

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7135597号  
(P7135597)

(45)発行日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(24)登録日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 2 B 13/00 (2006.01) G 0 2 B 13/00  
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 11 (全28頁)

(21)出願番号	特願2018-160446(P2018-160446)	(73)特許権者	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22)出願日	平成30年8月29日(2018.8.29)	(72)発明者	大橋 和泰 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株 式会社リコー内
(65)公開番号	特開2019-79033(P2019-79033A)	審査官	殿岡 雅仁
(43)公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)		
審査請求日	令和3年6月16日(2021.6.16)		
(31)優先権主張番号	特願2017-202635(P2017-202635)		
(32)優先日	平成29年10月19日(2017.10.19)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 結像光学系、撮像装置および携帯情報端末装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の屈折力を有する第3レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有する第5レンズ、第6レンズを配して構成される結像光学系において、

前記第1レンズは像側に凹面を向けた負レンズで構成され、第1レンズ群を成し、

前記第2レンズは両凹レンズで構成され、前記第3レンズは両凸レンズで構成され、前記第2レンズと前記第3レンズとは接合されて正の屈折力を有する第2レンズ群を成し、

前記第4レンズは両凸レンズで構成され、前記第5レンズは両凹レンズで構成され、前記第4レンズと第5レンズとは接合されて正の屈折力を有する第3レンズ群を成し、

前記第6レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズで構成され、第4レンズ群を成し、

前記第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ と、前記第4レンズ群の焦点距離： $f_4$ と、が以下の条件式(1)：

$$(1) -0.1 < f_1 / f_4 < 0.6$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項2】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の屈折力を有する第3レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有する第5レンズ、第6レンズを配して構成される結像光学系において、

前記第1レンズは像側に凹面を向けた負レンズで構成され、第1レンズ群を成し、  
 前記第2レンズは両凹レンズで構成され、前記第3レンズは両凸レンズで構成され、前記  
 第2レンズと前記第3レンズとは接合されて正の屈折力を有する第2レンズ群を成し、  
 前記第4レンズは両凸レンズで構成され、前記第5レンズは両凹レンズで構成され、前記  
 第4レンズと第5レンズとは接合されて正の屈折力を有する第3レンズ群を成し、  
 前記第6レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズで構成され、第4レンズ  
 群を成し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離： $f_{1-2}$ と、前記第3レンズ群と前  
 記第4レンズ群の合成焦点距離： $f_{3-4}$ とが、以下の条件式(2)：

$$(2) \quad 0.8 < f_{1-2} / f_{3-4} < 3.0$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項3】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の  
 屈折力を有する第3レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有  
 する第5レンズ、第6レンズを配して構成される結像光学系において、

前記第1レンズは像側に凹面を向けた負レンズで構成され、第1レンズ群を成し、  
 前記第2レンズは両凹レンズで構成され、前記第3レンズは両凸レンズで構成され、前記  
 第2レンズと前記第3レンズとは接合されて正の屈折力を有する第2レンズ群を成し、  
 前記第4レンズは両凸レンズで構成され、前記第5レンズは両凹レンズで構成され、前記  
 第4レンズと第5レンズとは接合されて正の屈折力を有する第3レンズ群を成し、  
 前記第6レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズで構成され、第4レンズ  
 群を成し、

前記第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ 、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離  
 ： $f$ としたとき、以下の条件式(3)：

$$(3) \quad -4.0 < f_1 / f < -2.2$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項4】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の  
 屈折力を有する第3レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有  
 する第5レンズ、第6レンズを配して構成される結像光学系において、

前記第1レンズは像側に凹面を向けた負レンズで構成され、第1レンズ群を成し、  
 前記第2レンズは両凹レンズで構成され、前記第3レンズは両凸レンズで構成され、前記  
 第2レンズと前記第3レンズとは接合されて正の屈折力を有する第2レンズ群を成し、  
 前記第4レンズは両凸レンズで構成され、前記第5レンズは両凹レンズで構成され、前記  
 第4レンズと第5レンズとは接合されて正の屈折力を有する第3レンズ群を成し、  
 前記第6レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズで構成され、第4レンズ  
 群を成し、

前記第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径： $r_{3R}$ 、無限遠物体に合焦した状態におけ  
 る全系の焦点距離： $f$ としたとき、以下の条件式(5)：

$$(5) \quad 0.4 < r_{3R} / f < 1.0$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項5】

請求項1乃至4の何れか1つに記載の結像光学系において、

前記第2レンズ群の最も物体側の面の曲率半径： $r_{2F}$ 、無限遠物体に合焦した状態にお  
 ける全系の焦点距離： $f$ としたとき、以下の条件式(4)：

$$(4) \quad -1.6 < r_{2F} / f < -0.6$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項6】

請求項1乃至5の何れか1つに記載の結像光学系において、

前記第2レンズ群および前記第3レンズ群が有する正レンズの平均屈折率： $n_{dp2-3}$ と

10

20

30

40

50

したとき、以下の条件式(6)：

$$(6) \quad 1.75 < n_{d,p2-3} < 2.0$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項7】

請求項1乃至6の何れか1つに記載の結像光学系において、無限遠物体に合焦した状態における前記第1レンズ群の最も物体側の面から像面までの距離： $L$ 、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： $f$ としたとき、以下の条件式(7)：

$$(7) \quad 1.3 < L / f < 1.9$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

10

【請求項8】

請求項1乃至7の何れか1つに記載の結像光学系において、前記第1レンズ群の最も物体側の面から前記第4レンズ群の最も像側の面までの距離： $D_T$ 、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： $f$ としたとき、以下の条件式(8)：

$$(8) \quad 0.6 < D_T / f < 1.1$$

を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項9】

請求項1乃至8の何れか1つに記載の結像光学系によって、所定の撮像面に像を結像する撮像装置。

20

【請求項10】

請求項9に記載の撮像装置を有する携帯情報端末装置。

【請求項11】

請求項9に記載された撮像装置において、当該撮像装置の前記撮像面における最大像高： $Y'$ 、最大像高に達する主光線の像面への入射角： $P_{max}$ 、前記結像光学系の無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： $f$ としたとき、以下の条件式(9)、(10)：

$$(9) \quad 0.7 < Y' / f < 0.95$$

$$(10) \quad 0.6 < \tan(P_{max}) < 0.95$$

を何れも満足することを特徴とする撮像装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結像光学系、撮像装置および携帯情報端末装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の撮像装置、中でもデジタルカメラの市場は非常に大きく、ユーザのデジタルカメラに対する要望も多岐にわたっている。

中でも、対角長が20mm～45mm程度の比較的大きな撮像素子と、高性能な単焦点レンズを搭載した高画質のコンパクトカメラが大きな期待を集めている。

40

こうした撮像装置は、高性能であることに加えて、携帯性に優れている、言い換えると小型であることに対する要望が強い。

【0003】

高性能化という面では、少なくとも2400万画素以上の撮像素子に対応した解像力を有することに加え、絞り開放からコマフレアが少なく高コントラストで画角の周辺部まで点像の乱れが少ないこと、色収差が少なく輝度の差が大きい部分にも不要な色付きを生じないこと、歪曲収差が少なく直線を直線として描写可能なことなどが必要である。

【0004】

また、大口径化という面では、ズームレンズを搭載した一般のコンパクトカメラと差別化する必要性から、少なくともF2.8～F3.3程度が必要である。

50

小型化の面では、撮像素子が比較的大きいために実焦点距離が長くなるので、結像光学系全体の長さを焦点距離、または最大像高で正規化した場合に、より全長が短くなっている必要がある。

【0005】

こうした結像光学系の画角については、ある程度の広角を望むユーザが多く、結像レンズの半画角が35度以上であることが望ましい。ここで言う半画角35度は、35mm銀塩カメラ換算の焦点距離では約31mmに相当する。

【0006】

こうした結像光学系には多くの種類が考えられるが、広角単焦点レンズの代表的な構成として、物体側に負の屈折力のレンズ群、像側に正の屈折力のレンズ群を配設した、所謂レトロフォーカスタイプが挙げられる。

10

このようなレトロフォーカスタイプの結像光学系では、結像光学系の最も物体側の面から像面までの距離、すなわちレンズ全長が大きくなりやすいという問題があった。

【0007】

そこで、レトロフォーカスタイプよりも小型化に適した結像光学系を有するレンズ構成として、略対称型やテレフォトタイプ等の様々なレンズ光学系が提案されている（特許文献1～6等参照）。

しかしながら、何れも小型化の面でなお改善の余地があり、高性能を維持しつつレンズ全長を小さく抑えることは難しい。

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、全体として小型化しながらも、各種収差を十分に低減しうる高性能の結像光学系の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するため、本発明の結像光学系は、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の屈折力を有する第3レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有する第5レンズ、第6レンズを配して構成される結像光学系において、前記第1レンズは像側に凹面を向けた負レンズで構成され、第1レンズ群を成し、前記第2レンズは両凹レンズで構成され、前記第3レンズは両凸レンズで構成され、前記第2レンズと前記第3レンズとは接合されて正の屈折力を有する第2レンズ群を成し、前記第4レンズは両凸レンズで構成され、前記第5レンズは両凹レンズで構成され、前記第4レンズと第5レンズとは接合されて正の屈折力を有する第3レンズ群を成し、前記第6レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズで構成され、第4レンズ群を成し、前記第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ と、前記第4レンズ群の焦点距離： $f_4$ と、が条件式(1)： $-0.1 < f_1 / f_4 < 0.6$ を満足する。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明の結像光学系によれば、全体として小型化しながらも、各種収差を十分に低減しうる。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施形態に係る撮像装置の全体構成の一例を示す図である。

【図2】図1に示した撮像装置における結像光学系を示す図である。

【図3】結像光学系の数値例実施例2を示す図である。

【図4】結像光学系の数値例実施例3を示す図である。

【図5】結像光学系の数値例実施例4を示す図である。

【図6】結像光学系の数値例実施例5を示す図である。

【図7】結像光学系の数値例実施例6を示す図である。

50

【図 8】結像光学系の数値例実施例 7 を示す図である。

【図 9】結像光学系の数値例実施例 8 を示す図である。

【図 10】図 2 に示した結像光学系の収差図を示す図である。

【図 11】図 3 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 12】図 4 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 13】図 5 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 14】図 6 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 15】図 7 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 16】図 8 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

【図 17】図 9 に示した結像光学系の数値実施例の収差図を示す図である。

10

【図 18】情報端末装置の構成の一例を示す図である。

【図 19】図 18 に示した制御部の構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施形態の一例として図 1 に結像光学系を備える撮像装置 100 の概略構成を示す。

【0013】

撮像装置 100 は、結像光学系を構成する複数のレンズ L を有する撮像装置であり、像面と受光面が一致するように配置された撮像素子 20 と、撮像素子 20 よりも物体側に設けられた絞り 30 と、レンズ L が所定の並び順で配設された結像光学系たるレンズ系 10 と、を有している。

20

レンズ系 10 は、一例を図 2 に示すように、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ L 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ L 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ L 3、絞り 30、正の屈折力を有する第 4 レンズ L 4、負の屈折力を有する第 5 レンズ L 5、第 6 レンズ L 6 を配して構成される結像光学系である。

なお、レンズ系 10 においては、像面 I m に結像させた像を撮像素子 20 で撮像する場合が想定されており、図 2 ないし図 8 において符号 C G は「撮像素子のカバーガラス」を示している。

【0014】

カバーガラス C G は「平行平板状」で、撮像素子 20 の受光面は像面 I m に合致している。

30

【0015】

カバーガラス C G は、撮像素子 20 の受光面をシールドして保護する機能を持つが、赤外線カットフィルタ等の機能を併せ持つとしても良い。

【0016】

このように、レンズ系 10 は、絞り 30 の前後に正の屈折力を有するレンズ、さらに外側に負の屈折力を有するレンズを配置した所謂『略対称型』のパワー配置を基本としている。

すなわち、レンズ系 10 は、絞り 30 を中心に見たとき、レンズ系 10 を構成するレンズのパワーの符号が対称になるように配置される。

40

さらに、後述するように第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 とを互いに凹面を向い合せになるように配置することで、コマ収差や歪曲収差、倍率色収差の補正が容易になる。

【0017】

第 1 レンズ L 1 は像側に凹面を向けた負レンズであり、本実施形態においては単体で第 1 レンズ群を構成する。

第 2 レンズ L 2 は物体側に凹面を向けた負レンズである。すなわち、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 とは互いに凹面を向い合せになるように配置される。

第 3 レンズ L 3 は、正の屈折力を有し、第 2 レンズ L 2 と一体に接合される。

第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 とが一体に接合された接合レンズは、全体として正の屈折力を有し、第 2 レンズ群を構成する。

50

## 【 0 0 1 8 】

絞り 3 0 は、第 3 レンズ L 3 よりも像側であって第 4 レンズ L 4 よりも物体側に配置された開口絞りである。

## 【 0 0 1 9 】

第 4 レンズ L 4 は、正の屈折力を有している。

第 5 レンズ L 5 は、本実施形態では像側に凹面を向けた負レンズである。

第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 とは、接合して正の屈折力を有する接合レンズ群たる第 3 レンズ群を構成する。

このように第 3 レンズ群を正の屈折力を有する接合レンズ群とすることで、軸上色収差の補正において有利となる。

10

## 【 0 0 2 0 】

第 6 レンズ L 6 は、少なくとも近軸上において、物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズである。第 6 レンズ L 6 の屈折力は、レンズ系 1 0 を構成するレンズの中で最も弱くなるようにレンズ系 1 0 のパワー配置が定められている。

かかる構成により、レンズ系全系の負のパワーを絞りに対して物体側に偏らせた状態で配置されるから、さらにコマ収差や歪曲収差の補正において有利に働く。

## 【 0 0 2 1 】

また、本実施形態では、第 1 レンズ L 1 を第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 とを第 2 レンズ群 G 2、第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 とを第 3 レンズ群 G 3、第 6 レンズ L 6 を第 4 レンズ群 G 4 とする。

20

本実施形態では、第 1 レンズ群の像側の面（すなわち第 1 レンズ L 1 の像側面 S 2）と、第 2 レンズ群 G 2 の最も物体側の面（すなわち第 2 レンズ L 2 の最も物体側の面 S 3）とが互いに凹面であり、対向するように配置される。

また、第 4 レンズ群 G 4 の最も物体側の面（すなわち第 6 レンズ L 6 の物体側の面 S 1 0）と、第 3 レンズ群 G 3 の最も像側の面（すなわち第 5 レンズ L 5 の像側の面 S 9）とが互いに凹面として対向するように配置される。

このように、双方を共に凹面として対向させることで、上述した収差の補正をより高いレベルで実現することが可能となる。

なお、図 2 ~ 図 8 において、S 1 ~ S 1 1 なる各光学面の記載は、レンズ L 1 ~ L 6 のそれぞれのレンズ面と、絞り 3 0 の光学面とを物体側から順に附番した面番号に対応している。

30

## 【 0 0 2 2 】

第 2 レンズ群 G 2 の最も物体側の面 S 3 を凹面とすることは、第 1 レンズ群 G 1 の小径化を容易にするとともに、主光線より下側の光線（下光線）のコマ収差補正を容易とする効果がある。

第 3 レンズ群 G 3 の最も像側の面 S 9 を凹面とすることは、第 4 レンズ群 G 4 の小径化を容易にするとともに、主光線より上側の光線（上光線）のコマ収差補正を容易とする効果がある。

## 【 0 0 2 3 】

ところで、レンズ系 1 0 のパワー構成は対称型を基本とするといえども、縮小倍率で用いられるカメラレンズとして用いる上では、高性能化する上で完全な対称型では不都合が生じる。

40

## 【 0 0 2 4 】

そこで本実施形態においては、絞り 3 0 を挟んで対向する第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 との間に適度な非対称性を持たせて各種収差補正の自由度を確保しながらも、絞り 3 0 と第 1 レンズ群 G 1 との間、及び絞り 3 0 と第 4 レンズ群 G 4 との間にそれぞれ 1 組の接合レンズのみを配置する。

かかる構成により、製造誤差感度の上昇を防止するとともにレンズユニットへの組み立てを容易にすることができる。

また、かかる構成により、十分な小型化を果たしながらも、倍率色収差やコマ収差の色

50

差を良好に補正可能である。

【0025】

また、本実施形態では、第4レンズ群G4を構成する第6レンズL6を他のレンズ群よりも弱い屈折力としている。かかる構成により、射出瞳位置をコントロールし、周辺像高における主光線の像面への入射角が適切な範囲に設定される。

【0026】

本発明のレンズ系10は、承前の構成に加えて、第1レンズ群G1の焦点距離 $f_1$ 、第4レンズ群G4の焦点距離 $f_4$ としたとき、以下の条件式(1)を更に満足することが望ましい。

【0027】

【数1】

$$-0.1 < \frac{f_1}{f_4} < 0.6 \quad (1)$$

【0028】

数式1の数値範囲について説明する。

レンズ系10は、最大像高に達する主光線の像面への入射角を半画角と同程度(いずれも35度~43度程度)にすることを条件として、小型化・高性能化を狙ったものである。

【0029】

条件式(1)の下限値を下回ると、すなわち $f_1/f_4 < 0.1$ となると、レンズ系10のレトロフォーカスの特性が強くなることにより主点が像側へと移動し、レンズ全長の短縮が難しくなるため、小型化の目的に適さない。

さらに、射出瞳が物体側へ移動することによって第4レンズ群G4すなわち第6レンズL6のレンズ径が大型化してしまう。

他方、条件式(1)の上限値を上回ると、すなわち $f_1/f_4 > 0.6$ となると、レンズ系10のテレフォトの特性が強くなり主点が物体側へ移動するから、レンズ全長が短くなるが収差補正の自由度が制限されたり、製造誤差感度が高まるため、高性能化の目的に適さない。

さらに、射出瞳が像側へ移動することによって周辺像高における主光線の像面への入射角が大きくなってしまう。

さらに、射出瞳が物体側へ移動することによって第4レンズ群G4すなわち第6レンズL6のレンズ径が大型化してしまう。

【0030】

このように、条件式(1)を満たすことにより、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4との間の屈折力比を最適化して、射出瞳位置をコントロールできるから、小型化を図りながらも、高性能の結像光学系となる。

【0031】

本発明の各実施形態では、条件式(1)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、倍率色収差やコマ収差の色差を良好に補正可能である。

【0032】

なお、Fナンバー2.8程度を狙う場合など、より良好な収差補正を行うためには、条件式(1)の範囲は、 $-0.1 < f_1/f_4 < 0.3$ の範囲内であることがより望ましい。

【0033】

また、レンズ系10は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成焦点距離： $f_{1-2}$ 、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との合成焦点距離： $f_{3-4}$ としたとき、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

【0034】

【数2】

10

20

30

40

50

$$0.8 < \frac{f_{1-2}}{f_{3-4}} < 3.0 \quad (2)$$

## 【0035】

条件式(2)は、絞り30の前後における屈折力の比を表している。

条件式(2)が0.8以下であると、絞り30よりも物体側の屈折力が相対的に強くなりすぎるため、歪曲収差が周辺部でプラスに曲がりやすくなったり、内向性のコマ収差が発生しやすくなったり、短波長の倍率色収差が画面内側へ向かって発生しやすくなる等のおそれがあるため好ましくない。

10

また、条件式(2)が3.0以上であると、絞り30よりも像側の屈折力が相対的に強くなりすぎるため、マイナスの歪曲収差が発生しやすくなったり、外向性のコマ収差が発生しやすくなったり、短波長の倍率色収差が画面外側へ向かって発生しやすくなる等のおそれがあるため好ましくない。

このように、条件式(2)を満足することにより、絞り30の前後における屈折力比を最適化することができる。

## 【0036】

本発明の各実施形態では、条件式(2)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、倍率色収差やコマ収差の色差を良好に補正可能である。

20

## 【0037】

また、レンズ系10は、第1レンズ群G1の焦点距離： $f_1$ 、レンズ系10を無限遠に合焦したときの焦点距離： $f$ とすると、次の条件式(3)を満足することが望ましい。

## 【0038】

## 【数3】

$$-4.0 < \frac{f_1}{f} < -2.2 \quad (3)$$

30

## 【0039】

条件式(3)は、レンズ系10全体に対する第1レンズ群G1の屈折力の比を表している。

条件式(3)が-4.0以下であると、第1レンズ群G1の屈折力が相対的に弱すぎてしまい、像面湾曲が補正不足となりやすく像面の平坦性の維持が困難である。

また、条件式(3)が-2.2以上であると、絞り30よりも像側の屈折力が相対的に強くなりすぎるため、マイナスの歪曲収差が発生しやすくなったり、外向性のコマ収差が発生しやすくなったり、短波長の倍率色収差が画面外側へ向かって発生しやすくなる等のおそれがあるため好ましくない。

## 【0040】

40

本発明の各実施形態では、条件式(3)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、倍率色収差やコマ収差の色差を良好に補正可能である。

## 【0041】

また、レンズ系10は、第2レンズ群G2の最も物体側の面の曲率半径： $r_{2F}$ 、無限遠物体に合焦した状態での焦点距離： $f$ として、条件式(4)を満足することが望ましい。

## 【0042】

## 【数4】

$$-1.6 < \frac{r_{2F}}{f} < -0.6 \quad (4)$$

50

## 【0043】

条件式(4)が-1.6以下であると、下光線のコマ収差(コマフレア)が中間像高でプラス方向に発生しやすくなったり、非点収差が発生しやすくなってしまうため好ましくない。さらに、第1レンズ群G1を通過する軸外光線が高い位置を通るようになるから、第1レンズ群G1の大径化を招くおそれがある。

また、条件式(4)が-0.6以上であると、下光線のコマ収差(コマフレア)が中間像高でマイナス方向に発生しやすくなったり、プラス方向の球面収差が発生しやすくなったりして好ましくない。

## 【0044】

本発明の各実施形態では、条件式(4)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、コマ収差や球面収差を良好に補正可能である。

10

## 【0045】

また、レンズ系10は、第3レンズ群G3の最も像側の面の曲率半径： $r_{3R}$ 、無限遠物体に合焦した状態での焦点距離： $f$ として、条件式(5)を満足することが望ましい。

## 【0046】

## 【数5】

$$0.4 < \frac{r_{3R}}{f} < 1.0 \quad (5)$$

20

## 【0047】

条件式(5)が0.4以下であると、上光線のコマ収差(コマフレア)が周辺像高でプラス方向に発生しやすくなったり、像面湾曲が発生しやすくなってしまうため好ましくない。

また、条件式(5)が1.0以上であると、上光線のコマ収差(コマフレア)が周辺像高でマイナス方向に発生しやすくなったり、非点収差が発生しやすくなったりして好ましくない。また、第4レンズ群G4を通る軸外光線が高い位置を通ることになるため、第4レンズ群G4が大径化してしまう。

## 【0048】

本発明の各実施形態では、条件式(5)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、コマ収差を良好に補正可能である。

30

## 【0049】

また、レンズ系10は、第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3の有する正レンズの平均屈折率： $nd_{p2-3}$ として、条件式(6)を満足することが望ましい。

## 【0050】

## 【数6】

$$1.75 < nd_{p2-3} \quad (6)$$

40

## 【0051】

条件式(6)が1.75以下であると、像面湾曲の補正が不十分になりやすくなったり、中間像高に内向性のコマ収差が残存しやすくなるため望ましくない。

なお、条件式(6)に上限は特に定めないが、現存する光学ガラスの屈折率範囲やコストとの兼ね合いを考慮すると、概ね2.0~2.1程度を上限とすることがより望ましい。

## 【0052】

本発明の各実施形態では、条件式(6)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、コマ収差を良好に補正可能である。

## 【0053】

また、レンズ系10は、無限遠物体に合焦した状態における第1レンズL1の最も物体

50

側の面から像面までの距離：L、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離：fとして、条件式(7)を満足することが望ましい。

【0054】

【数7】

$$1.3 < \frac{L}{f} < 1.9 \quad (7)$$

【0055】

条件式(7)は、レンズ系10の最も効果的なレンズ全長すなわちレンズ系10の最も物体側の面から像面までの距離を規定するものである。

10

条件式(7)の上限値を超えると、焦点距離に対する全長が十分に確保されるため、収差補正上は有利になるが、レンズが大型化して携帯性が悪化してしまう。

また条件式(7)の下限値を下回ると、過剰な小型化となってしまう収差補正が困難となる。

【0056】

本発明の各実施形態では、条件式(7)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、各種収差を良好に補正することが可能である。

【0057】

また、レンズ系10は、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離：f、第1レンズ群G1の最も物体側の面から第4レンズ群G4の最も像側の面までの距離：D<sub>T</sub>として、条件式(8)を満足することが望ましい。

20

【0058】

【数8】

$$0.6 < \frac{D_T}{f} < 1.1 \quad (8)$$

【0059】

条件式(8)は、レンズ全厚D<sub>T</sub>とレンズ系10の全系の焦点距離との比を表すものである。

30

条件式(8)の上限値を上回ると、焦点距離に対するレンズ全厚が十分に確保されるため、収差補正上は有利になるが、レンズが大型化して携帯性が悪化してしまう。

また条件式(8)の下限値を下回ると、過剰な小型化となってしまう収差補正が困難となる。

【0060】

本発明の各実施形態では、条件式(8)を満たすことにより、十分な小型化を果たしながらも、各種収差を良好に補正することが可能である。

【0061】

また、撮像装置100は、撮像素子に投影される像面の最大像高：Y'、最大像高に達する主光線の像面への入射角：P<sub>max</sub>としたとき、条件式(9)、条件式(10)を満足することが望ましい。

40

【0062】

【数9】

$$0.7 < \frac{Y'}{f} < 0.95 \quad (9)$$

【0063】

【数10】

50

$$0.6 < \tan(\theta P_{\max}) < 0.95 \quad (10)$$

## 【0064】

条件式(9)は、本発明のレンズ系10を用いた撮像装置100において、最も良く効果を発揮する画角を規定するものである。

条件式(10)は、本発明のレンズ系10を用いた撮像装置100において、最も良く効果を発揮する軸外光線の像面への入射角を規定するものである。

## 【0065】

本発明の各実施形態では、レンズ系10の第2レンズ群G2の最も像側の面と、第3レンズ群G3の最も物体側の面は、共に凸面である。

本発明の各実施形態においては、既に述べたようにレンズ系10は、略対称型のパワー配置を備えた結像光学系であるが、絞り30を挟んで対抗する2つのレンズ面についても略対称型のパワー配置とすることによって、コマ収差や歪曲収差、倍率収差を非常に高いレベルで補正することが可能となる。

## 【0066】

より具体的には、第2レンズ群の最も像側の面の曲率半径： $r_{2R}$ 、第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径： $r_{3F}$ としたとき、条件式(11)を満足することが最も望ましい。

## 【0067】

## 【数11】

$$-2.5 < \frac{r_{2R}}{r_{3F}} < -1.0 \quad (11)$$

## 【0068】

また、第2レンズ群G2を構成する接合レンズの接合面： $r_{2c}$ は、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

## 【0069】

## 【数12】

$$0.3 < \frac{r_{2c}}{f} < 0.7 \quad (12)$$

## 【0070】

かかる条件式(12)が0.3以下であると、高次のコマ収差が発生しやすくなり、コマ収差の色収差が発生しやすくなるため好ましくない。

また条件式(12)が0.7以上であると、軸上色収差の補正が困難になったり、像面湾曲が大きく発生しやすくなるため好ましくない。

## 【0071】

また、レンズ系10の第1レンズ群G1を構成する負レンズは、第1レンズ群G1を構成する負レンズのアッベ数： $d_{n1}$ としたとき、条件式(13)を満足することが望ましい。

## 【0072】

## 【数13】

$$55 < \nu d_{n1} < 85 \quad (13)$$

10

20

30

40

50

## 【0073】

アッペ数  $d_{n1}$  が 5.5 以下であると、色収差補正のバランスが崩れて、軸上色収差と倍率色収差の双方を良好に補正することが難しい。

またアッペ数  $d_{n1}$  が 8.5 以上となるような光学材料は一般に柔らかく傷つきやすかったり、化学的耐久性に難があるため、レンズ系 10 の最も物体側、すなわち外界に露出する最も物体側のレンズとして用いるには相応しくない。

## 【0074】

より良好な収差補正のためには、第 1 レンズ群 G1 と第 4 レンズ群 G4 とはともに非球面レンズを用いることが望ましい。かかる構成によれば、非点収差やコマ収差、歪曲収差の補正にさらに大きな効果がある。

## 【0075】

以下、上述したようなレンズ系 10 の具体的な数値実施例について示す。

なお、すべての数値実施例において、最大像高は 14.2 mm としているが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上述の条件式を満たす範囲において適宜変更して良い。

## 【0076】

以下の数値実施例における各記号の意味を示す。

- f : 全系の焦点距離
- F : F ナンバ
- : 半画角
- R : 曲率半径
- D : 面間隔
- $N_d$  : 屈折率
- d : アッペ数
- $P_g, F$  : 部分分散比...  $P_g, F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$
- K : 非球面の円錐定数
- $A_4$  : 4 次の非球面係数
- $A_6$  : 6 次の非球面係数
- $A_8$  : 8 次の非球面係数
- $A_{10}$  : 10 次の非球面係数
- $A_{12}$  : 12 次の非球面係数
- $A_{14}$  : 14 次の非球面係数

ただし、ここで用いられる非球面は、近軸曲率半径の逆数（近軸曲率）を C、光軸からの高さを H とするとき、以下の式で定義される。

## 【0077】

## 【数 14】

$$X = \frac{CH^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + K)C^2H^2)}} + A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8 + A_{10} \cdot H^{10} + A_{12} \cdot H^{12} + A_{14} \cdot H^{14}$$

## 【0078】

数値実施例 1

$f = 18.46$ 、 $F = 2.87$ 、 $\omega = 38.0$

## 【0079】

10

20

30

40

50

【表 1】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	23.14	0.7	1.51633	64.06	0.5333
02*	12.887	2.53			
3	-21.976	0.6	1.6398	34.47	0.5922
4	8.436	2.67	1.883	40.76	0.5667
5	-26.333	1.1			
6	絞り	1.2			
7	13.859	2.72	1.883	40.76	0.5667
8	-8.706	0.5	1.68893	31.07	0.6004
9	12.365	1.56			
10*	-17.8	1	1.861	37.1	0.5785
11*	-18.465	12.805			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0080】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.39582 \times 10^{-4}, A_6 = 1.09403 \times 10^{-5}, A_8 = -8.93602 \times 10^{-7}, A_{10} = 6.33374 \times 10^{-8}, A_{12} = -1.94805 \times 10^{-9}, A_{14} = 2.50856 \times 10^{-11}$$

20

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = 8.61980 \times 10^{-5}, A_6 = -2.76787 \times 10^{-6}$$

非球面：第11面

$$K = 8.64103, A_4 = 4.77392 \times 10^{-4}, A_6 = 7.10137 \times 10^{-6}, A_8 = -9.62038 \times 10^{-8}, A_{10} = 6.79734 \times 10^{-9}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.031$
- (2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 1.767$
- (3)  $f_1 / f = -3.124$
- (4)  $r_{2F} / f = -1.190$
- (5)  $r_{3R} / f = 0.670$
- (6)  $nd_{p2-3} = 1.883$
- (7)  $L / f = 1.597$
- (8)  $D_T / f = 0.790$
- (9)  $Y' / f = 0.769$
- (10)  $\tan(P_{mAx}) = 0.765$
- (11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.900$
- (12)  $r_{3C} / f = 0.457$
- (13)  $d_{n1} = 64.06$

30

## 【0081】

数值实施例2

$$f = 18.49, F = 2.86, \quad = 37.9$$

## 【0082】

40

50

【表 2】

面番号	R	D	$N_d$	$v_d$	$P_{g,F}$
1	21.912	0.8	1.58313	59.46	0.5404
02*	13.136	2.36			
3	-21.409	0.6	1.6398	34.47	0.5922
4	8.362	2.87	1.883	40.76	0.5667
5	-24.803	1.1			
6	絞り	1.2			
7	13.834	2.69	1.883	40.76	0.5667
8	-8.699	0.5	1.68893	31.07	0.6004
9	11.805	1.46			
10*	-19.158	1	1.85135	40.1	0.5694
11*	-19.589	12.755			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0083】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.68967 \times 10^{-4}, A_6 = -4.58263 \times 10^{-7}, A_8 = 4.00133 \times 10^{-7}, A_{10} = -1.35475 \times 10^{-8}, A_{12} = 3.17395 \times 10^{-10}, A_{14} = -1.36710 \times 10^{-12}$$

20

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = 8.14051 \times 10^{-5}, A_6 = -5.35844 \times 10^{-6}$$

非球面：第11面

$$K = 8.84476, A_4 = 4.57704 \times 10^{-4}, A_6 = 2.52368 \times 10^{-6}, A_8 = 6.66033 \times 10^{-9}, A_{10} = 3.97299 \times 10^{-9}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = -0.004$   
(2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 1.541$   
(3)  $f_1 / f = -3.148$   
(4)  $r_{2F} / f = -1.158$   
(5)  $r_{3R} / f = 0.669$   
(6)  $nd_{p2-3} = 1.883$   
(7)  $L / f = 1.592$   
(8)  $D_T / f = 0.789$   
(9)  $Y' / f = 0.768$   
(10)  $\tan(P_{MAx}) = 0.773$   
(11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.793$   
(12)  $r_{3C} / f = 0.452$   
(13)  $d_{n1} = 59.46$

30

## 【0084】

数值实施例3

$$f = 17.84, F = 2.87, \quad = 38.8$$

## 【0085】

40

50

【表 3】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	24.961	0.8	1.51633	64.06	0.5333
02*	13.937	1.92			
3	-25.434	0.6	1.64769	33.79	0.5938
4	7.318	2.79	1.883	40.76	0.5667
5	-27.723	0.9			
6	絞り	1.1			
7	15.266	2.62	1.883	40.76	0.5667
8	-7.705	0.6	1.6727	32.1	0.5988
9	11.738	1.47			
10*	-24.824	1.1	1.854	40.38	0.5688
11*	-26.317	11.597			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0086】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 3.72951 \times 10^{-4}, A_6 = 3.24602 \times 10^{-6}, A_8 = 5.33404 \times 10^{-8}, A_{10} = 2.01818 \times 10^{-8}, A_{12} = -9.51799 \times 10^{-10}, A_{14} = 1.91260 \times 10^{-11}$$

20

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = -3.28215 \times 10^{-4}, A_6 = -1.83240 \times 10^{-5}$$

非球面：第11面

$$K = 19.98002, A_4 = 9.73270 \times 10^{-5}, A_6 = -3.03423 \times 10^{-6}, A_8 = -1.89893 \times 10^{-7}, A_{10} = 1.32511 \times 10^{-8}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.081$   
(2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 1.223$   
(3)  $f_1 / f = -3.512$   
(4)  $r_{2F} / f = -1.425$   
(5)  $r_{3R} / f = 0.658$   
(6)  $nd_{p2-3} = 1.883$   
(7)  $L / f = 1.547$   
(8)  $D_T / f = 0.779$   
(9)  $Y' / f = 0.796$   
(10)  $\tan(P_{MAx}) = 0.828$   
(11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.816$   
(12)  $r_{3C} / f = 0.410$   
(13)  $d_{n1} = 64.06$

30

## 【0087】

数值实施例4

$$f = 18.29, F = 2.87, \quad = 38.2$$

## 【0088】

40

50

【表 4】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	28.932	0.8	1.51633	64.06	0.5333
02*	14.947	1.79			
3	-20.736	0.6	1.6398	34.47	0.5922
4	7.987	2.82	1.883	40.76	0.5667
5	-24.675	0.9			
6	絞り	1.1			
7	14.854	2.72	1.883	40.76	0.5667
8	-8.223	0.6	1.68893	31.07	0.6004
9	12.851	1.55			
10	-13.712	1.1	1.88202	37.22	0.5769
11*	-14.38	12.452			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0089】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.67419 \times 10^{-4}, A_6 = 1.46337 \times 10^{-5}, A_8 = -1.15262 \times 10^{-6}, A_{10} = 8.30471 \times 10^{-8}, A_{12} = -2.70440 \times 10^{-9}, A_{14} = 3.79775 \times 10^{-11}$$

20

非球面：第11面

$$K = 1.42113, A_4 = 2.87593 \times 10^{-4}, A_6 = 4.81917 \times 10^{-6}, A_8 = 4.83416 \times 10^{-8}, A_{10} = 6.12592 \times 10^{-10}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.042$   
(2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 1.462$   
(3)  $f_1 / f = -3.339$   
(4)  $r_{2F} / f = -1.134$   
(5)  $r_{3R} / f = 0.703$   
(6)  $nd_{p2-3} = 1.883$   
(7)  $L / f = 1.560$   
(8)  $D_T / f = 0.764$   
(9)  $Y' / f = 0.776$   
(10)  $\tan(P_{mAx}) = 0.777$   
(11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.661$   
(12)  $r_{3C} / f = 0.437$   
(13)  $d_{n1} = 64.06$

30

## 【0090】

数值实施例5

$$f = 18.28, F = 2.87, \quad = 38.2$$

40

## 【0091】

50

【表 5】

面番号	R	D	$N_d$	$v_d$	$P_{g,F}$
1	17.034	0.7	1.51633	64.06	0.5333
02*	10.894	2.46			
3	-18.486	0.6	1.6398	34.47	0.5922
4	8.332	2.75	1.881	40.14	0.5701
5	-25.206	1.1			
6	絞り	1.2			
7	13.099	2.76	1.881	40.14	0.5701
8	-8.666	0.5	1.69895	30.13	0.603
9	12.744	1.52			
10*	-16.835	1	1.88202	37.22	0.5769
11*	-17.51	12.807			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0092】

非球面；第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.49546 \times 10^{-4}, A_6 = 5.30767 \times 10^{-6}, A_8 = -1.77772 \times 10^{-7}, A_{10} = 2.52567 \times 10^{-8}, A_{12} = -9.46560 \times 10^{-10}, A_{14} = 1.70552 \times 10^{-11}$$

20

非球面；第10面

$$K = 0.0, A_4 = 2.21965 \times 10^{-4}, A_6 = -7.84181 \times 10^{-7}$$

非球面；第11面

$$K = 7.28422, A_4 = 6.02712 \times 10^{-4}, A_6 = 8.85505 \times 10^{-6}, A_8 = -5.39399 \times 10^{-8}, A_{10} = 4.60086 \times 10^{-9}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.038$   
 (2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 2.294$   
 (3)  $f_1 / f = -3.331$   
 (4)  $r_{2F} / f = -1.011$   
 (5)  $r_{3R} / f = 0.697$   
 (6)  $nd_{p2-3} = 1.881$   
 (7)  $L / f = 1.613$   
 (8)  $D_T / f = 0.798$   
 (9)  $Y' / f = 0.777$   
 (10)  $\tan(P_{MAx}) = 0.769$   
 (11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.924$   
 (12)  $r_{3C} / f = 0.456$   
 (13)  $d_{n1} = 64.06$

30

## 【0093】

数值实施例6

$$f = 18.45, F = 2.87, \quad = 38.0$$

## 【0094】

40

50

【表 6】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	20.798	0.7	1.58313	59.38	0.5423
02*	12.11	2.46			
3	-16.845	0.6	1.61293	37	0.5862
4	8.688	2.98	1.83481	42.72	0.5648
5	-20.339	1.1			
6	絞り	1.21			
7	11.799	2.94	1.83481	42.72	0.5648
8	-8.814	0.5	1.6727	32.1	0.5988
9	11.699	1.6			
10*	-17.164	1	1.9027	31	0.5943
11*	-18.04	13.039			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0095】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.25513 \times 10^{-4}, A_6 = 5.62684 \times 10^{-6}, A_8 = -3.11498 \times 10^{-7}, A_{10} = 2.96319 \times 10^{-8}, A_{12} = -9.92939 \times 10^{-10}, A_{14} = 1.49463 \times 10^{-11}$$

20

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = 2.67595 \times 10^{-4}, A_6 = -7.23834 \times 10^{-8}$$

非球面：第11面

$$K = 8.02127, A_4 = 6.35106 \times 10^{-4}, A_6 = 1.02195 \times 10^{-5}, A_8 = -9.60305 \times 10^{-8}, A_{10} = 6.19345 \times 10^{-9}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.060$   
(2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 2.348$   
(3)  $f_1 / f = -2.777$   
(4)  $r_{2F} / f = -0.913$   
(5)  $r_{3R} / f = 0.634$   
(6)  $nd_{p2-3} = 1.835$   
(7)  $L / f = 1.638$   
(8)  $D_T / f = 0.818$   
(9)  $Y' / f = 0.770$   
(10)  $\tan(P_{max}) = 0.755$   
(11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.724$   
(12)  $r_{3C} / f = 0.471$   
(13)  $d_{n1} = 59.38$

30

## 【0096】

数值实施例7

$$f = 15.70, F = 3.27, \quad = 42.3$$

## 【0097】

40

50

【表 7】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	19.742	0.7	1.58313	59.38	0.5423
02*	11.85	2.46			
3	-12.492	0.6	1.5927	35.31	0.5933
4	9.512	2.46	1.83481	42.72	0.5648
5	-16.061	1.1			
6	絞り	1.2			
7	10.604	2.97	1.83481	42.72	0.5648
8	-7.496	0.5	1.6727	32.1	0.5988
9	12.03	1.43			
10*	-14.261	1	1.9027	31	0.5943
11*	-17.022	10.301			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

10

## 【0098】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.71502 \times 10^{-4}, A_6 = 9.04308 \times 10^{-6}, A_8 = -6.14012 \times 10^{-7}, A_{10} = 5.78048 \times 10^{-8}, A_{12} = -2.15199 \times 10^{-9}, A_{14} = 3.93607 \times 10^{-11}$$

20

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = 5.77816 \times 10^{-4}, A_6 = -3.98329 \times 10^{-6}$$

非球面：第11面

$$K = 5.29089, A_4 = 1.01998 \times 10^{-3}, A_6 = 1.03128 \times 10^{-5}, A_8 = -3.03249 \times 10^{-8}, A_{10} = 1.61176 \times 10^{-9}$$

条件式数值

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.447$   
(2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 2.525$   
(3)  $f_1 / f = -3.348$   
(4)  $r_{2F} / f = -0.796$   
(5)  $r_{3R} / f = 0.766$   
(6)  $nd_{p2-3} = 1.835$   
(7)  $L / f = 1.709$   
(8)  $D_T / f = 0.919$   
(9)  $Y' / f = 0.905$   
(10)  $\tan(P_{max}) = 0.925$   
(11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.515$   
(12)  $r_{3C} / f = 0.606$   
(13)  $d_{n1} = 59.38$

30

## 【0099】

数值实施例8

## 【0100】

$$f = 17.00, F = 2.96, = 40.2$$

## 【0101】

40

50

【表 8】

面番号	R	D	$N_d$	$\nu_d$	$P_{g,F}$
1	19.439	0.7	1.55332	71.68	0.5402
02*	11.871	2.65			
3	-18.019	0.61	1.64769	33.79	0.5938
4	8.316	2.48	1.883	40.76	0.5667
5	-21.55	0.9			
6	絞り	1.11			
7	12.474	2.65	1.883	40.76	0.5667
8	-8.112	0.5	1.68893	31.07	0.6004
9	11.685	1.48			
10*	-17.538	1	1.80625	40.91	0.5691
11*	-19.9	11.493			
12	$\infty$	1.4	1.51633	64.14	
13	$\infty$				

## 【0102】

非球面：第2面

$$K = 0.0, A_4 = 2.73421 \times 10^{-4}, A_6 = 9.57620 \times 10^{-6}, A_8 = -5.17927 \times 10^{-7}, A_{10} = 4.42696 \times 10^{-8}, A_{12} = -1.46086 \times 10^{-9}, A_{14} = 2.35256 \times 10^{-11}$$

非球面：第10面

$$K = 0.0, A_4 = 1.38887 \times 10^{-4}, A_6 = -5.07770 \times 10^{-6}$$

非球面：第11面

$$K = 11.77417, A_4 = 6.26999 \times 10^{-4}, A_6 = 1.15300 \times 10^{-5}, A_8 = -2.66704 \times 10^{-7}, A_{10} = 1.30462 \times 10^{-8}$$

条件式数値

- (1)  $f_1 / f_4 = 0.252$
- (2)  $f_{1-2} / f_{3-4} = 1.850$
- (3)  $f_1 / f = -3.352$
- (4)  $r_{2F} / f = -1.060$
- (5)  $r_{3R} / f = 0.687$
- (6)  $nd_{p2-3} = 1.883$
- (7)  $L / f = 1.628$
- (8)  $D_T / f = 0.828$
- (9)  $Y' / f = 0.835$
- (10)  $\tan(P_{max}) = 0.848$
- (11)  $r_{2R} / r_{3F} = -1.728$
- (12)  $r_{3C} / f = 0.489$
- (13)  $d_{n1} = 71.68$

## 【0103】

図18および図19を参照して、携帯情報端末装置としての実施例を示す。

本実施例における携帯情報端末装置たるカメラ200は、撮影レンズ210と、図示しないエリアセンサたる受光素子としての撮像素子20と、制御部230と、を有し、撮影レンズ210によって撮像素子20上において形成される撮影対象物300の像を読み取るように構成されている。

カメラ200はまた、図18(b)に示すように、カメラ200によって撮影された画像等の表示を行うための表示部たる液晶モニタ240と、カメラ200の操作を行うためのボタンである操作部250と、を有している。

## 【0104】

なお、撮影レンズ210は、数値実施例1～8で例に挙げて述べたレンズ系10を用い

10

20

30

40

50

た結像光学系を有するレンズユニットである。

すなわち、本実施例において、カメラ200は、レンズ系10によって、所定の撮像面に像を結像する撮像装置としての機能を有している。

【0105】

制御部230は、図19に示すように、撮像素子20からの受光信号を処理する信号処理装置と、画像処理装置と、中央演算装置(CPU)と、を有し、半導体メモリたる内部メモリや通信カード等を記憶部として備える計算機である。

撮像素子20からの出力は、中央演算装置の制御を受ける信号処理装置によって処理され、デジタル情報に変換される。

信号処理装置によってデジタル化された画像情報は、中央演算装置の制御を受ける画像処理装置において所定の画像処理を受けた後、内部メモリに記録される。

10

液晶モニタ240には撮影中の画像を表示することもできるし、記憶部に記録されている画像を表示することもできる。また、内部メモリに記録した画像を通信カード等を介して外部へ送信することも可能である。

【0106】

撮影レンズ210はカメラ200の携帯時には図18(a)に示すように沈胴状態にあり、ユーザが電源スイッチを操作して電源を入れると、図18(c)に示すように鏡胴が繰り出されることで、撮影可能状態となる。

【0107】

また、撮影レンズ210は、ズームレバーを操作することで、画像の切り出し範囲を変えて擬似的に変倍する、いわゆるデジタルズームの操作を行うこともできる。このとき、ファインダも画角の変化に連動して変倍する。

20

【0108】

ユーザがシャッターボタンの半押しを行うことにより、制御部230は撮影レンズ210を動作させてフォーカシングを行う。

数値実施例1~8に示した各実施例において、フォーカシングはレンズ系10全体の移動によって行うことができるし、撮像素子20の移動によっても行うことができる。

シャッターボタンを半押しの状態からさらに押し込むと撮影がなされる。

内部メモリに記録した画像を液晶モニタ240に表示したり、通信カード等を使用して外部へ送信する際は、操作部250の操作によって行う。内部メモリおよび通信カード等は、本実施例においてはそれぞれ専用または汎用のスロットに挿入して使用されるが、かかる構成に限定されるものではない。

30

【0109】

なお、撮影レンズが沈胴状態にあるとき、撮影レンズ210の各レンズ群は必ずしも光軸上に並んでいなくても良い。例えば、第2レンズ群G2が光軸上から退避して、第1レンズ群G1と並列に収納されるような機構とすれば、カメラのさらなる薄型化が実現できる。

【0110】

以上に説明したようなカメラ(携帯情報端末装置)には、数値実施例1~数値実施例8で示したレンズ系10を撮影レンズとして使用することができる。かかる構成により、2,400万画素以上の受光素子を使用した高画質で小型のカメラ(携帯情報端末装置)において、全体として小型化しながらも、各種収差を十分に低減しうる。

40

また、本実施例において、カメラ200の撮像面における最大像高： $Y'$ 、最大像高に達する主光線の像面への入射角： $P_{max}$ 、レンズ系10の無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： $f$ としたとき、承前の条件式(9)、(10)を何れも満足させることが最も望ましい。

かかる構成により、カメラ200を全体として小型化しながらも、各種収差を十分に低減しうる。

【0111】

以上本発明の好ましい実施の形態について説明したが、本発明はかかる特定の実施形態

50

に限定されるものではなく、上述の説明で特に限定していない限り、特許請求の範囲に記載された本発明の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0112】

本発明の実施の形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本発明の実施の形態に記載されたものに限定されるものではない。

【符号の説明】

【0113】

10	結像光学系（レンズ系）	
20	撮像素子	10
30	開口絞り（絞り）	
100	撮像装置	
200	携帯情報端末装置（カメラ）	
G1	第1レンズ群	
G2	第2レンズ群	
G3	第3レンズ群	
G4	第4レンズ群	
L1	第1レンズ	
L2	第2レンズ（第2レンズ群）	
L3	第3レンズ（第2レンズ群）	20
L4	第4レンズ（第3レンズ群）	
L5	第5レンズ（第3レンズ群）	
L6	第6レンズ（第4レンズ群）	

【先行技術文献】

【特許文献】

【0114】

【文献】特許第5895718号公報

特開2013-250534号公報

特開2005-352060号公報

特開平11-326756号公報

特開平08-313802号公報

特開平05-157965号公報

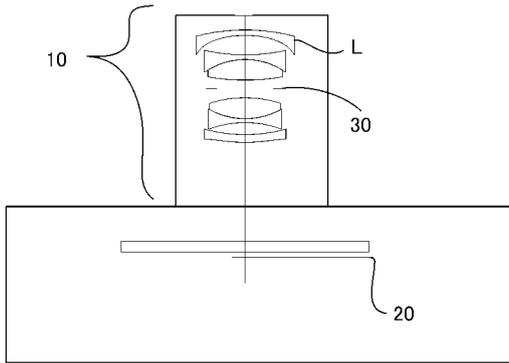
30

40

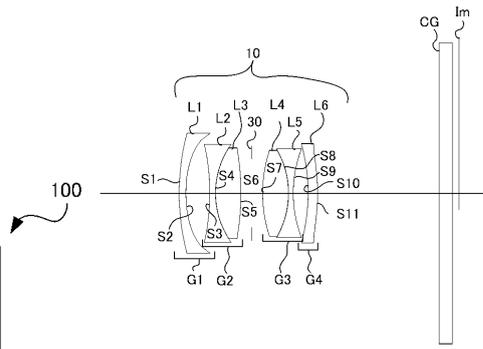
50

【図面】

【図 1】

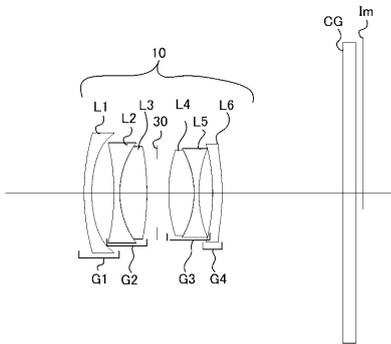


【図 2】

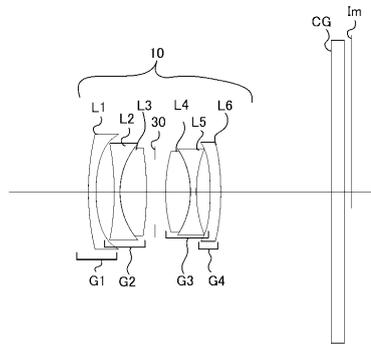


10

【図 3】



【図 4】



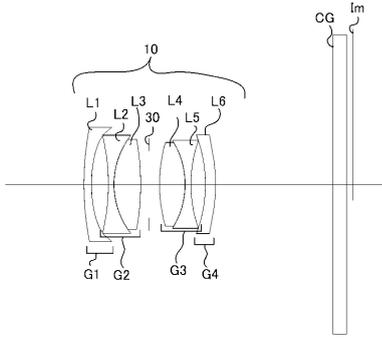
20

30

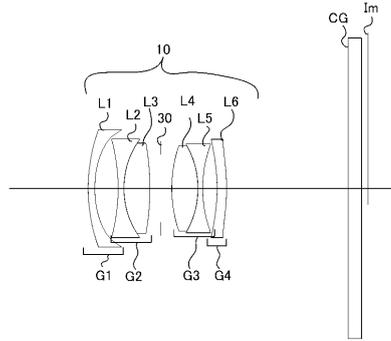
40

50

【図 5】

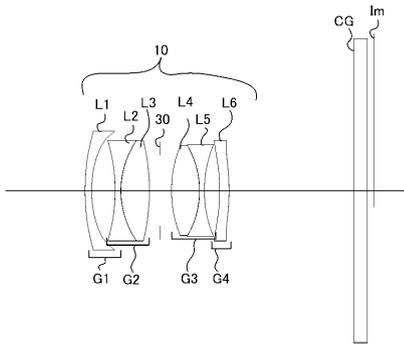


【図 6】

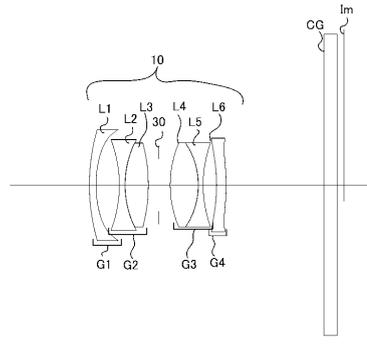


10

【図 7】

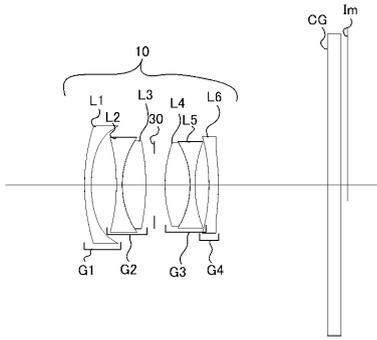


【図 8】

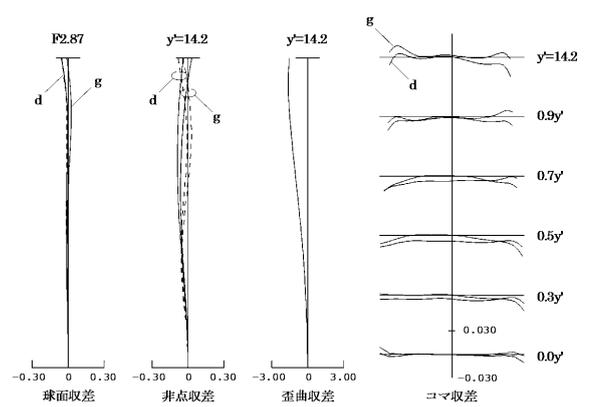


20

【図 9】



【図 10】

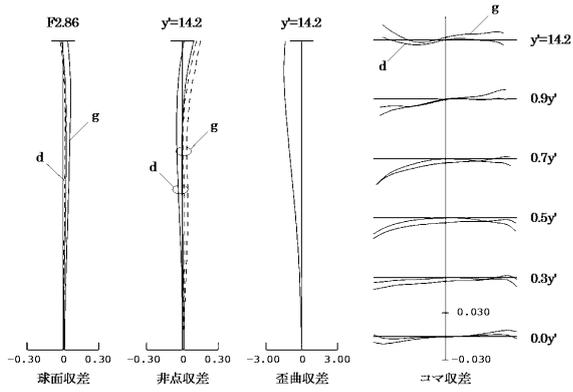


30

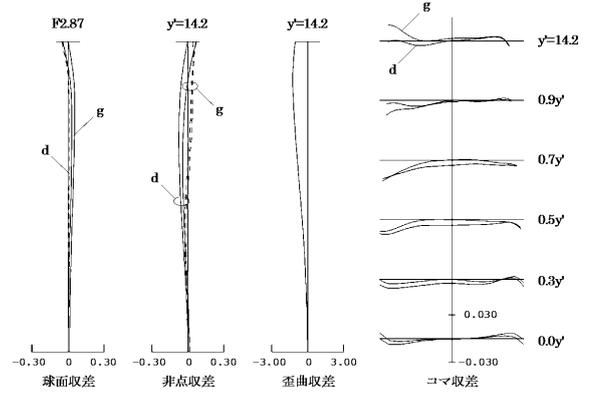
40

50

【 図 1 1 】

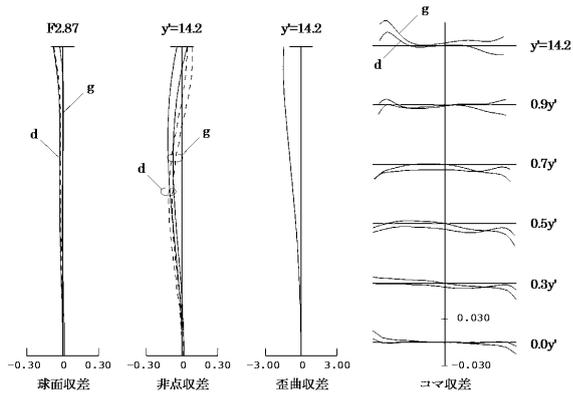


【 図 1 2 】

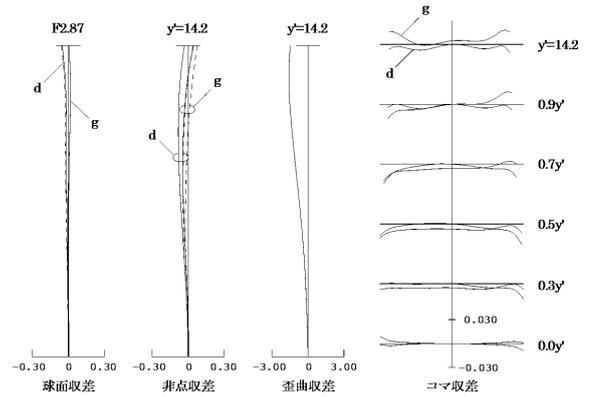


10

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



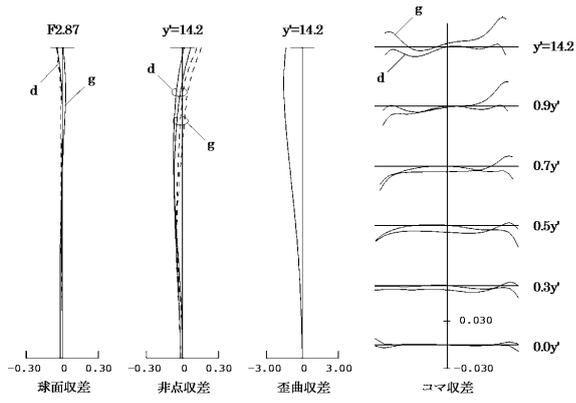
20

30

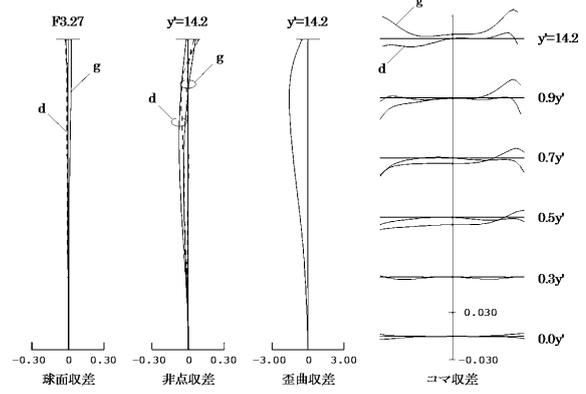
40

50

【 図 1 5 】

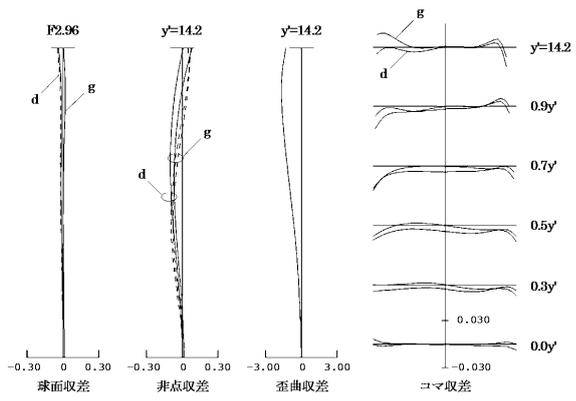


【 図 1 6 】

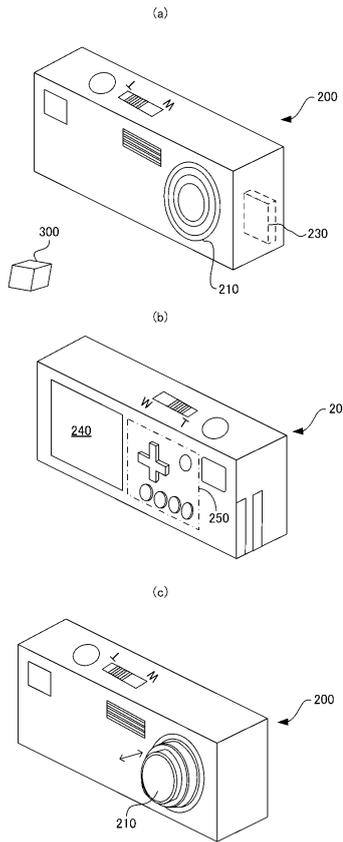


10

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



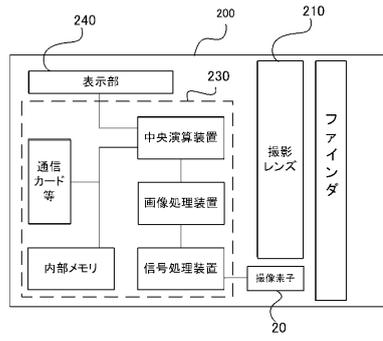
20

30

40

50

【図 19】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-156570(JP,A)  
特開2008-257109(JP,A)  
特開昭59-165014(JP,A)  
米国特許出願公開第2017/0184815(US,A1)  
米国特許出願公開第2012/0056976(US,A1)
- (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