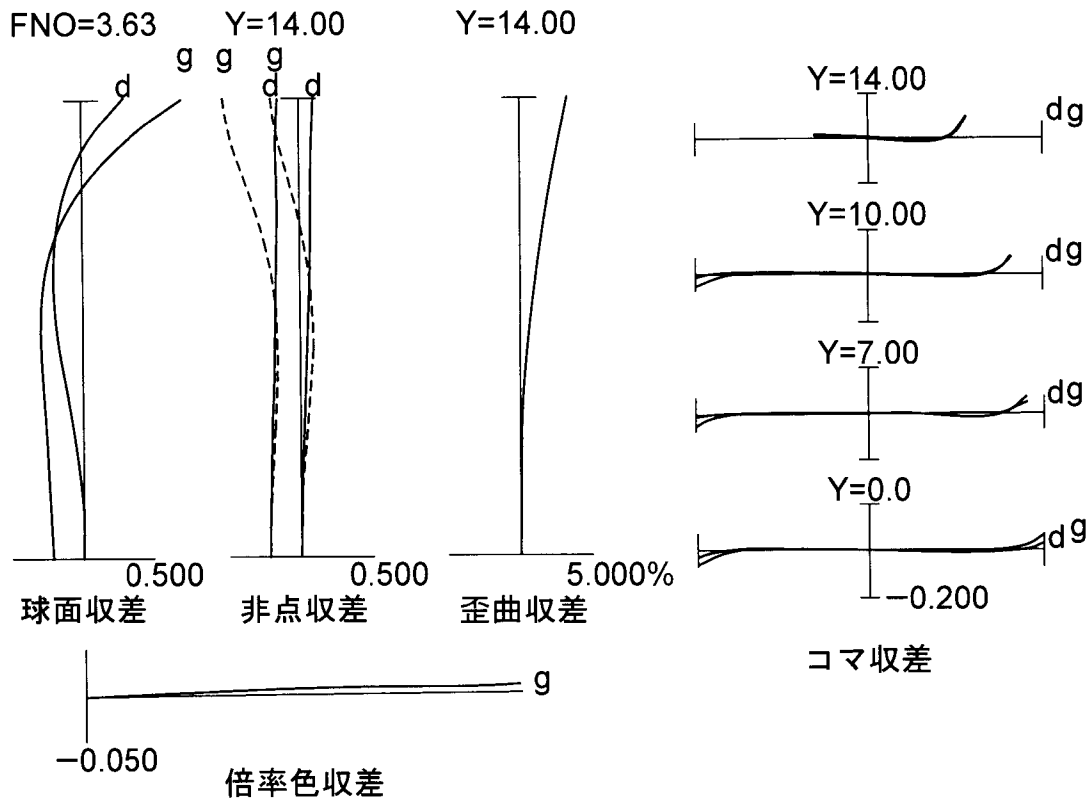
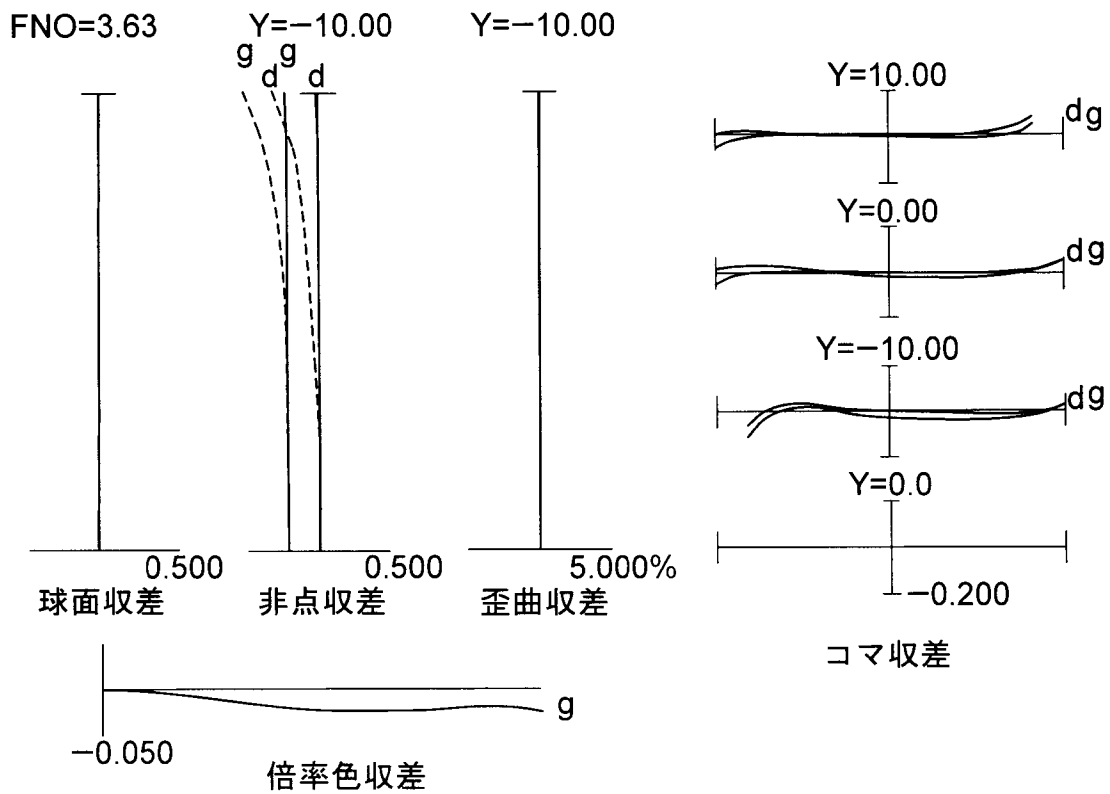
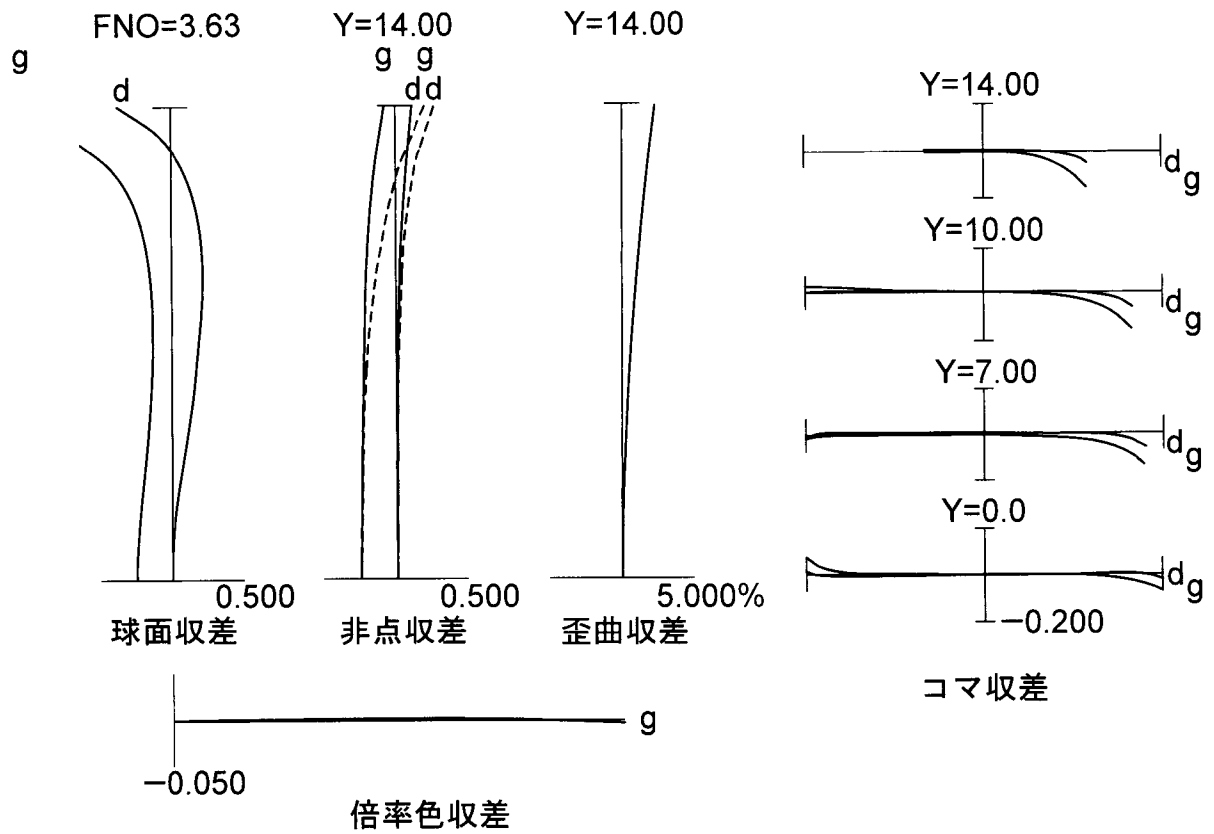


図 37B

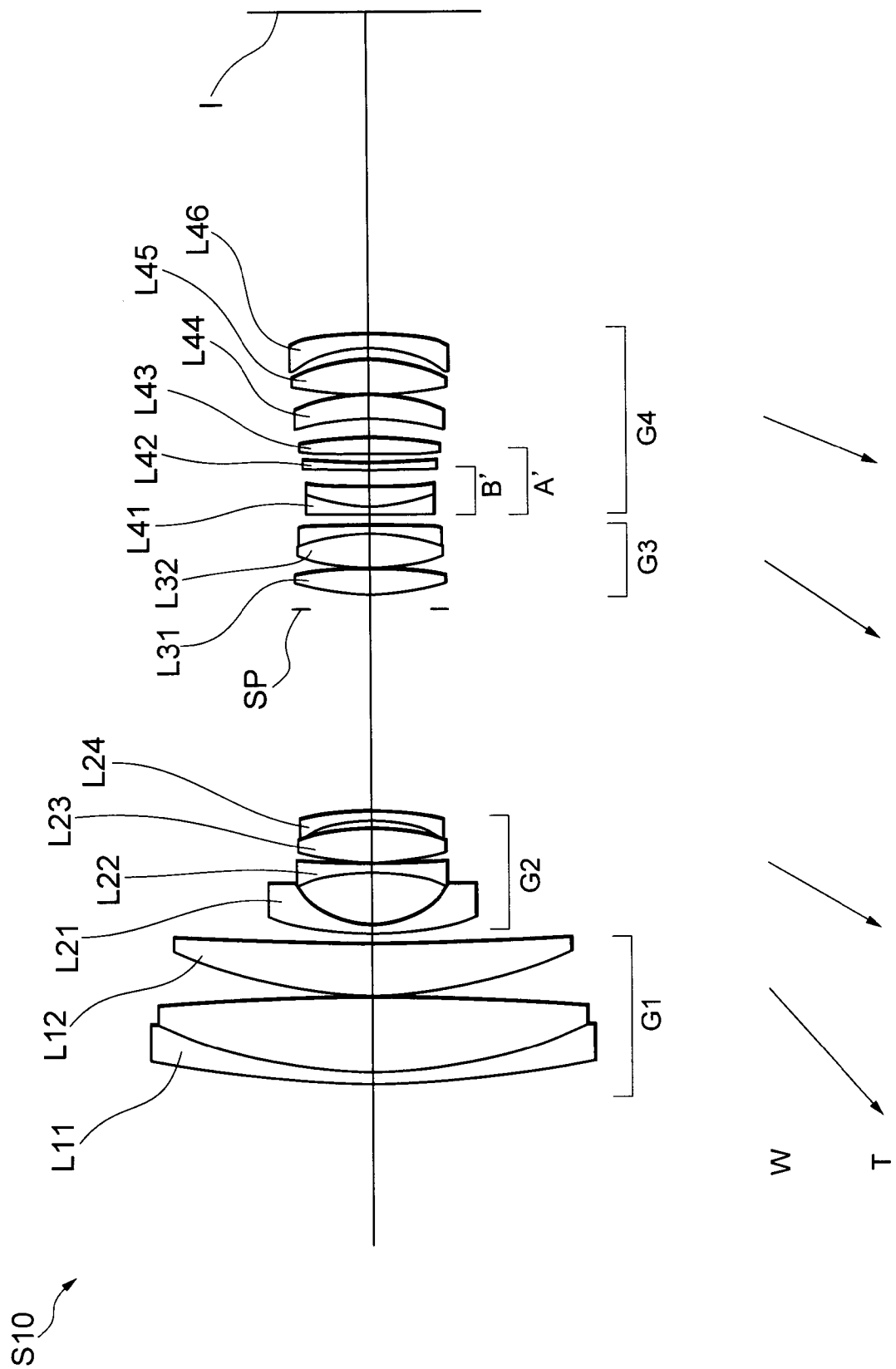


[図38]

図 38A



[図39]



[図40]

図 40A

FNO=3.63

Y=14.00

Y=14.00

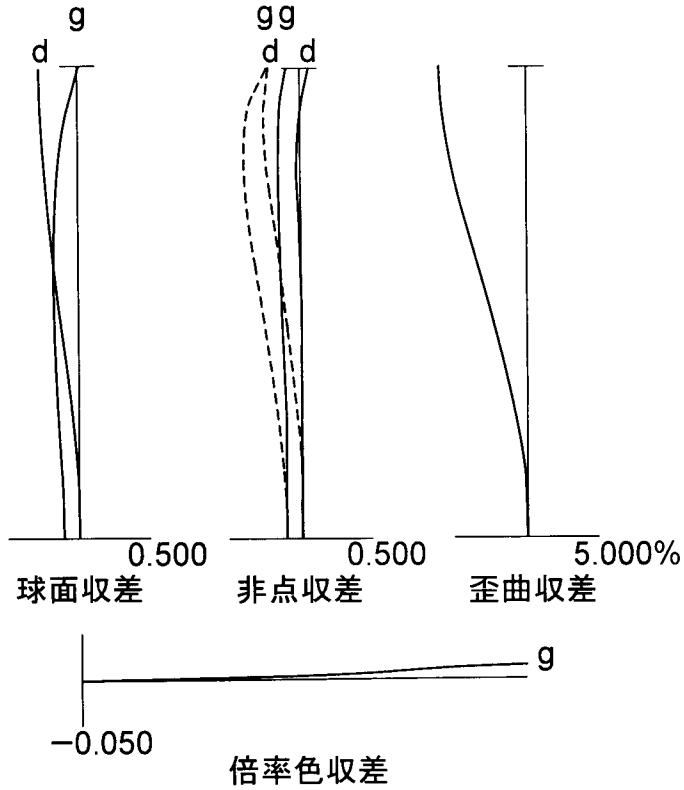
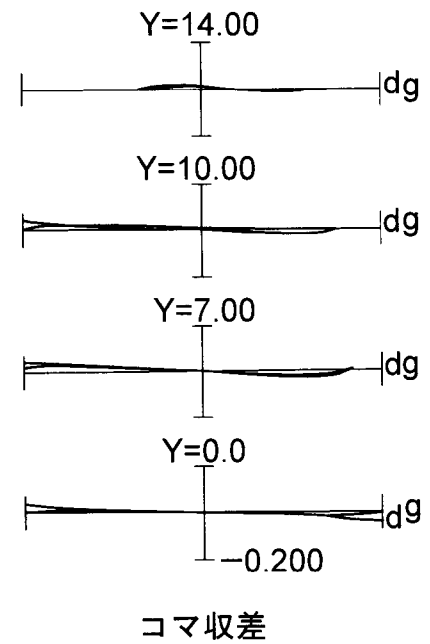


図 40B

FNO=3.63

Y=-10.00

Y=-10.00

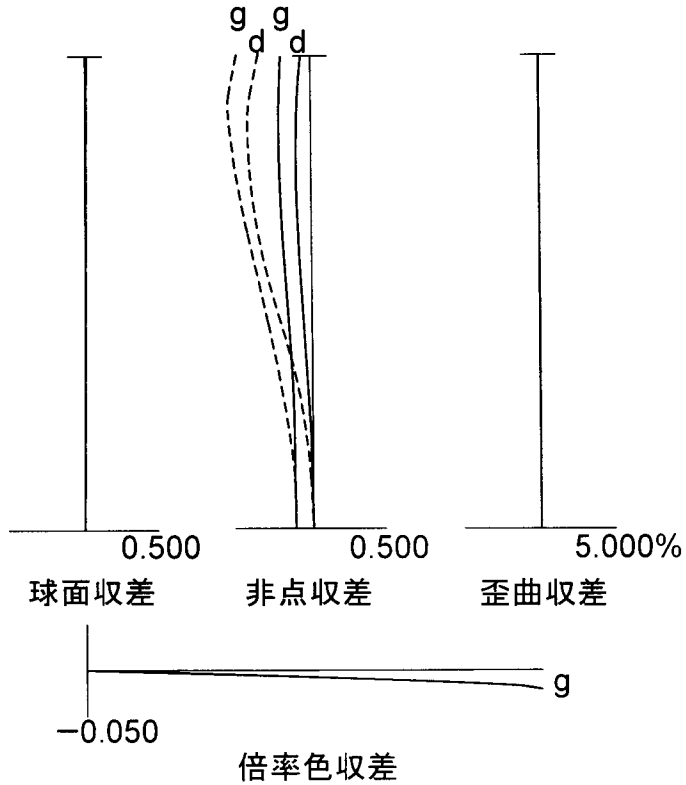
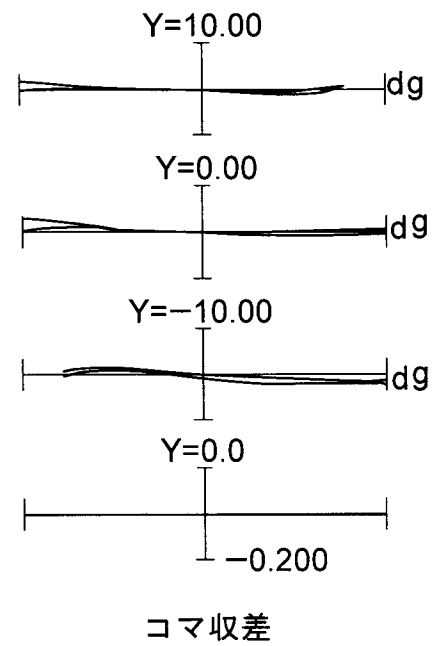
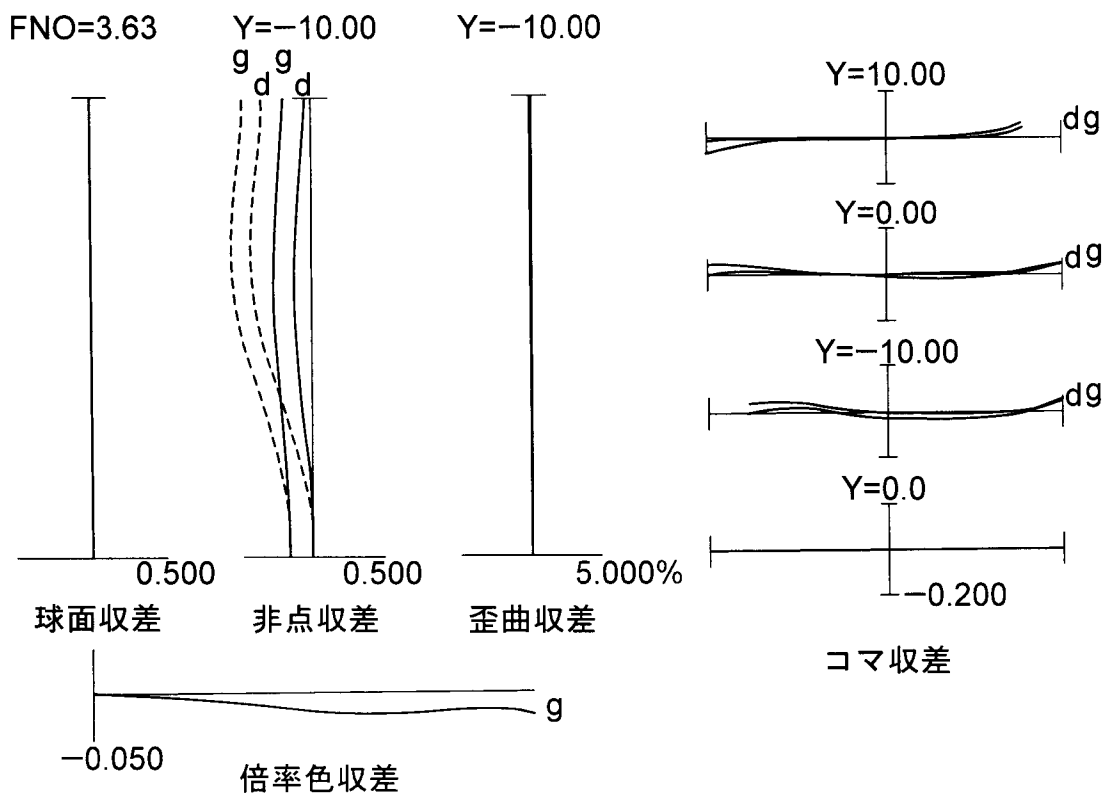


図 41A



[図42]

図 42A

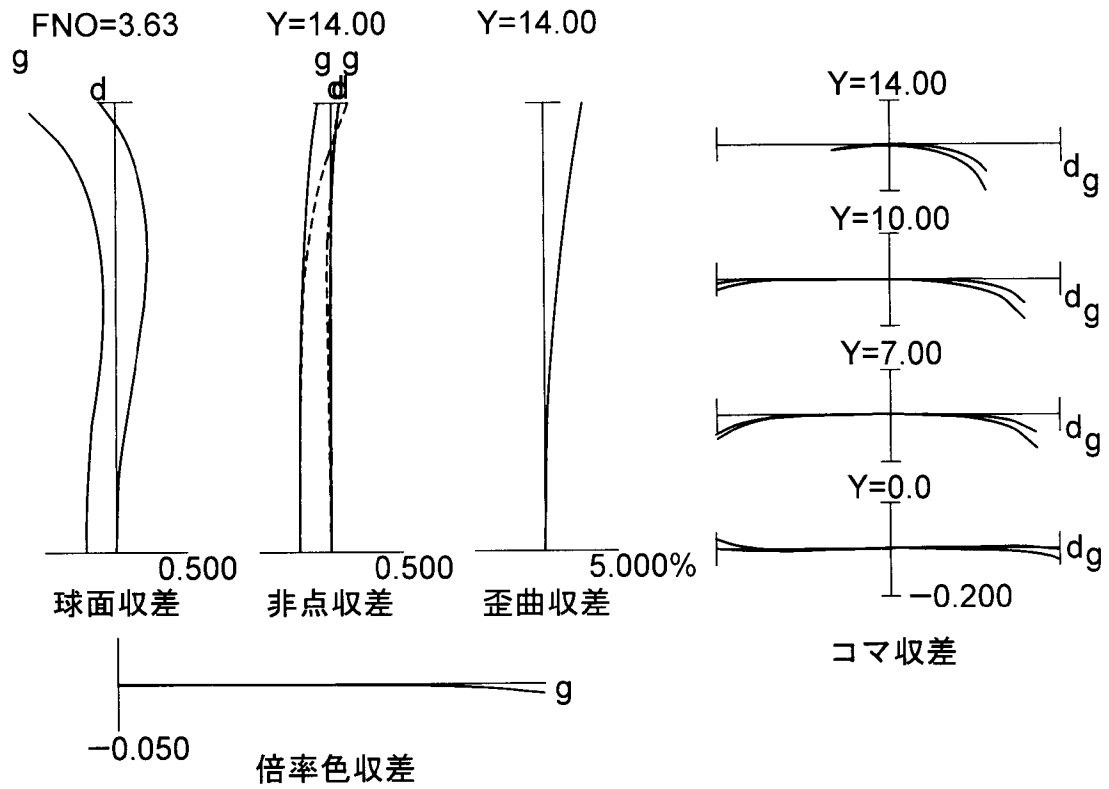
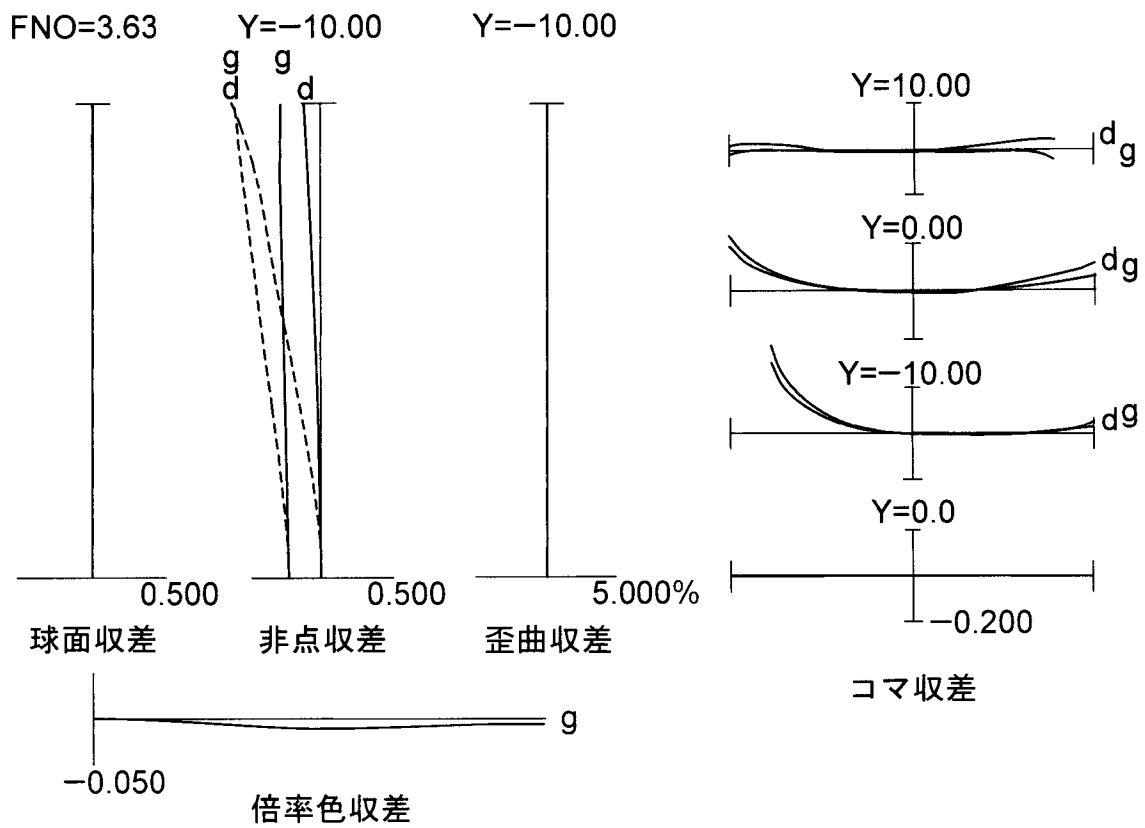
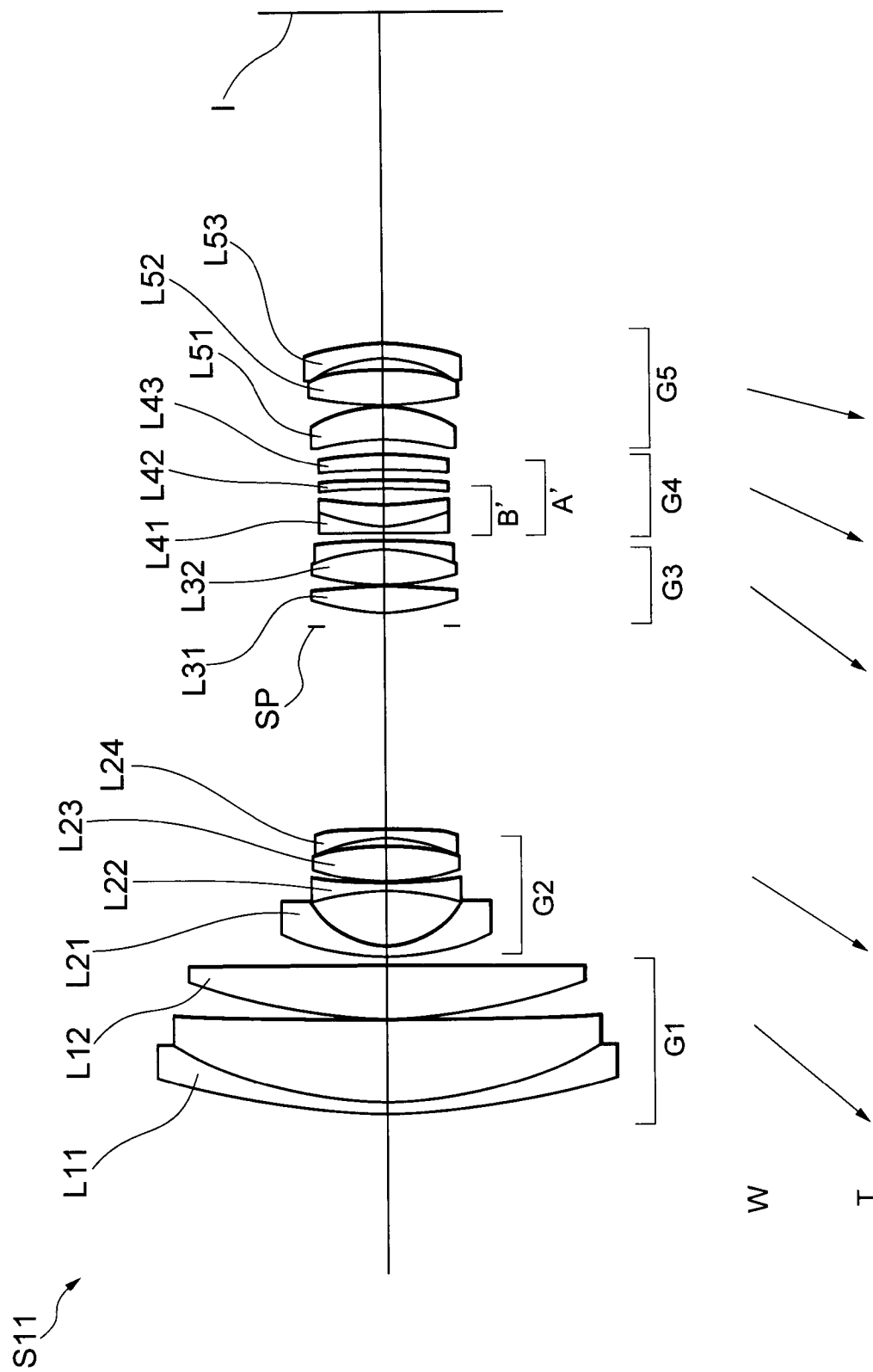


図 42B



[図43]



[図44]

図 44A

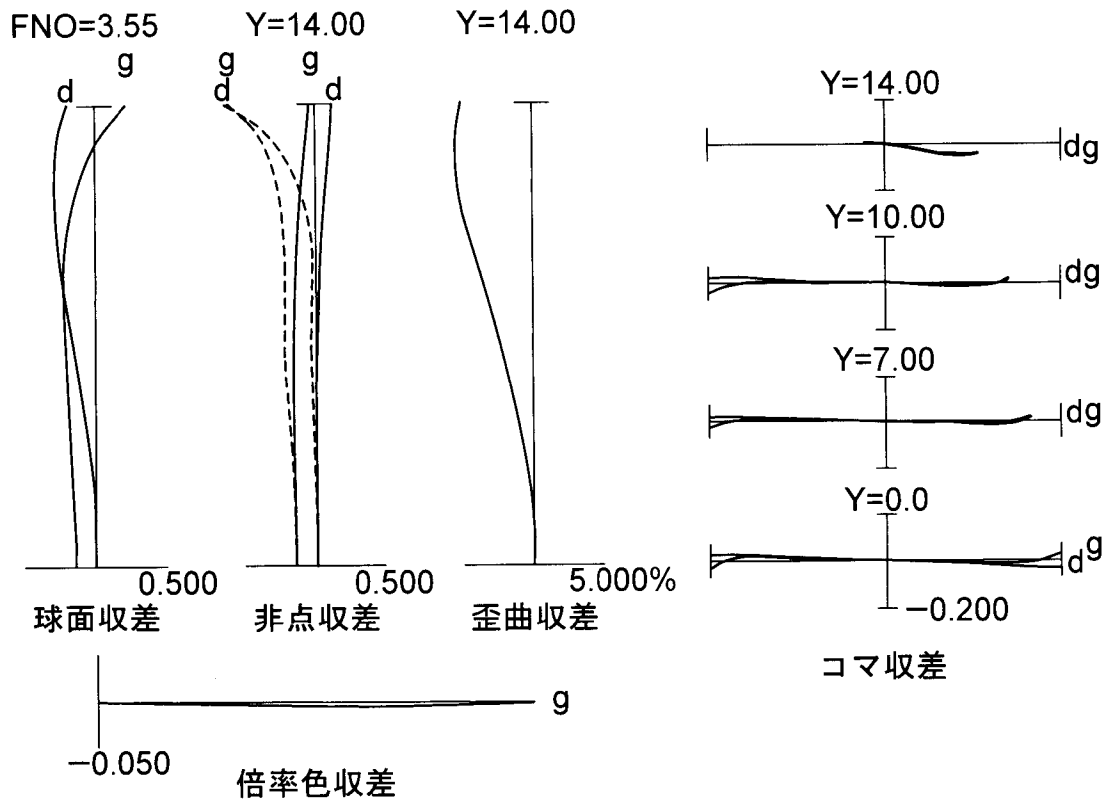
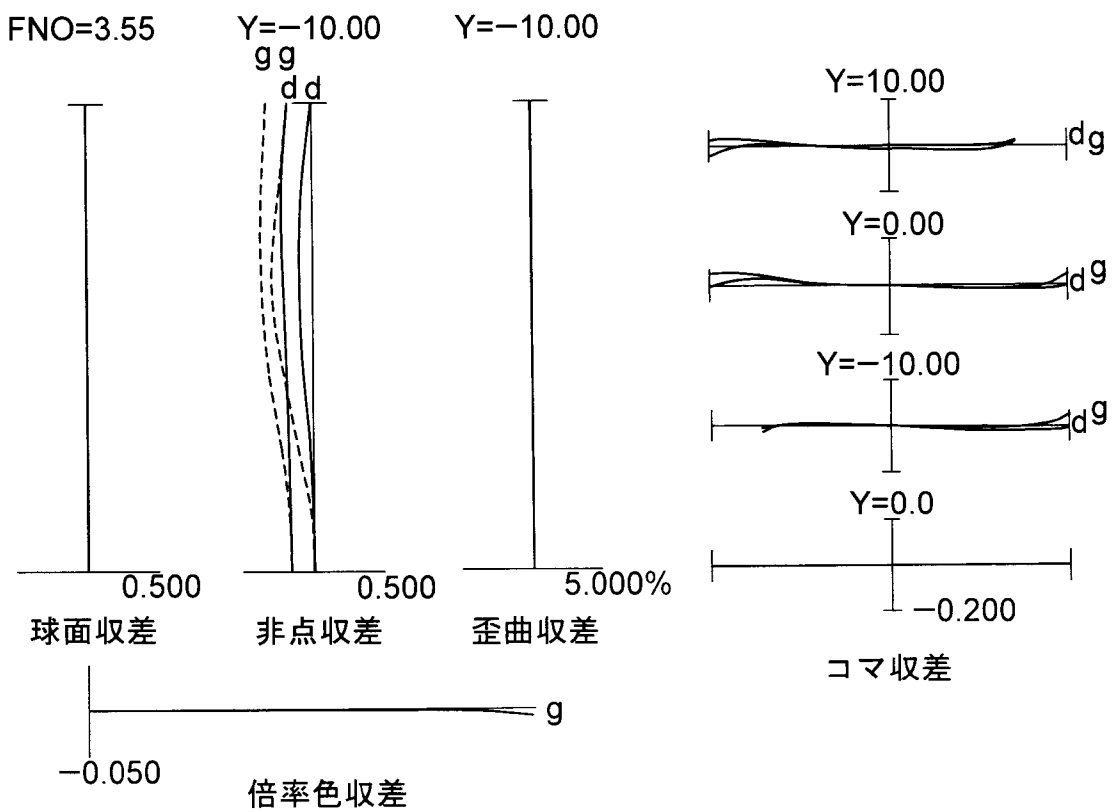


図 44B



[図45]

図 45A

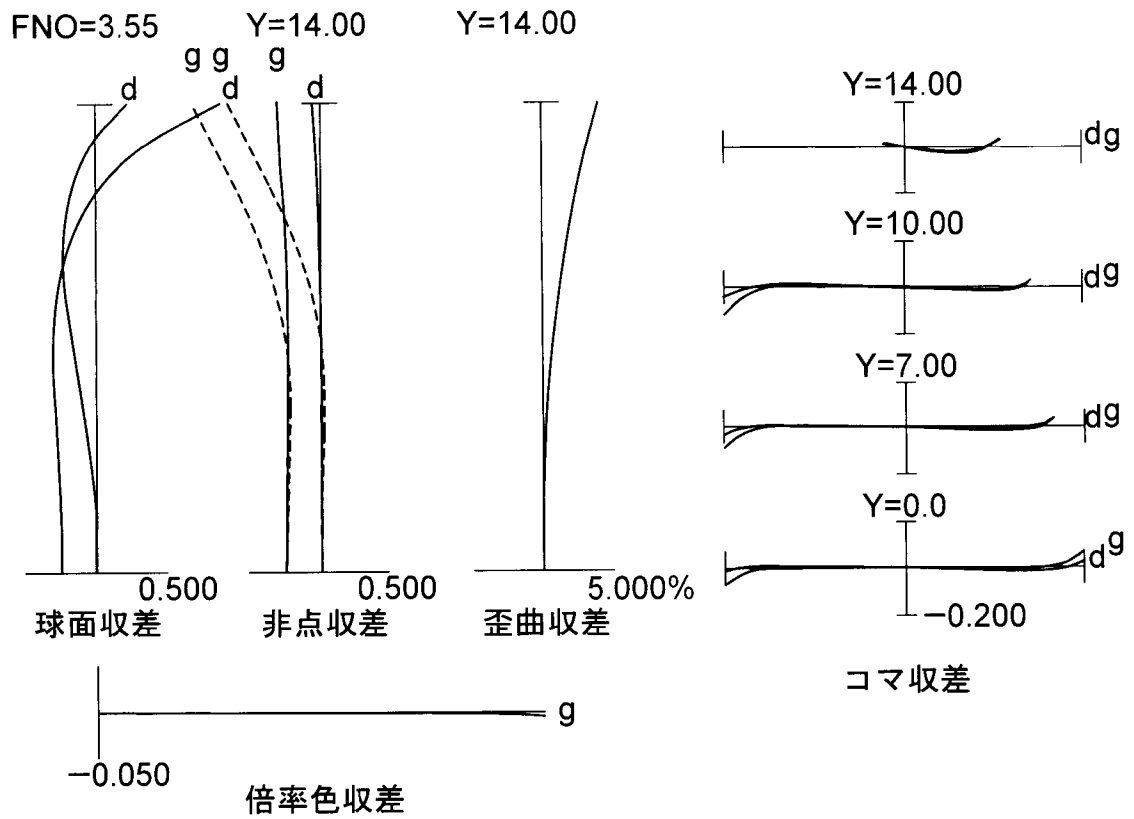
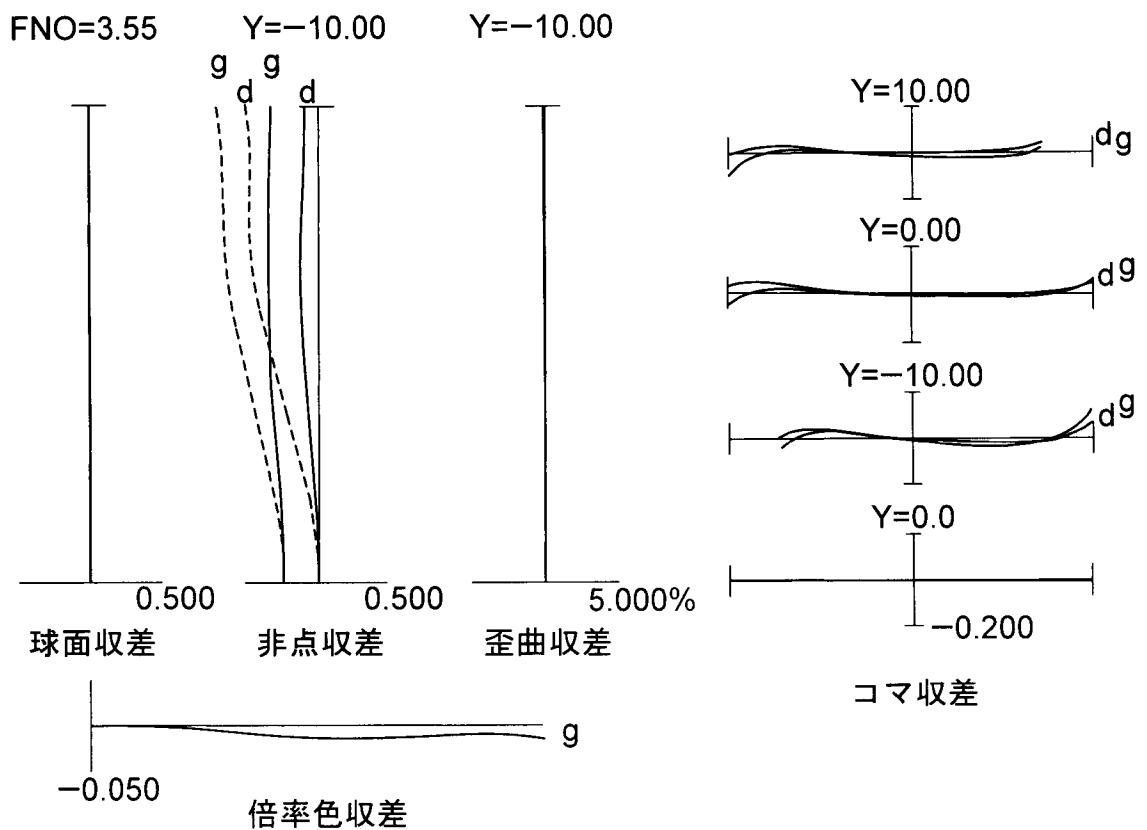


図 45B



[図46]

図 46A

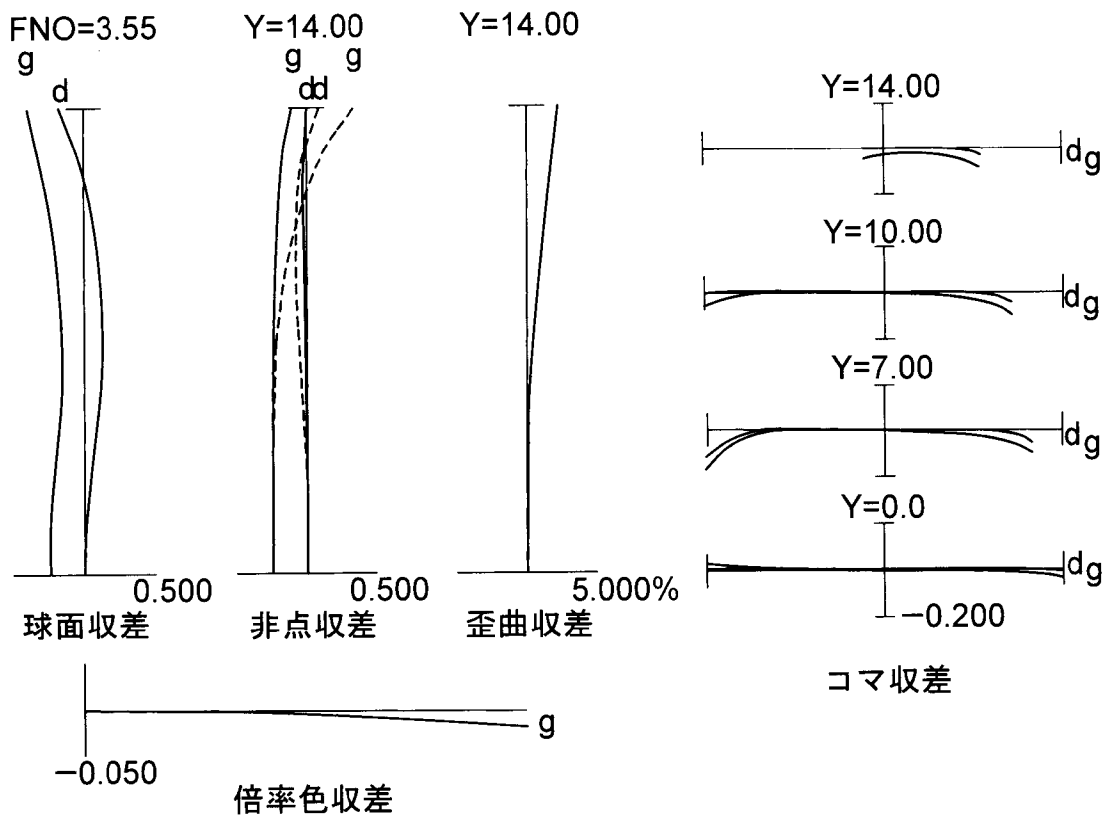
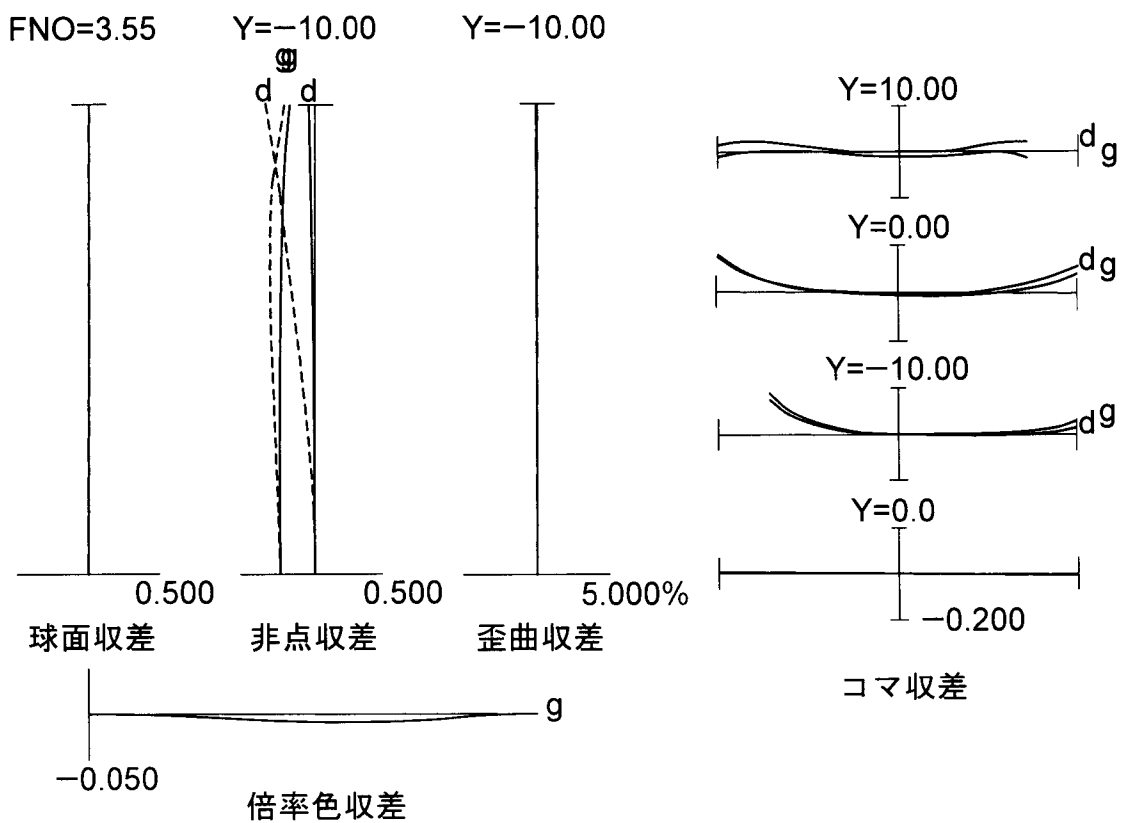
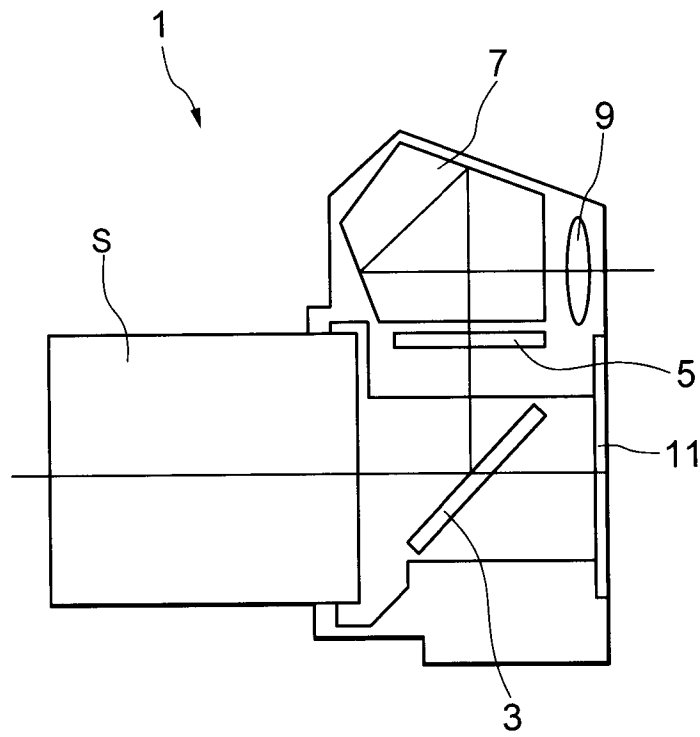


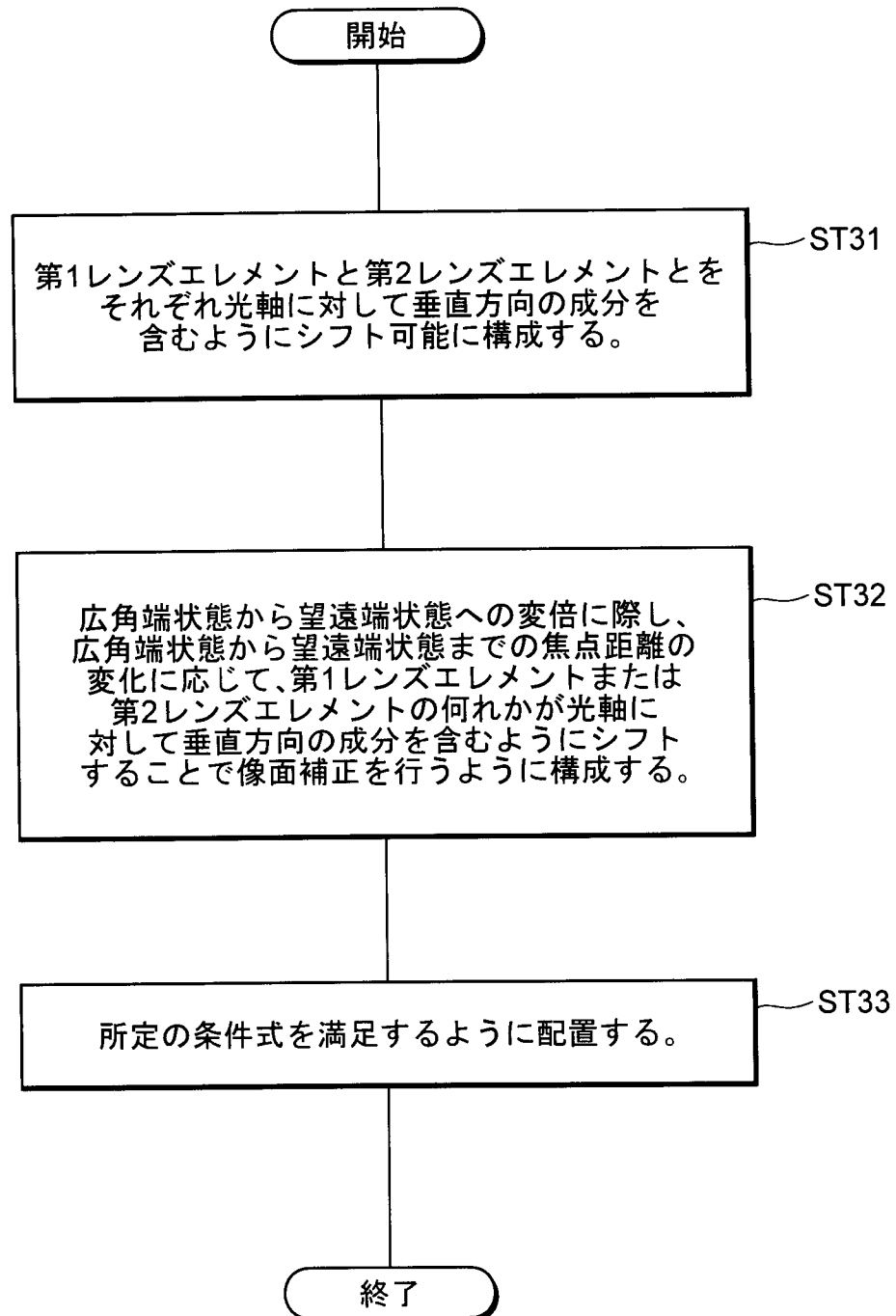
図 46B



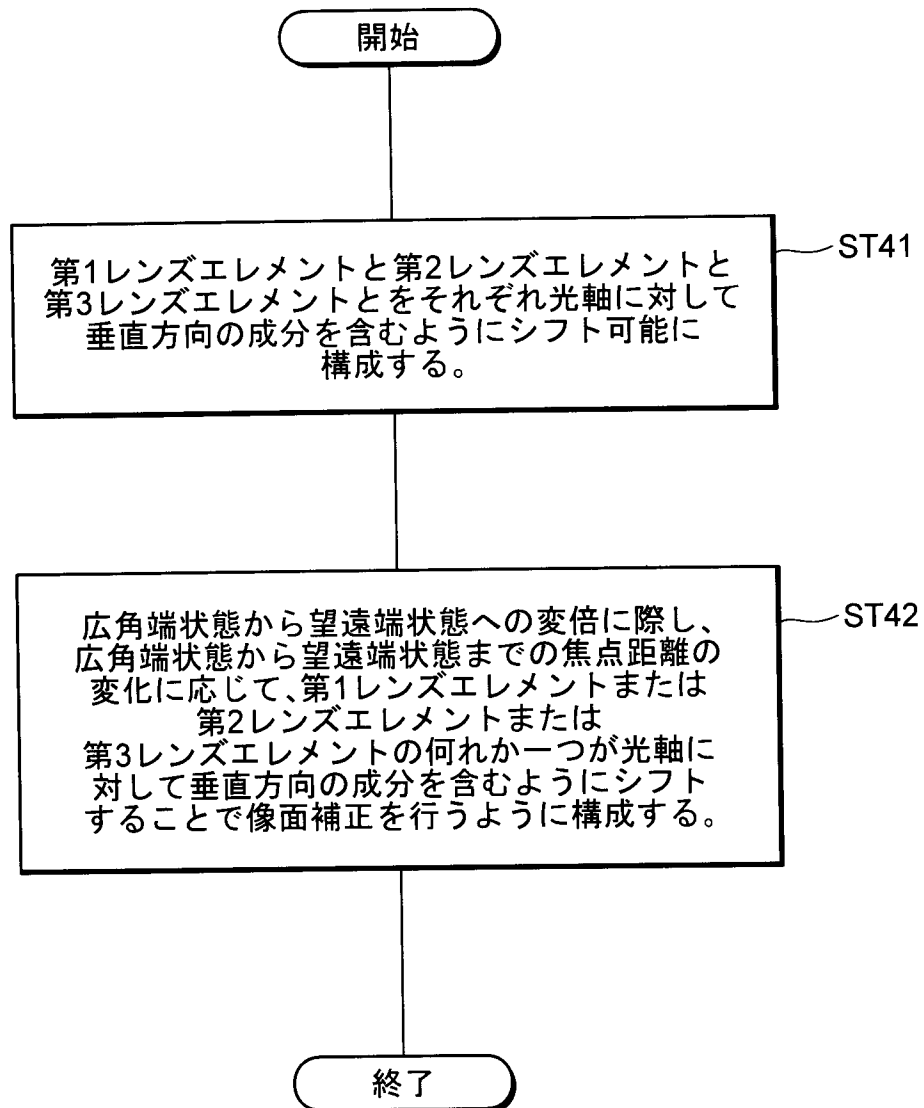
[図47]



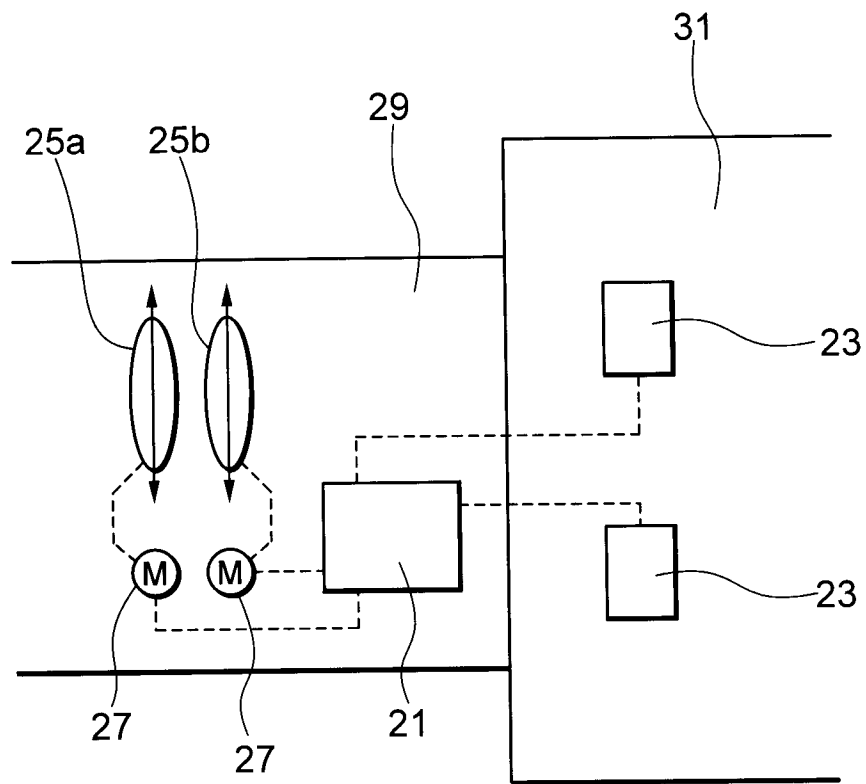
[図48]



[図49]



[図50]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078871

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20(2006.01) i, G02B15/167(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, G02B15/167

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 7-27978 A (Nikon Corp.), 31 January 1995 (31.01.1995),	1, 10-16, 21, 34, 38, 39
Y	entire text (particularly, claim 1; paragraph	5, 9, 37
A	[0038]; examples) & US 5760957 A	2-4, 6-8, 35, 36
X	JP 2006-227526 A (Canon Inc.), 31 August 2006 (31.08.2006),	1-4, 10-12, 16, 21, 34-36
Y	entire text (particularly, paragraphs [0052] to	5, 7, 9, 37
A	[0054]; examples) (Family: none)	6, 8, 13-15, 38, 39
X	JP 2004-46022 A (Nikon Corp.), 12 February 2004 (12.02.2004),	1-4, 10, 11, 16, 21, 34-36
Y	entire text (particularly, example 2)	5, 7, 9, 37
A	(Family: none)	6, 8, 12-15, 38, 39

☒ 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
06 March, 2012 (06.03.12)Date of mailing of the international search report
19 March, 2012 (19.03.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078871

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-295250 A (Canon Inc.), 15 October 2003 (15.10.2003), entire text (particularly, examples) (Family: none)	5, 7, 37

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078871

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:

The inventions in claims 1-16, 21, and 34-39, and the inventions in claims 17-20, 22-33, and 40-44 have a common technical feature of "an optical system characterized in that the optical system has a first lens element and a second lens element, which can be shifted such that each lens element includes a component in the direction perpendicular to an optical axis, the second lens element is configured of the first lens element and other lens element, and that image plane correction is performed by shifting the first lens element or the second lens element such that the component in the direction perpendicular to the optical axis is included". (Continued to 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.: 1-16, 21, 34-39

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.

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

This technical feature, however, is not a special technical feature, since it does not make a contribution over the prior art due to the disclosed contents of document JP 7-27978 A (Nikon Corp.), 31 January 1995 (31.01.1995), entire text (see, specifically, claim 1, paragraph [0038], and the working examples). Furthermore, there is no other same or corresponding special technical feature between these groups of inventions. The claims include the two inventions (invention groups) stated below.

Invention group 1: The inventions in claims 1-16, 21, and 34-39
An optical system that performs image plane correction by shifting a first lens element or a second lens element such that a component in the direction perpendicular to an optical axis is included.

Invention group 2: The inventions in claims 17-20, 22-33, and 40-44
An optical system that performs image plane correction by shifting a first lens element or a second lens element such that the first lens element or the second lens element includes a component in the direction perpendicular to an optical axis, corresponding to a focal point distance change from a focal point distance in a wide-edge state to a focal point distance in a tele-edge state, when magnification is changed from the wide-edge state to the tele-edge state.

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, G02B15/167(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, G02B15/167

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 7-27978 A（株式会社ニコン）1995.01.31, 全文（特に請求項1、段落【0038】、実施例参照） & US 5760957 A	1, 10-16, 21, 34, 38, 39 5, 9, 37 2-4, 6-8, 35, 36

☒ 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

0 6 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 3 . 2 0 1 2

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 Y A	JP 2006-227526 A (キヤノン株式会社) 2006.08.31, 全文 (特に段落【0052】－【0054】、実施例参照) (ファミリーなし)	1-4, 10-12, 16 , 21, 34-36 5, 7, 9, 37 6, 8, 13-15, 38 , 39
X Y A	JP 2004-46022 A (株式会社ニコン) 2004.02.12, 全文 (特に実施例2参照) (ファミリーなし)	1-4, 10, 11, 16 , 21, 34-36 5, 7, 9, 37 6, 8, 12-15, 38 , 39
Y	JP 2003-295250 A (キヤノン株式会社) 2003.10.15, 全文 (特に実施例参照) (ファミリーなし)	5, 7, 37

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1-16、21、34-39に係る発明、請求項17-20、22-33、40-44に係る発明は、「それぞれ光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフト可能な第1レンズエレメントと第2レンズエレメントとを有し、前記第2レンズエレメントは、前記第1レンズエレメントと他のレンズエレメントとから構成され、前記第1レンズエレメントまたは前記第2レンズエレメントを前記光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行うことを特徴とする光学系」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 7-27978 A(株式会社ニコン) 1995.01.31,全文（特に請求項1、段落【0038】、実施例参照）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。（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 1-16, 21, 34-39

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。

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２の発明（群）が含まれる。

（発明１）請求項１－１６、２１、３４－３９に係る発明

第１レンズエレメントまたは第２レンズエレメントを光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトさせて像面補正を行う光学系。

（発明２）請求項１７－２０、２２－３３、４０－４４に係る発明

広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、前記広角端状態から前記望遠端状態までの焦点距離の変化に応じて、第１レンズエレメントまたは第２レンズエレメントの何れかが光軸に対して垂直方向の成分を含むようにシフトすることで像面補正を行う光学系。