

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7625382号
(P7625382)

(45)発行日 令和7年2月3日(2025.2.3)

(24)登録日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	25/00 (2006.01)	G 0 2 B	25/00
G 0 2 B	13/18 (2006.01)	G 0 2 B	13/18

F I

請求項の数 20 (全27頁)

(21)出願番号 特願2020-141265(P2020-141265)
 (22)出願日 令和2年8月24日(2020.8.24)
 (65)公開番号 特開2022-36848(P2022-36848A)
 (43)公開日 令和4年3月8日(2022.3.8)
 審査請求日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 100104628
 弁理士 水本 敦也
 100121614
 弁理士 平山 優也
 (72)発明者 茂木 修一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 キヤノン株式会社内
 審査官 岡田 弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 観察光学系及びこれを備える撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズから構成されるか、あるいは、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズ、正の屈折力の第4レンズから構成される観察光学系であって、

前記第1レンズの観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、

視度が -1 m^{-1} のときの表示パネルの表示面から前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面までの距離を d_1 、前記観察光学系の焦点距離を f 、前記第2レンズの観察側のレンズ面から前記第3レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_2 、前記第1レンズの観察側のレンズ面から前記第2レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_12 、前記光路分岐手段の d 線における屈折率を $N_{d,g,0}$ 、前記第2レンズの d 線における屈折率を $N_{d,g,2}$ 、前記第1レンズの d 線における屈折率を $N_{d,g,1}$ とするとき、

$$0.5 < d_1 / f < 2.0$$

$$0.0 < d_2 / d_{12} < 0.5$$

$$1.55 < N_{d,g,0} < 2.00$$

$$1.6 < N_{d,g,2} < 1.8$$

1 . 5 < N d g 1 < 2 . 0

なる条件式を満足することを特徴とする観察光学系。

【請求項 2】

前記第2レンズの表示パネル側のレンズ面から前記第2レンズの観察側のレンズ面までの光軸上の距離を $g t 2$ とするとき、

$$0 . 0 2 < g t 2 / f < 0 . 1 5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の観察光学系。

【請求項 3】

前記光路分岐手段の d 線に対するアッベ数を $d g 0$ とするとき、

$$3 7 < d g 0 < 7 5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の観察光学系。

【請求項 4】

前記第1レンズの焦点距離を $f 1$ とするとき、

$$0 . 5 5 < f 1 / f < 2 . 0 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 5】

前記第1レンズの焦点距離を $f 1$ 、前記第3レンズの焦点距離を $f 3$ とするとき、

$$0 . 8 < f 3 / f 1 < 2 . 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 6】

前記第1レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G 1 R 2$ 、前記第2レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径を $G 2 R 1$ とするとき、

$$1 . 3 < (G 1 R 2 + G 2 R 1) / (G 1 R 2 - G 2 R 1) < 1 5 . 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 7】

前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径を $G 1 R 1$ 、前記第1レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G 1 R 2$ とするとき、

$$0 . 0 5 < (G 1 R 1 + G 1 R 2) / (G 1 R 1 - G 1 R 2) < 2 . 0 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 8】

前記第2レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径を $G 2 R 1$ 、前記第2レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G 2 R 2$ とするとき、

$$- 1 0 . 0 < (G 2 R 1 + G 2 R 2) / (G 2 R 1 - G 2 R 2) < - 0 . 3$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 9】

前記第3レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径を $G 3 R 1$ 、前記第3レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G 3 R 2$ とするとき、

$$0 . 1 < (G 3 R 1 + G 3 R 2) / (G 3 R 1 - G 3 R 2) < 3 . 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 10】

前記第3レンズの d 線における屈折率を $N d g 3$ とするとき、

$$1 . 5 < N d g 3 < 2 . 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至9の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 11】

前記第1レンズの d 線に対するアッベ数を $d g 1$ とするとき、

$$3 0 < d g 1 < 7 0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 12】

前記第2レンズの d 線に対するアッベ数を $d g 2$ とするとき、

10

20

30

40

50

$$18 < d_g 2 < 30$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1_1 の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 1 3】

表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第 1 レンズ、負の屈折力の第 2 レンズ、正の屈折力の第 3 レンズから構成されるか、あるいは、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第 1 レンズ、負の屈折力の第 2 レンズ、正の屈折力の第 3 レンズ、正の屈折力の第 4 レンズから構成される観察光学系であって、

前記第 1 レンズの観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、前記第 1 レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、

視度が -1 m^{-1} のときの表示パネルの表示面から前記第 1 レンズの表示パネル側のレンズ面までの距離を d_1 、前記観察光学系の焦点距離を f 、前記第 2 レンズの観察側のレンズ面から前記第 3 レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_2 、前記第 1 レンズの観察側のレンズ面から前記第 2 レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_12 、前記第 1 レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G_1 R_2$ 、前記第 2 レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径を $G_2 R_1$ 、前記第 2 レンズの観察側のレンズ面の曲率半径を $G_2 R_2$ 、前記第 2 レンズの d 線に対するアッベ数を $d_g 2$ とするとき、

$$0.5 < d_1 / f < 2.0$$

$$0.0 < d_2 / d_12 < 0.5$$

$$1.3 < (G_1 R_2 + G_2 R_1) / (G_1 R_2 - G_2 R_1) < 15.0$$

$$-10.0 < (G_2 R_1 + G_2 R_2) / (G_2 R_1 - G_2 R_2) < -0.3$$

$$18 < d_g 2 < 30$$

なる条件式を満足することを特徴とする観察光学系。

【請求項 1 4】

前記第 3 レンズの d 線に対するアッベ数を $d_g 3$ とするとき、

$$30 < d_g 3 < 70$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1_3 の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 1 5】

前記観察光学系は、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第 1 レンズ、負の屈折力の第 2 レンズ、正の屈折力の第 3 レンズ、正の屈折力の第 4 レンズから構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 1_4 の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 1 6】

表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第 1 レンズ、負の屈折力の第 2 レンズ、正の屈折力の第 3 レンズ、正の屈折力の第 4 レンズから構成される観察光学系であって、

前記第 1 レンズの観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、前記第 1 レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、

視度が -1 m^{-1} のときの表示パネルの表示面から前記第 1 レンズの表示パネル側のレンズ面までの距離を d_1 、前記観察光学系の焦点距離を f 、前記第 2 レンズの観察側のレンズ面から前記第 3 レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_2 、前記第 1 レンズの観察側のレンズ面から前記第 2 レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_12 、前記光路分岐手段の d 線における屈折率を $N d_g 0$ 、前記第 2 レンズの d 線における屈折率を $N d_g 2$ とするとき、

$$0.5 < d_1 / f < 2.0$$

$$0.0 < d_2 / d_12 < 0.5$$

$$1.55 < N d_g 0 < 2.00$$

10

20

30

40

50

1 . 6 < N d g 2 < 1 . 8

なる条件式を満足することを特徴とする観察光学系。

【請求項 17】

前記光路分岐手段の d 線における屈折率を $N d g 0$ とするとき、

1 . 6 0 3 1 1 N d g 0 < 2 . 0 0

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 16 に記載の観察光学系。

【請求項 18】

表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズから構成されるか、あるいは、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズ、正の屈折力の第4レンズから構成される観察光学系であって、

10

前記第1レンズの観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、

視度が -1 m^{-1} のときの表示パネルの表示面から前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面までの距離を d_1 、前記観察光学系の焦点距離を f 、前記第2レンズの観察側のレンズ面から前記第3レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{23} 、前記第1レンズの観察側のレンズ面から前記第2レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{12} 、前記光路分岐手段の d 線における屈折率を $N d g 0$ 、前記第2レンズの d 線における屈折率を $N d g 2$ 、前記光路分岐手段の d 線における屈折率を $N d g 0$ とするとき、

20

0 . 5 < d_1 / f < 2 . 0

0 . 0 < d_{23} / d_{12} < 0 . 5

1 . 6 0 3 1 1 N d g 0 < 2 . 0 0

1 . 6 < N d g 2 < 1 . 8

なる条件式を満足することを特徴とする観察光学系。

【請求項 19】

画像を表示する表示パネルを更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 18 の何れか一項に記載の観察光学系。

【請求項 20】

30

請求項 1 乃至 19 のいずれか一項の観察光学系と、撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、観察光学系に関し、特に電子ビューファインダーに好適な観察光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、表示パネル側から観察側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズを有し、対角長が 10 mm 程度の表示パネルを観察するための観察光学系が知られている（特許文献 1 参照）。

40

【0003】

近年、観察光学系に対して、表示パネルを観察している観察者の視線を検知し、パネル上のどの位置を視認しているかを検出する視線検出機能を付加することが提案されている。視線検出機能が付加されると、視線の方向情報に基づいて主要被写体の選別や各種操作を行うことができる。観察者の視線を検出するためには、ファインダー光路上に、光線の一部を、分岐させ取り出す光路分岐手段を配置する必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0004】

【文献】特開2019-109496号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1の光学系では、光路分岐手段を配置し、視線検出機能を付加できたとしても光路分岐手段の光学特性や配置位置が明確でないため、光学系の諸収差を抑制することができない。また、特許文献1の光学系では、観察側に強い凹形状の負レンズが配置されているため、アイポイント長を十分確保することが困難となる。

【0006】

本発明は、光路分岐手段を配置するための十分なスペース、広い視野角、及び通常使用時における十分なアイポイント長を確保しつつ、像面湾曲や非点収差を十分に補正可能な観察光学系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】

【0007】

本発明の一側面としての観察光学系は、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズから構成されるか、あるいは、表示パネル側から観察側へ順に配置された、光路を分岐する光路分岐手段、正の屈折力の第1レンズ、負の屈折力の第2レンズ、正の屈折力の第3レンズ、正の屈折力の第4レンズから構成される観察光学系であって、第1レンズの観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、第1レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、視度が -1 m^{-1} のときの表示パネルの表示面から第1レンズの表示パネル側のレンズ面までの距離を d_1 、観察光学系の焦点距離を f 、第2レンズの観察側のレンズ面から第3レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{23} 、第1レンズの観察側のレンズ面から第2レンズの表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{12} 、光路分岐手段の d 線における屈折率を N_{dg0} 、第2レンズの d 線における屈折率を N_{dg2} とするとき、

$$0.5 < d_1 / f < 2.0$$

$$0.0 < d_{23} / d_{12} < 0.5$$

$$1.55 < N_{dg0} < 2.00$$

$$1.6 < N_{dg2} < 1.8$$

$$1.5 < N_{dg1} < 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光路分岐手段を配置するための十分なスペース、広い視野角、及び通常使用時における十分なアイポイント長を確保しつつ、像面湾曲や非点収差を十分に補正可能な観察光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図2】実施例1の観察光学系の収差図である。

【図3】実施例2の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図4】実施例2の観察光学系の収差図である。

【図5】実施例3の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図6】実施例3の観察光学系の収差図である。

【図7】実施例4の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図8】実施例4の観察光学系の収差図である。

【図9】実施例5の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図10】実施例5の観察光学系の収差図である。

10

20

30

40

50

【図11】実施例6の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図12】実施例6の観察光学系の収差図である。

【図13】実施例7の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図14】実施例7の観察光学系の収差図である。

【図15】実施例8の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図16】実施例8の観察光学系の収差図である。

【図17】実施例9の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図18】実施例9の観察光学系の収差図である。

【図19】実施例10の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図20】実施例10の観察光学系の収差図である。

【図21】実施例11の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図22】実施例11の観察光学系の収差図である。

【図23】撮像装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0011】

図1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21はそれぞれ、実施例1乃至11の観察光学系のレンズ構成を示す断面図である。各断面図において左方が表示パネル側（物体側）で、右方が観察側（射出側）である。

【0012】

各実施例の観察光学系は、例えば撮像装置の電子ビューファインダーとして用いられる。

【0013】

対角長が10mm程度の小型の表示パネルを視野角が35～45度で拡大観察するためには、観察光学系に強い正の屈折力が必要である。被写体の周辺領域では、中心からの高さが高くなるにつれて、像面湾曲や非点収差が発生し光学性能が低下する。像面湾曲や非点収差を改善するために、各実施例の観察光学系は、表示パネル側から観察側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズL1、負の屈折力の第2レンズL2、正の屈折力の第3レンズL3を有する。このようなレンズ構成とすることで、観察光学系を広視野角としつつ高性能化しやすくなる。

【0014】

また、各実施例の観察光学系において、EPは、アイポイント（射出面）である。LCDは表示パネルである。表示パネルLCDは、液晶素子や有機EL等で構成される。表示パネルLCDは、観察光学系側に向かって画像表示面（表示面）を向けて配置される。表示パネルLCDと第1レンズL1との間には、ダイクロイックプリズムからなり、光路を分岐する光路分岐手段DPが配置されている。光路分岐手段DPとして、ダイクロイックプリズム以外の光学部材を用いてもよい。例えば、光路分岐手段DPとしてハーフミラーを用いてもよい。光路分岐手段DPは、表示パネルLCDからの光を透過させてユーザーの瞳に導かせつつ、ユーザーの瞳（視線）からの光を反射させるように機能する。これにより、ユーザーの視線を検出することが可能となる。

【0015】

なお、各実施例の観察光学系において、諸収差のうち歪曲収差及び倍率色収差を電気的な画像処理によって補正してもよい。これにより、レンズ径全体の小型化を達成しつつ、撮影倍率を増大しつつ色収差や像面湾曲等を良好に補正可能である。

【0016】

図2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22はそれぞれ、実施例1乃至11の観察光学系の収差図である。各収差図では、視度が -1 m^{-1} （標準視度）のときを示している。

【0017】

球面収差図において、d線（波長587.6nm）、F線（波長486.1nm）に対する球面収差量を示している。非点収差図において、Mはメリディオナル像面における非点収差量、Sはサジタル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図においてd線に対する歪曲収差量を示している。色収差図ではF線における色収差量を示している。

【0018】

次に、各実施例の光学系における特徴的な構成について述べる。

【0019】

各実施例の観察光学系において、第1レンズL1の観察側のレンズ面の曲率半径の絶対値は、前記第1レンズの表示パネル側のレンズ面の曲率半径の絶対値より小さい。

【0020】

各実施例の観察光学系は、以下の条件式(1)、(2)を満足する。ここで、d1は、表示パネルLCDの表示面から第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離である。fは、観察光学系の標準視度時の焦点距離である。d23は、第2レンズL2の観察側のレンズ面から第3レンズL3の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離である。d12は、第1レンズL1の観察側のレンズ面から第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離である。

【0021】

$$0.5 < d1 / f < 2.0 \quad (1)$$

$$0.0 < d23 / d12 < 0.5 \quad (2)$$

条件式(1)は、表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離と観察光学系の標準視度時の焦点距離との関係を規定している。条件式(1)を満足することで、光路分岐手段DPを配置するための十分なスペース、及び広い視野角を確保しつつ、球面収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を補正することができる。条件式(1)の上限値を上回って観察光学系の焦点距離が短くなると、球面収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を良好に補正することができない。条件式(1)の下限値を下回ると、光路分岐手段DPを配置するための十分なスペース距離を確保することが困難となる。

【0022】

条件式(2)は、第2レンズL2の観察側のレンズ面から第3レンズL3の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離と第1レンズL1の観察側のレンズ面から第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離との関係を規定している。条件式(2)を満足することで、広い視野角を確保しつつ、球面収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を補正することができる。条件式(2)の上限値を上回って第1レンズL1の観察側のレンズ面から第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離が短くなると、像面湾曲と球面収差を抑制することが困難となる。条件式(2)の下限値を下回って第1レンズL1の観察側のレンズ面から第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面までの光軸上の距離が長くなると、広視野角化した際のレンズ径を抑制することが困難となる。

【0023】

なお、条件式(1)及び(2)の数値範囲を以下の条件式(1a)及び(2a)の数値範囲とすることが好ましい。

【0024】

$$0.51 < d1 / f < 1.70 \quad (1a)$$

$$0.01 < d23 / d12 < 0.40 \quad (2a)$$

また、条件式(1)及び(2)の数値範囲を以下の条件式(1b)及び(2b)の数値範囲とすることが更に好ましい。

【0025】

$$0.51 < d1 / f < 1.40 \quad (1b)$$

$$0.02 < d23 / d12 < 0.30 \quad (2b)$$

次に、各実施例の観察光学系が満足することが好ましい条件について述べる。各実施例の観察光学系は、以下の条件式(3)乃至(17)のうち1つ以上を満足することが好ましい。ここで、f1は、第1レンズL1の焦点距離である。f3は、第3レンズL3の焦

10

20

30

40

50

点距離である。G1R1は、第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面の曲率半径である。G1R2は、第1レンズL1の観察側のレンズ面の曲率半径である。G2R1は、第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面の曲率半径である。G2R2は、第2レンズL2の観察側のレンズ面の曲率半径である。G3R1は、第3レンズL3の表示パネル側のレンズ面の曲率半径である。G3R2は、第3レンズL3の観察側のレンズ面の曲率半径である。Ndg1は、第1レンズL1のd線における屈折率である。Ndg2は、第2レンズL2のd線における屈折率である。Ndg3は、第3レンズL3のd線における屈折率である。dg1は、第1レンズL1のd線に対するアッペ数である。dg2は、第2レンズL2のd線に対するアッペ数である。dg3は、第3レンズL3のd線に対するアッペ数である。gt2は、第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面から第2レンズL2の観察側のレンズ面までの光軸上の距離である。Ndg0は、光路分岐手段DPのd線における屈折率である。dg0は、光路分岐手段DPのd線に対するアッペ数である。

【0026】

$$0.55 < f1 / f < 2.00 \quad (3)$$

$$0.8 < f3 / f1 < 2.0 \quad (4)$$

$$1.3 < (G1R2 + G2R1) / (G1R2 - G2R1) < 15.0 \quad (5)$$

$$0.05 < (G1R1 + G1R2) / (G1R1 - G1R2) < 2.00 \quad (6)$$

$$-10.0 < (G2R1 + G2R2) / (G2R1 - G2R2) < -0.3 \quad (7)$$

$$0.1 < (G3R1 + G3R2) / (G3R1 - G3R2) < 3.0 \quad (8)$$

$$1.5 < Nd g1 < 2.0 \quad (9)$$

$$1.6 < Nd g2 < 1.8 \quad (10)$$

$$1.5 < Nd g3 < 2.0 \quad (11)$$

$$30 < dg1 < 70 \quad (12)$$

$$18 < dg2 < 30 \quad (13)$$

$$30 < dg3 < 70 \quad (14)$$

$$0.02 < gt2 / f < 0.15 \quad (15)$$

$$1.55 < Nd g0 < 2.00 \quad (16)$$

$$33 < dg0 < 75 \quad (17)$$

条件式(3)は、第1レンズの焦点距離と観察光学系の焦点距離との関係を規定している。条件式(3)を満足することで、高倍率化と表示パネルから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの十分な距離を確保しつつ、観察光学系の像面湾曲及び軸上色収差を抑制することができる。条件式(3)の上限値を上回って第1レンズL1のパワーが弱くなると、高倍率化に不利となる。また、観察光学系の主点位置が観察側に移動するため、表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離を確保することが難しくなる。条件式(3)の下限値を下回ると、観察光学系の像面湾曲及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

【0027】

条件式(4)は、第3レンズL3の焦点距離と第1レンズL1の焦点距離との関係を規定している。条件式(4)を満足することで、高倍率化と表示パネルから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの十分な距離を確保しつつ、観察光学系の入射側(パネル表示面側)のテレセントリック性を満足することができる。条件式(4)の上限値を上回って第1レンズL1のパワーが弱くなると、高倍率化に不利となる。また、観察光学系の主点位置が観察側に移動するため、表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離を確保することが難しくなる。条件式(4)の下限値を下回ると、表示パネルLCDからの射出光線が第1レンズL1で大きく曲げられる。観察側に光線を通過させるためには表示パネルLCDからの射出角度を大きくする必要があり、テレセントリック性が弱くなる。表示パネルLCDは光線の射出角度によって、色ムラや光量低下が発生するため、観察光学系としてテレセントリック性があり表示パネルLCDからの射出角度が小さい系が好ましい。

【0028】

10

20

30

40

50

条件式(5)は、第1レンズL1の観察側のレンズ面と第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面のシェイプファクタを規定している。条件式(5)を満足することで、高倍率化と表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの十分な距離を確保しつつ、観察光学系の像面湾曲及び軸上色収差を抑制することができる。条件式(5)の上限値を上回って第1レンズL1のパワーが弱くなると、高倍化に不利となる。また、観察光学系の主点位置が観察側に移動するため、表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離を確保することが難しくなる。条件式(5)の下限値を下回ると、観察光学系の像面湾曲及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

【0029】

条件式(6)は、第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面と第1レンズL1の観察側のレンズ面のシェイプファクタを規定している。条件式(6)を満足することで、高倍率化と表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの十分な距離を確保しつつ、観察光学系の像面湾曲及びコマ収差を抑制することができる。条件式(6)の上限値を上回って第1レンズL1の観察面側のレンズ面の側のパワーが強くなると、球面収差及び像面湾曲を抑制することが困難となる。条件式(6)の下限値を下回って第1レンズL1の観察側のレンズ面の側のパワーが弱くなると、表示パネルLCDからの射出光線が第1レンズL1で大きく曲げられる。観察側に光線を通過させるためには表示パネルLCDからの射出角度を大きくする必要があり、テレセントリック性が弱くなる。表示パネルLCDは光線の射出角度によって、色ムラや光量低下が発生するため、観察光学系としてテレセントリック性があり表示パネルLCDからの射出角度が小さい系が好ましい。

【0030】

条件式(7)は、第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面と第2レンズL2の観察側のレンズ面のシェイプファクタを規定している。条件式(7)の上限値を上回って第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面の側のパワーが強くなると、歪曲収差及び非点収差を抑制することが困難となる。条件式(7)の下限値を下回って第2レンズの表示パネル側のレンズ面の側のパワーが弱くなると、高倍率化に不利となる。また、観察光学系の主点位置が観察側に移動するため、表示パネルLCDから第1レンズL1の表示パネル側のレンズ面までの距離を確保することが難しくなる。

【0031】

条件式(8)は、第3レンズL3の表示パネル側のレンズ面と第3レンズL3の観察側のレンズ面のシェイプファクタを規定している。条件式(8)を満足することで、広い視野角を確保しつつ、球面収差、像面湾曲、非点収差等の諸収差を十分に補正することができる。条件式(8)の上限値を上回って第3レンズL3の観察側のレンズ面のパワーが強くなると、像面湾曲及びコマ収差を抑制することが困難となる。条件式(8)の下限値を下回って第3レンズL3の観察側のレンズ面の側のパワーが弱くなると、観察光学系の観察倍率が低下する。

【0032】

条件式(9)は、第1レンズL1のd線における屈折率を規定している。条件式(9)を満足することで、観察光学系の収差を抑制することができる。条件式(9)を満足しない場合、第1レンズL1の曲率形状がきつくなり、球面収差及び像面湾曲を抑制することが困難となる。

【0033】

条件式(10)は、第2レンズL2のd線における屈折率を規定している。条件式(10)を満足することで、観察光学系の収差を抑制することができる。条件式(10)を満足しない場合、第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面の曲率形状がきつくなり、球面収差及び像面湾曲を抑制することが困難となる。

【0034】

条件式(11)は、第3レンズL3のd線における屈折率を規定している。条件式(11)を満足することで、観察光学系の収差を抑制することができる。条件式(11)を満足しない場合、第3レンズL3の曲率形状がきつくなり、球面収差及び像面湾曲を抑制す

10

20

30

40

50

ることが困難となる。

【0035】

条件式(12)は、第1レンズL1のd線に対するアッペ数を規定している。条件式(12)を満足することで、倍率色収差及び軸上色収差等の諸収差を補正することができる。条件式(12)を満足しない場合、倍率色収差及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

【0036】

条件式(13)は、第2レンズL2のd線に対するアッペ数を規定している。条件式(13)を満足することで、倍率色収差及び軸上色収差等の諸収差を補正することができる。条件式(13)を満足しない場合、倍率色収差及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

10

【0037】

条件式(14)は、第3レンズL3のd線に対するアッペ数を規定している。条件式(14)を満足することで、倍率色収差及び軸上色収差等の諸収差を補正することができる。条件式(14)を満足しない場合、倍率色収差及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

【0038】

条件式(15)は、第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面から第2レンズL2の観察側のレンズ面までの光軸上の距離と観察光学系の焦点距離との関係を規定している。条件式(15)の上限値を上回って第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面から第2レンズL2の観察側のレンズ面までの光軸上の距離が長くなると、観察光学系のレンズ径を抑制することが困難となる。条件式(15)の下限値を下回って第2レンズL2の表示パネル側のレンズ面から第2レンズL2の観察側のレンズ面までの光軸上の距離が短くなると、レンズのコバ及び中心肉厚の確保が困難となる。

20

【0039】

条件式(16)は、光路分岐手段DPのd線における屈折率を規定している。条件式(16)する式である。条件式(16)の上限値を上回ると、観察光学系内に配置されたプリズムの加工が難しくなる。条件式(16)の下限値を下回って観察光学系のパワーが弱くなると、観察光学系の観察倍率が低下する。

30

【0040】

条件式(17)は、光路分岐手段のd線に対するアッペ数を規定している。条件式(17)を満足することで、倍率色収差及び軸上色収差等の諸収差を補正することができる。条件式(17)を満足しない場合、倍率色収差及び軸上色収差を抑制することが困難となる。

【0041】

なお、条件式(3)乃至(17)の数値範囲を以下の条件式(3a)乃至(17a)の数値範囲とすることが好ましい。

【0042】

$$0.57 < f_1 / f < 1.70 \quad (3a)$$

$$0.85 < f_3 / f_1 < 1.90 \quad (4a)$$

$$1.4 < (G_1 R_2 + G_2 R_1) / (G_1 R_2 - G_2 R_1) < 13.0 \quad (5a)$$

$$0.08 < (G_1 R_1 + G_1 R_2) / (G_1 R_1 - G_1 R_2) < 1.60 \quad (6a)$$

$$-8.0 < (G_2 R_1 + G_2 R_2) / (G_2 R_1 - G_2 R_2) < -0.5 \quad (7a)$$

$$0.15 < (G_3 R_1 + G_3 R_2) / (G_3 R_1 - G_3 R_2) < 2.40 \quad (8a)$$

$$1.51 < N_{dg1} < 1.95 \quad (9a)$$

$$1.61 < N_{dg2} < 1.76 \quad (10a)$$

$$1.51 < N_{dg3} < 1.95 \quad (11a)$$

$$3.2 < dg1 < 6.6 \quad (12a)$$

$$1.9 < dg2 < 2.8 \quad (13a)$$

$$3.3 < dg3 < 6.6 \quad (14a)$$

40

50

$$\begin{aligned}
 0.03 < g_t 2 / f < 0.14 & \quad (15a) \\
 1.57 < N_d g_0 < 1.95 & \quad (16a) \\
 35 < d g_0 < 71 & \quad (17a)
 \end{aligned}$$

また、条件式(3)乃至(17)の数値範囲を以下の条件式(3b)乃至(17b)の数値範囲とすることが更に好ましい。

【0043】

$$\begin{aligned}
 0.59 < f_1 / f < 1.40 & \quad (3b) \\
 0.90 < f_3 / f_1 < 1.80 & \quad (4b) \\
 1.5 < (G_1 R_2 + G_2 R_1) / (G_1 R_2 - G_2 R_1) < 11.0 & \quad (5b) \\
 0.11 < (G_1 R_1 + G_1 R_2) / (G_1 R_1 - G_1 R_2) < 1.20 & \quad (6b) \\
 -6.0 < (G_2 R_1 + G_2 R_2) / (G_2 R_1 - G_2 R_2) < -0.7 & \quad (7b) \\
 0.2 < (G_3 R_1 + G_3 R_2) / (G_3 R_1 - G_3 R_2) < 1.8 & \quad (8b) \\
 1.52 < N_d g_1 < 1.89 & \quad (9b) \\
 1.62 < N_d g_2 < 1.72 & \quad (10b) \\
 1.52 < N_d g_3 < 1.89 & \quad (11b) \\
 34 < d g_1 < 62 & \quad (12b) \\
 20 < d g_2 < 26 & \quad (13b) \\
 36 < d g_3 < 62 & \quad (14b) \\
 0.04 < g_t 2 / f < 0.13 & \quad (15b) \\
 1.59 < N_d g_0 < 1.90 & \quad (16b) \\
 37 < d g_0 < 67 & \quad (17b)
 \end{aligned}$$

次に、各実施例の光学系について詳細に述べる。

【0044】

実施例1乃至6, 10, 11の観察光学系は、表示パネル側から観察側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズL1、負の屈折力の第2レンズL2、正の屈折力の第3レンズL3を有する。

【0045】

実施例7乃至9の観察光学系は、表示パネル側から観察側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズL1、負の屈折力の第2レンズL2、正の屈折力の第3レンズL3、正の屈折力の第4レンズL4を有する。

【0046】

以下に、実施例1乃至11にそれぞれ対応する数値実施例1乃至11を示す。

【0047】

各数値実施例において、画面表示対角長は、表示パネルの対角長さを意味しており、物体面(表示パネル)の最大像高の2倍の値となっている。

【0048】

各数値実施例の面データにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm)は第m面と第(m+1)面との間の軸上間隔(光軸上の距離)を表している。ただし、mは表示パネル側から数えた面の番号である。また、 N_d は各光学部材のd線に対する屈折率、dは光学部材のアッベ数を表わしている。なお、ある材料のアッベ数dは、フラウンホーファ線のd線(587.6nm)、F線(486.1nm)、C線(656.3nm)における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【0049】

また、各数値実施例において、記載されている長さの単位は、特記のない場合、[mm]が使われている。ただし、観察光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、単位は[mm]に限定されることなく、他の適当な単位を用いてもよい。

【0050】

また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に、*の符号を付している。非球面形状

10

20

30

40

50

は、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、Rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A2, A4, A6, A8, A10を各次数の非球面係数とするとき、

$$X = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(h / R)^2\}^{1/2} + A2 \times h^2 + A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 + A10 \times h^{10}]$$

で表している。なお、各非球面係数における「e ± XX」は「×10 ± XX」を意味している。

【0051】

[数値実施例1]

標準視度時 焦点距離 f=18.7 瞳径10

10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.40		
3		7.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	45.231	4.65	1.76802	49.2
6*	-15.489	3.49		
7*	-4.014	1.20	1.63550	23.9
8*	-7.629	0.55		
9	151.752	6.87	1.76802	49.2
10*	-14.490	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 K = -6.66748e-001 A4 = -2.85417e-005 A6 = 1.39887e-006 A8 = -1.10652e-008 A10 = 2.81105e-011

第7面 K = -2.18343e+000 A4 = 1.54046e-004 A6 = -1.65834e-006 A8 = -4.30312e-008 A10 = 3.85331e-010

30

第8面 K = -5.65588e+000 A4 = 7.37605e-004 A6 = -1.02719e-005 A8 = 6.14376e-008 A10 = -1.34191e-010

第10面 K = -7.64153e-001 A4 = 3.04449e-005 A6 = -4.75055e-007 A8 = 4.20704e-009 A10 = -1.22627e-011

可変間隔

0m-1	-1	-5	+2
d4	2.55	2.19	1.07
d10	1.30	1.65	2.78
			0.62

[数値実施例2]

40

標準視度時 焦点距離 f=17.3 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.00		
3		8.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	32.488	6.22	1.85135	40.1
6*	-14.808	3.68		

50

7* -6.818 1.42 1.65100 21.5
 8* -112.547 0.15
 9 131.272 6.37 1.85135 40.1
 10* -13.950 (可変)
 11 1.00 1.49171 57.4
 12 23.00

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 $K = -5.17963e-001$ $A4 = 1.31147e-004$ $A6 = -9.49493e-007$ $A8 = 7.11126e-009$ $A10 = -2.06714e-011$

10

第7面 $K = -2.30355e+000$ $A4 = -4.79553e-005$ $A6 = -4.11730e-007$ $A8 = 4.18329e-009$ $A10 = -9.10282e-012$

第8面 $K = -2.29196e+002$ $A4 = 9.77074e-005$ $A6 = -6.23395e-007$ $A8 = -5.31801e-011$ $A10 = 6.30220e-012$

第10面 $K = -2.73927e+000$ $A4 = -4.98063e-006$ $A6 = -4.94289e-007$ $A8 = 4.69850e-009$ $A10 = -1.20091e-011$

可変間隔

	0m-1	-1	-5	+2
d4	2.68	2.43	1.07	3.61
d10	2.61	3.01	4.29	1.44

20

[数値実施例3]

標準視度時 焦点距離 $f = 20.9$ 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.40		
3		11.00	1.51633	64.1
4		(可変)		
5	70.050	5.00	1.53500	55.7
6*	-10.453	2.24		
7*	-8.090	1.47	1.63550	23.9
8*	-30.489	0.20		
9	565.772	5.30	1.53500	55.7
10*	-11.482	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

30

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 $K = -1.14236e+000$ $A4 = 7.88210e-005$ $A6 = -6.98908e-007$ $A8 = 6.72781e-009$ $A10 = 3.25984e-011$

40

第7面 $K = -7.73767e-001$ $A4 = -1.65804e-004$ $A6 = 3.40985e-006$ $A8 = -5.33102e-008$ $A10 = 4.56325e-010$

第8面 $K = 1.10047e+000$ $A4 = -1.61563e-004$ $A6 = 1.59586e-006$ $A8 = -2.23675e-008$ $A10 = 1.59401e-010$

第10面 $K = -5.64372e-001$ $A4 = 2.41444e-005$ $A6 = 9.78734e-007$ $A8 = -3.91803e-009$ $A10 = -1.07217e-011$

可変間隔

	0m-1	-1	-5	+2
d4	2.80	2.44	1.07	3.97

50

d10 2.61 3.01 4.29 1.44

[数値実施例4]

標準視度時 焦点距離 $f=19.4$ 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.40		
3		5.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	53.212	4.23	1.76802	49.2
6*	-17.471	3.64		
7*	-6.264	1.47	1.63550	23.9
8*	-17.286	0.20		
9	-978.513	6.33	1.76802	49.2
10*	-13.131	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 $K = -1.77022e-001$ $A4 = 1.46611e-005$ $A6 = -2.33559e-007$ $A8 = 8.98377e-009$ $A10 = -4.50295e-011$

第7面 $K = -1.48356e+000$ $A4 = 3.08907e-005$ $A6 = -2.68254e-006$ $A8 = 2.86950e-008$ $A10 = -1.19054e-010$

第8面 $K = -1.00098e+001$ $A4 = 1.17321e-004$ $A6 = -1.03184e-006$ $A8 = 1.13551e-009$ $A10 = 2.52839e-011$

第10面 $K = -8.57586e-001$ $A4 = 2.88196e-005$ $A6 = -4.48100e-007$ $A8 = 4.84736e-009$ $A10 = -2.05834e-011$

可変間隔

	0m-1	-1	-5	+2
d4	4.60	4.24	2.92	5.72
d10	2.61	3.01	4.29	1.44

[数値実施例5]

標準視度時 焦点距離 $f=17.3$ 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		1.40		
3		7.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	38.725	6.19	1.76802	49.2
6*	-12.483	3.78		
7*	-6.314	1.47	1.63550	23.9
8*	-36.874	0.20		
9	142.426	6.67	1.76802	49.2
10*	-12.969	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

10

20

30

40

50

非球面データ

第6面 K =-6.29498e-001 A4= 1.19468e-004 A6=-4.49758e-007 A8= 8.0628
5e-010 A10= 4.56492e-012

第7面 K =-1.47340e+000 A4= 1.85691e-004 A6=-3.51354e-006 A8= 1.5406
4e-008 A10=-3.68192e-012

第8面 K =-9.42027e+000 A4= 1.27913e-004 A6=-9.21440e-007 A8=-2.6534
8e-010 A10= 7.48724e-012

第10面 K =-1.26617e+000 A4= 6.28629e-005 A6=-9.49756e-007 A8= 6.895
39e-009 A10=-1.46285e-011

可変間隔

0	m-1	-1	-5	+2
d4	2.68	2.43	1.07	3.61
d10	2.61	3.01	4.29	1.44

[数値実施例 6]

標準視度時 焦点距離 f=18.7 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.40		
3		7.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	57.475	4.45	1.76802	49.2
6*	-14.399	3.52		
7*	-5.527	2.20	1.63550	23.9
8*	-16.114	0.15		
9	189.354	6.00	1.76802	49.2
10*	-13.731	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 K =-6.90825e-001 A4= 8.38523e-005 A6=-6.11664e-007 A8= 7.6739
2e-009 A10=-4.11453e-011

第7面 K =-1.90508e+000 A4= 3.96382e-005 A6=-1.65188e-006 A8=-8.1913
5e-009 A10= 9.04048e-011

第8面 K =-7.66349e+000 A4= 2.88263e-004 A6=-3.08349e-006 A8= 1.3154
7e-008 A10=-1.74846e-011

第10面 K =-1.83793e+000 A4=-1.51567e-005 A6=-4.27702e-007 A8= 4.022
70e-009 A10=-1.15184e-011

可変間隔

0	m-1	-1	-5	+2
d4	2.72	2.37	1.07	3.55
d10	1.45	1.80	3.09	0.62

[数値実施例 7]

標準視度時 焦点距離 f=16.7 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1

10

20

30

40

50

2 2.40
 3 8.00 1.83400 37.2
 4 (可変)
 5 26.560 9.25 1.85135 40.1
 6* -11.463 2.78
 7* -5.419 1.48 1.65100 21.5
 8* -559.787 0.30
 9 64.096 4.96 1.85135 40.1
 10* -16.116 0.38
 11* -330.547 1.50 1.85135 40.1
 12 -87.784 (可変)
 13 1.00 1.49171 57.4
 14 23.00

15 (アイポイント)

非球面データ

第6面 K = -8.96739e-001 A4= 1.40579e-004 A6=-1.40304e-007 A8=-1.2033
2e-009 A10= 4.37568e-012

第7面 K = -1.72726e+000 A4= 2.86825e-004 A6=-2.54542e-006 A8= 1.0720
2e-008 A10=-1.64392e-011

第8面 K = -2.00703e+001 A4= 7.06128e-005 A6=-2.04709e-007 A8= 1.0356
6e-010 A10= 7.04374e-013

第10面 K = -4.88826e+000 A4= 1.02869e-004 A6=-1.00942e-006 A8= 3.926
27e-009 A10=-3.22191e-012

第11面 K = 0.00000e+000 A4= 1.40836e-009 A6=-1.47238e-007 A8= 8.724
09e-010

可変間隔

0m-1	-1	-5	+2	
d4	2.60	2.36	1.07	3.46
d12	2.61	3.01	4.29	1.44

[数値実施例8]

標準視度時 焦点距離 f=19.6 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.00		
3		15.00	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	26.960	6.81	1.88202	37.2
6*	-20.302	4.41		
7*	-6.551	1.50	1.65100	21.5
8*	-49.760	0.30		
9	31.260	4.87	1.53100	56.0
10*	-13.846	0.40		
11*	-316.353	1.50	1.53100	56.0
12	-60.253	(可変)		
13		1.00	1.49171	57.4
14		23.00		

15 (アイポイント)

非球面データ

10

20

30

40

50

第6面 K = -3.30456e-001 A4 = 6.13001e-005 A6 = -7.08532e-008 A8 = -8.15267e-010 A10 = 5.59645e-012
 第7面 K = -1.31789e+000 A4 = 3.64324e-004 A6 = -3.19790e-006 A8 = 1.52536e-008 A10 = -2.50693e-011
 第8面 K = 7.74508e+000 A4 = 8.92913e-005 A6 = -5.69190e-007 A8 = -4.29620e-010 A10 = 1.40568e-011
 第10面 K = -4.27201e+000 A4 = 1.60683e-004 A6 = -8.25502e-007 A8 = 4.85238e-009 A10 = -2.05050e-011
 第11面 K = 0.00000e+000 A4 = 1.26889e-010 A6 = -3.88095e-008 A8 = -1.50250e-009

10

可変間隔

0	m	-1	-1	-5	+2
d	4	2.76	2.39	1.07	3.88
d	12	2.61	3.01	4.29	1.44

[数値実施例 9]

標準視度時 焦点距離 f=19.4 瞳径 10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.40		
3		5.50	1.83400	37.2
4		(可変)		
5	80.942	4.31	1.76802	49.2
6*	-17.118	3.84		
7*	-7.014	1.50	1.63550	23.9
8*	-29.619	0.30		
9	33.202	6.80	1.53500	55.7
10*	-12.491	0.40		
11*	-231.468	2.20	1.53500	55.7
12	-38.773	(可変)		
13		1.00	1.49171	57.4
14		23.00		

20

15 (アイポイント)

非球面データ

第6面 K = -3.40902e-001 A4 = -8.45938e-006 A6 = -7.30356e-007 A8 = 1.19537e-008 A10 = -4.78498e-011

第7面 K = -8.34256e-001 A4 = -3.07734e-005 A6 = -5.02200e-007 A8 = 1.44453e-008 A10 = -2.23447e-011

第8面 K = 1.61326e+000 A4 = 9.82052e-005 A6 = -8.14780e-007 A8 = -4.37799e-009 A10 = 4.12233e-011

40

第10面 K = -9.02152e-001 A4 = 4.56397e-005 A6 = 1.40184e-007 A8 = 4.52440e-009 A10 = -2.34725e-011

第11面 K = 0.00000e+000 A4 = 3.05411e-010 A6 = 8.29368e-011 A8 = -1.89591e-010

可変間隔

0	m	-1	-1	-5	+2
d	4	2.76	2.40	1.07	3.87
d	12	2.61	3.01	4.29	1.44

[数値実施例 10]

50

標準視度時 焦点距離 $f=18.7$ 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		1.811		
3		7.50	1.60311	37.2
4		(可変)		
5	57.475	4.45	1.76802	49.2
6*	-14.399	3.52		
7*	-5.527	2.20	1.63550	23.9
8*	-16.114	0.15		
9	189.354	6.00	1.76802	49.2
10*	-13.731	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 $K = -6.90825e-001$ $A4 = 8.38523e-005$ $A6 = -6.11664e-007$ $A8 = 7.67392e-009$ $A10 = -4.11453e-011$

10

第7面 $K = -1.90508e+000$ $A4 = 3.96382e-005$ $A6 = -1.65188e-006$ $A8 = -8.19135e-009$ $A10 = 9.04048e-011$

20

第8面 $K = -7.66349e+000$ $A4 = 2.88263e-004$ $A6 = -3.08349e-006$ $A8 = 1.31547e-008$ $A10 = -1.74846e-011$

第10面 $K = -1.83793e+000$ $A4 = -1.51567e-005$ $A6 = -4.27702e-007$ $A8 = 4.02270e-009$ $A10 = -1.15184e-011$

可変間隔

0	m-1	-1	-5	+2
d4	2.72	2.37	1.07	3.55
d10	1.45	1.80	3.09	0.62

30

[数値実施例11]

標準視度時 焦点距離 $f=18.7$ 瞳径10

画面表示対角長 6.434

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.70	1.52100	65.1
2		2.13		
3		7.50	1.71995	37.2
4		(可変)		
5	57.475	4.45	1.76802	49.2
6*	-14.399	3.52		
7*	-5.527	2.20	1.63550	23.9
8*	-16.114	0.15		
9	189.354	6.00	1.76802	49.2
10*	-13.731	(可変)		
11		1.00	1.49171	57.4
12		23.00		

13 (アイポイント)

非球面データ

第6面 $K = -6.90825e-001$ $A4 = 8.38523e-005$ $A6 = -6.11664e-007$ $A8 = 7.67392e-009$

40

第7面 $K = -1.90508e+000$ $A4 = 3.96382e-005$ $A6 = -1.65188e-006$ $A8 = -8.19135e-009$

50

2e-009 A10=-4.11453e-011

第7面 K =-1.90508e+000 A4= 3.96382e-005 A6=-1.65188e-006 A8=-8.1913

5e-009 A10= 9.04048e-011

第8面 K =-7.66349e+000 A4= 2.88263e-004 A6=-3.08349e-006 A8= 1.3154

7e-008 A10=-1.74846e-011

第10面 K =-1.83793e+000 A4=-1.51567e-005 A6=-4.27702e-007 A8= 4.022

70e-009 A10=-1.15184e-011

可変間隔

0m-1 -1 -5 +2

d4 2.72 2.37 1.07 3.55

d10 1.45 1.80 3.09 0.62

10

各数値実施例における種々の値を、以下の表1乃至3にまとめて示す。なお、各表において、条件式(5)～(8)の値をそれぞれ「sfa1」、「sfg1」、「sfa2」、「sfa3」のように省略表記としている。

【0052】

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)	d1/f	0.684	0.788	0.792	0.662
(2)	d23/d12	0.159	0.041	0.089	0.055
(3)	f1/f	0.831	0.735	0.831	0.906
(4)	f3/f1	1.128	1.189	1.214	0.983
(5)	sfa1	1.700	2.706	7.848	2.118
(6)	sfg1	0.490	0.374	0.740	0.506
(7)	sfg2	-3.221	-1.129	-1.722	-2.137
(8)	sfg3	0.826	0.808	0.960	1.027
(9)	Ndg1	1.768	1.851	1.535	1.768
(10)	Ndg2	1.636	1.651	1.636	1.636
(11)	Ndg3	1.768	1.851	1.535	1.768
(12)	vdg1	49.240	40.100	55.730	49.240
(13)	vdg2	23.890	21.500	23.890	23.890
(14)	vdg3	49.240	40.100	55.730	49.240
(15)	gt2/f	0.064	0.082	0.071	0.076
(16)	Ndg0	1.834	1.834	1.51633	1.834
(17)	vdg0	37.160	37.160	64.10	37.160

20

【0053】

30

40

50

【表 2】

		実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
(1)	d1/f	0.695	0.693	0.806	1.025
(2)	d23/d12	0.054	0.043	0.108	0.068
(3)	f1/f	0.750	0.824	0.634	0.718
(4)	f3/f1	1.216	1.096	1.470	1.333
(5)	sfa1	3.047	2.246	2.793	1.953
(6)	sfg1	0.512	0.599	0.397	0.141
(7)	sfg2	-1.413	-2.044	-1.020	-1.303
(8)	sfg3	0.833	0.865	0.598	0.386
(9)	Ndg1	1.768	1.768	1.851	1.882
(10)	Ndg2	1.636	1.636	1.651	1.651
(11)	Ndg3	1.768	1.768	1.851	1.531
(12)	vdg1	49.240	49.240	40.100	37.220
(13)	vdg2	23.890	23.890	21.500	21.500
(14)	vdg3	49.240	49.240	40.100	56.000
(15)	gt2/f	0.085	0.118	0.089	0.076
(16)	Ndg0	1.834	1.834	1.834	1.834
(17)	vdg0	37.160	37.160	37.160	37.160

10

20

【0054】

【表 3】

		実施例9	実施例10	実施例11
(1)	d1/f	0.567	0.662	0.679
(2)	d23/d12	0.078	0.043	0.043
(3)	f1/f	0.967	0.824	0.824
(4)	f3/f1	0.954	1.096	1.096
(5)	sfa1	2.388	2.246	2.246
(6)	sfg1	0.651	0.599	0.599
(7)	sfg2	-1.621	-2.044	-2.044
(8)	sfg3	0.453	0.865	0.865
(9)	Ndg1	1.768	1.768	1.768
(10)	Ndg2	1.636	1.636	1.636
(11)	Ndg3	1.535	1.768	1.768
(12)	vdg1	49.240	49.240	49.240
(13)	vdg2	23.890	23.890	23.890
(14)	vdg3	55.730	49.240	49.240
(15)	gt2/f	0.077	0.118	0.118
(16)	Ndg0	1.834	1.60311	1.71995
(17)	vdg0	37.160	37.160	37.160

30

40

【0055】

50

【撮像装置】

次に、上述した各実施例のいずれかの観察光学系を備える撮像装置について述べる。

【0056】

図23は、上述した各実施例の観察光学系を電子ビューファインダー100として設けたデジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置200を示している。

【0057】

撮像装置200は、撮像レンズ201により形成された被写体像をCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像センサ202により撮像する。撮像センサ202から出力された撮像信号は、演算処理回路(処理手段)203に入力される。演算処理回路203は、撮像信号に対して各種画像処理を行って撮像画像データを生成する。撮像画像データは、電子ビューファインダー100に出力され、電子ビューファインダー100内の表示パネルに表示される。ユーザーは、その眼球10により電子ビューファインダー100内の観察光学系を覗くことで表示パネルに表示された画像を観察することができる。

10

【0058】

この際、演算処理回路203は、電子ビューファインダー100に含まれる光路分岐手段により分岐され検出されたデータを用いて、にユーザーの視線方向を算出(取得)する。そして、この視線方向から撮像画面内におけるユーザーの注視位置を算出する。演算処理回路203は、撮像画面内から注視位置を含む領域を選択し、該選択した領域の撮像画像データを用いて自動露出やオートフォーカス等の処理を行うことができる。

20

【0059】

このように小型で視線検出精度が高い観察装置を用いることで、小型でありながらも自動露出やオートフォーカス等の処理を良好に行える撮像装置を実現することができる。

【0060】

以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について説明したが、本発明はこれらの実施形態及び実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の組合せ、変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【0061】

- L1 第1レンズ
- L2 第2レンズ
- L3 第3レンズ
- LCD 表示パネル

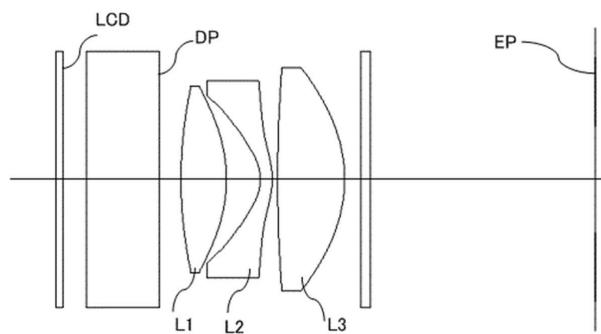
30

40

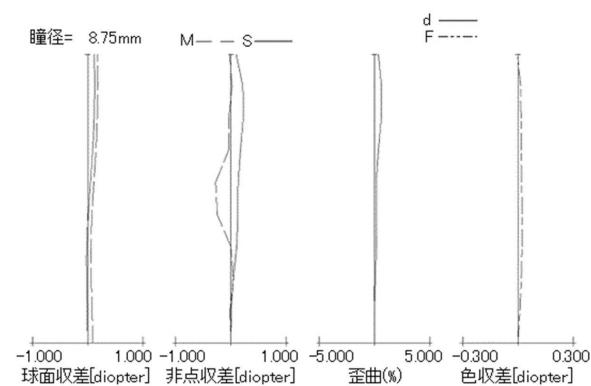
50

【図面】

【図 1】

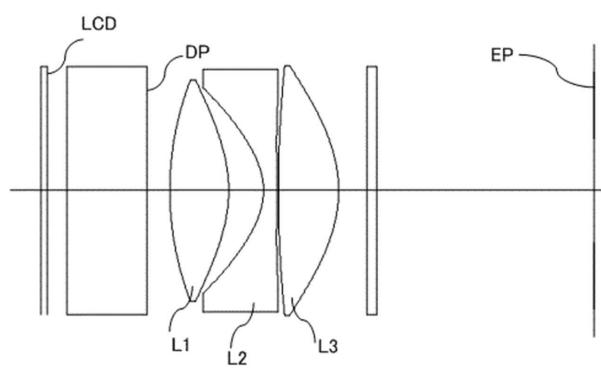


【図 2】

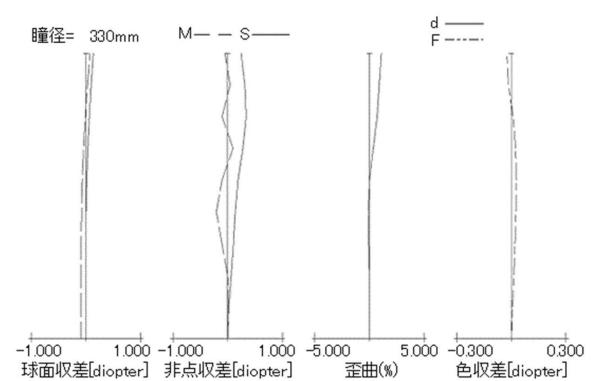


10

【図 3】

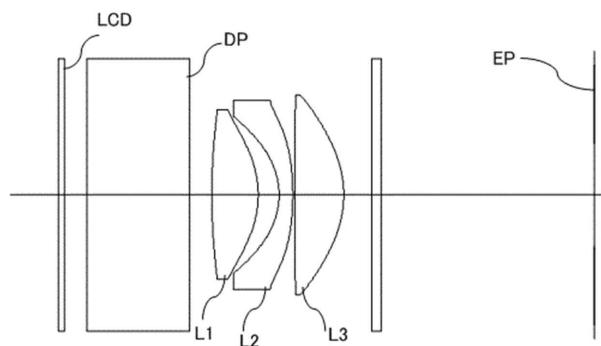


【図 4】

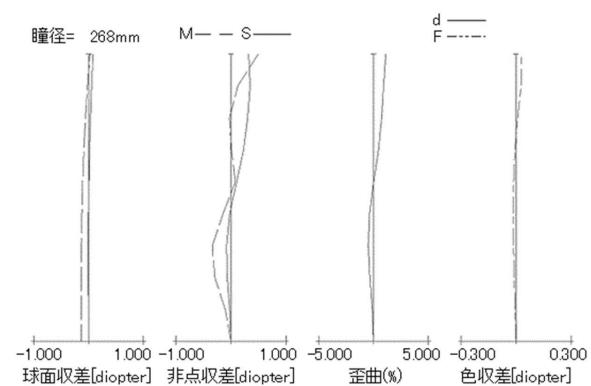


20

【図 5】



【図 6】

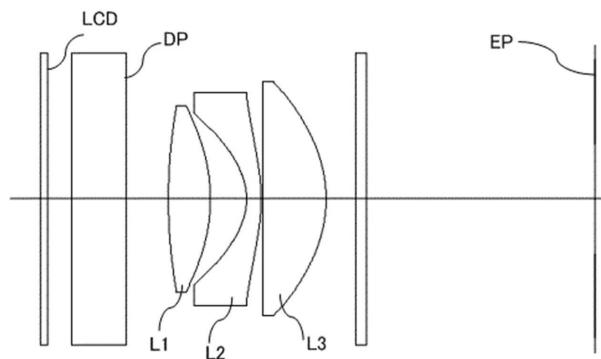


30

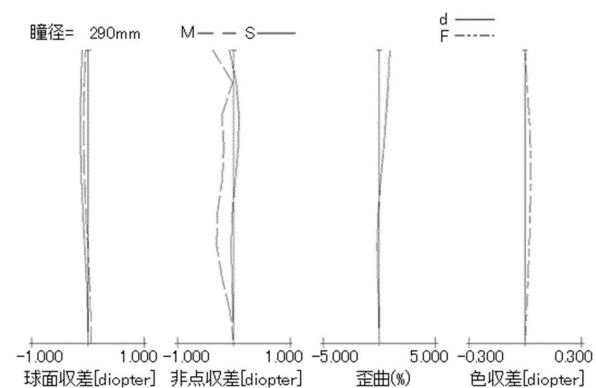
40

50

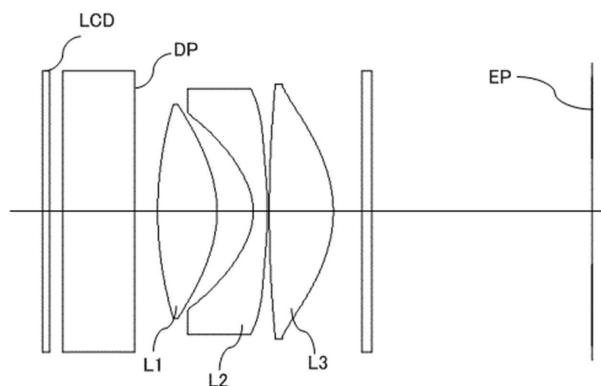
【図 7】



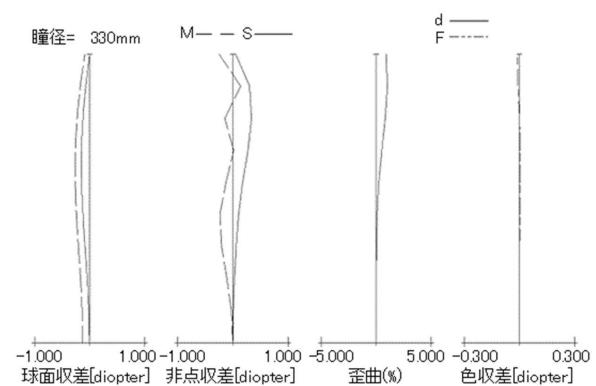
【図 8】



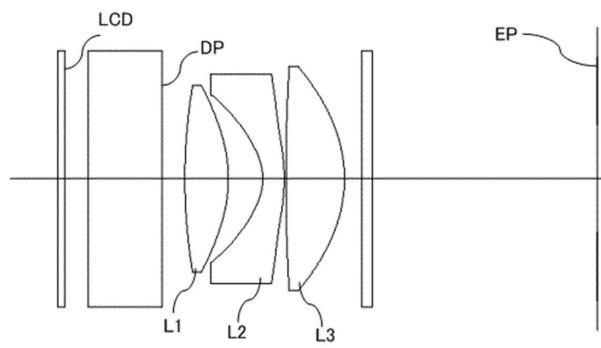
【図 9】



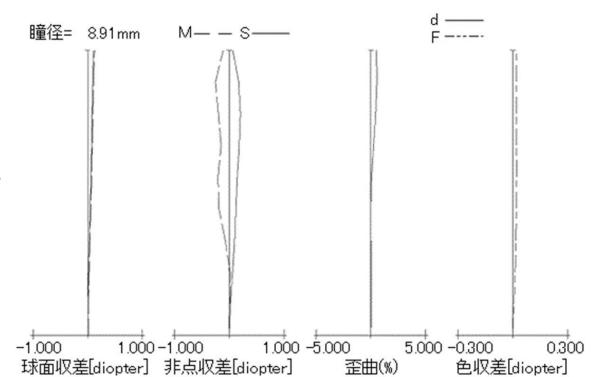
【図 10】



【図 11】



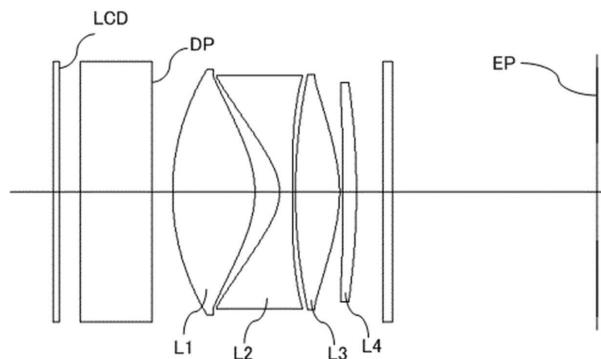
【図 12】



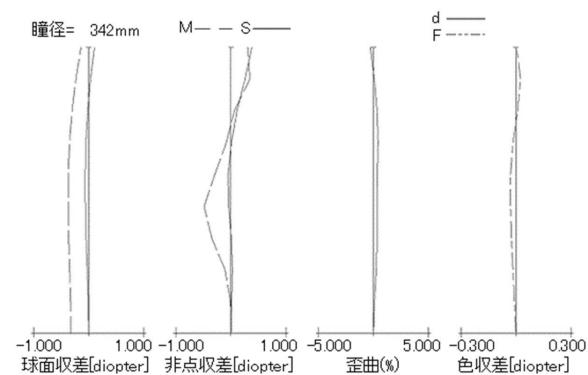
40

50

【図 1 3】

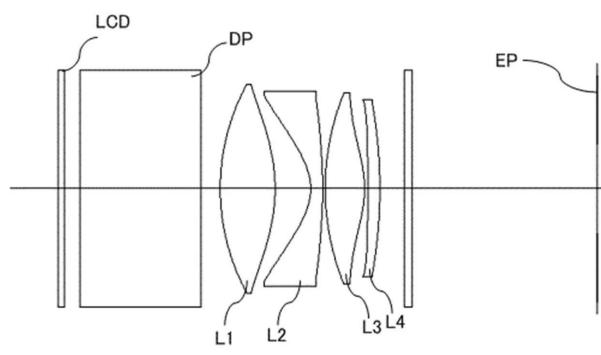


【図 1 4】

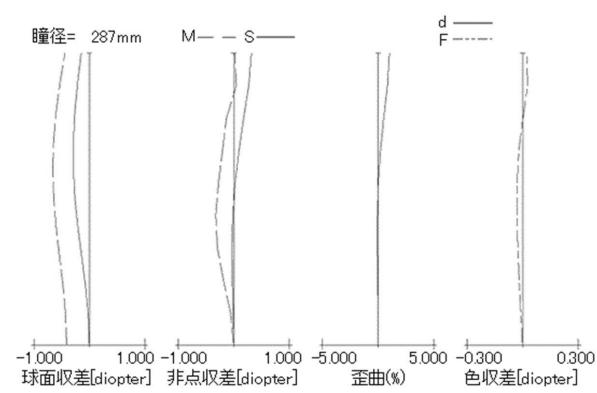


10

【図 1 5】

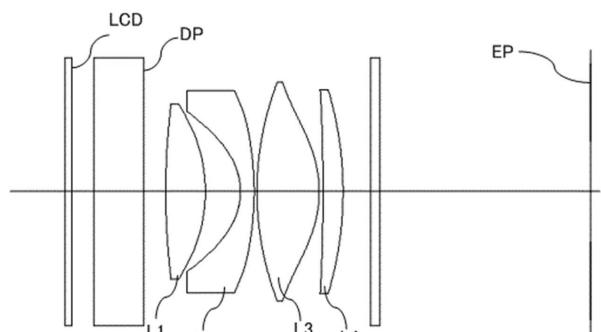


【図 1 6】

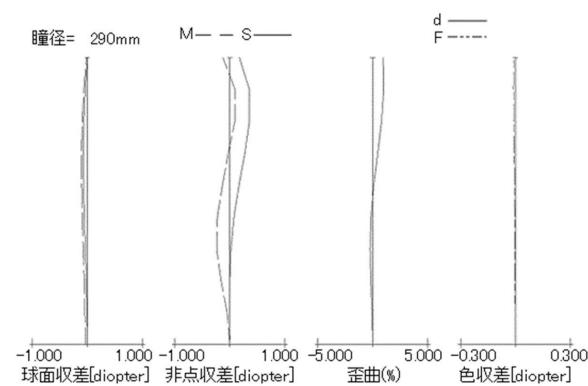


20

【図 1 7】



【図 1 8】

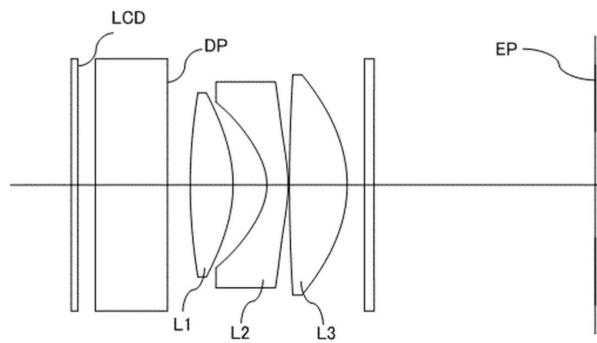


30

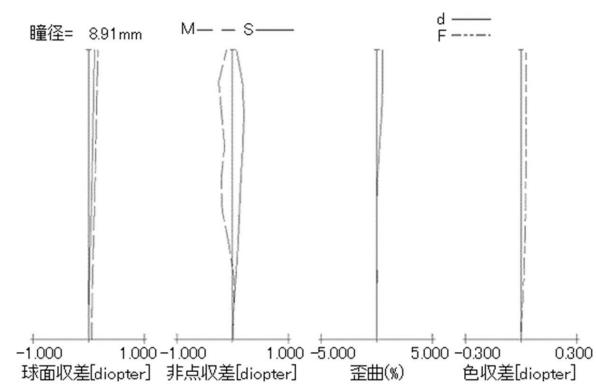
40

50

【図 19】

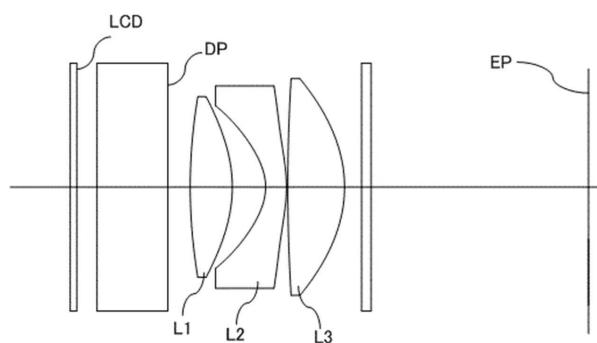


【図 20】

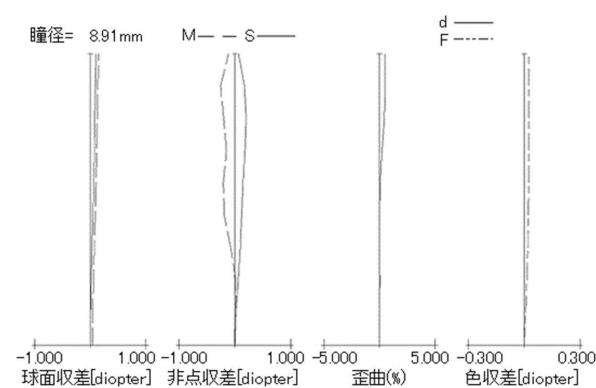


10

【図 21】



【図 22】



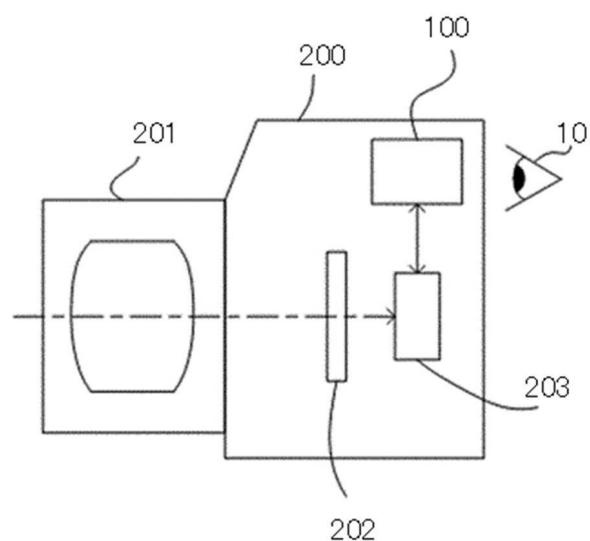
20

30

40

50

【図 2 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献

特開2002-048985 (JP, A)
特開2016-166968 (JP, A)
特開2004-258653 (JP, A)
特表2012-510077 (JP, A)
特開2010-134446 (JP, A)
特開平11-072699 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04