

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6529396号  
(P6529396)

(45) 発行日 令和1年6月12日(2019.6.12)

(24) 登録日 令和1年5月24日(2019.5.24)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>G02B 13/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/00	
<b>G02B 13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/18	
<b>G02B 23/26</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 23/26	C
<b>A61B 1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A61B 1/00	731
		A61B 1/00	C

請求項の数 20 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2015-174660 (P2015-174660)  
 (22) 出願日 平成27年9月4日(2015.9.4)  
 (65) 公開番号 特開2017-49532 (P2017-49532A)  
 (43) 公開日 平成29年3月9日(2017.3.9)  
 審査請求日 平成30年4月5日(2018.4.5)

(73) 特許権者 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都八王子市石川町2951番地  
 (74) 代理人 100123962  
 弁理士 斎藤 圭介  
 (72) 発明者 植村 亮介  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内  
 (72) 発明者 天内 隆裕  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内  
 (72) 発明者 飯島 恭子  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、

物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなる結像光学系と、

前記結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、からなる撮像装置であって、

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、

前記像側レンズ成分の最も像側の面が曲面であり、

以下の条件式(1)、(3)を満足することを特徴とする撮像装置。

$$0 < L / TL \leq 0.4 \quad \dots (1)$$

$$0 < |R_{2e} / R_{img}| \leq 2.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

Lは、前記物体側レンズ成分の最も像側の面から前記像側レンズ成分の最も物体側の面までの光軸上での距離、

TLは、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記撮像面までの光軸上での距離、

$R_{2e}$ は、前記像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

$R_{img}$ は、光軸と前記撮像面とが交わる点を面頂点とし、前記面頂点と、前記結像光

学系へ半画角 60 度で入射した光線と前記撮像面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径の最小値、  
 である。

【請求項 2】

前記像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、以下の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の撮像装置。

$$0 < R_{2e} / R_{11} < 1.0 \quad \dots (2)$$

ここで、

$R_{11}$  は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

$R_{2e}$  は、前記像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

である。

【請求項 5】

以下の条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の撮像装置。

$$L_{1e} / TL < 0.65 \quad \dots (4)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$TL$  は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記撮像面までの光軸上での距離

である。

【請求項 6】

前記物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、前記像側レンズ成分は正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 7】

レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、

物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、

前記像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、

前記物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、前記像側レンズ成分は正の屈折力を有し、

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする結像光学系。

$$L_{1e} / R_{11} < 0 \quad \dots (5)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$R_{11}$  は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

である。

【請求項 8】

レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、

物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、

10

20

30

40

50

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、  
前記像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、  
前記物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、前記像側レンズ成分は正の屈折力を有し、  
以下の条件式(6)を満足することを特徴とする結像光学系。

$$PS_{inv} / R_{11} < 0 \quad \dots (6)$$

ここで、

$R_{11}$ は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、  
 $PS_{inv}$ は、前記結像光学系のペッツバール和  $PS$  の逆数であり、  
ペッツバール和  $PS$  は以下の式で表される。

【数1】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

$i$ は、前記結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、  
 $k$ は、前記結像光学系中のレンズの総数、  
 $n_i$ は、 $i$ 番目のレンズの  $d$ 線での屈折率、  
 $f_i$ は、 $i$ 番目のレンズの焦点距離、

である。

【請求項9】

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることを特徴とする請求項7または8に記載の結像光学系。

【請求項10】

請求項7から9のいずれか一項に記載の結像光学系と、  
前記結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、  
を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項11】

請求項7から9のいずれか一項に記載の結像光学系と、  
前記結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、  
前記結像光学系の物体側に配置されたドーム形状のカバー部と、を有することを特徴とするカプセル内視鏡。

【請求項12】

軸上光束を制限する明るさ絞りを有し、  
レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、  
物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、  
前記明るさ絞りが、前記物体側レンズ成分と前記像側レンズ成分との間に配置され、  
前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、  
以下の条件式(4)、(7)を満足することを特徴とする結像光学系。

$$L_{1e} / TL < 0.65 \quad \dots (4)$$

$$PS \times EXP < -0.7 \quad \dots (7)$$

ここで、

$L_{1e}$ は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$TL$ は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記撮像面までの光軸上での距離

、

$PS$ は、前記結像光学系のペッツバール和であり、  
ペッツバール和  $PS$  は以下の式で表される。

10

20

30

40

## 【数 2】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

i は、前記結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、前記結像光学系中のレンズの総数、

n<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

f<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの焦点距離、

E X P は、前記像から前記結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、前記近軸射出瞳位置が前記像よりも物体側にある場合の符号を負とする、  
である。

## 【請求項 1 3】

軸上光束を制限する明るさ絞りを有し、

レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、

物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、

前記明るさ絞りが、前記物体側レンズ成分と前記像側レンズ成分との間に配置され、

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が少なくとも軸外の有効面内においてメリディオナル方向で物体側に凹形状となる凹形状部分を有する面であり、  
20

以下の条件式 ( 4 )、( 7 ) を満足することを特徴とする結像光学系。

$$L_{1e} / TL = 0.65 \dots ( 4 )$$

$$PS \times EXP < -0.7 \dots ( 7 )$$

ここで、

L<sub>1e</sub> は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

TL は、前記物体側レンズ成分の最も物体側の面から前記撮像面までの光軸上での距離

、  
PS は、前記結像光学系のペッツバール和であり、  
ペッツバール和 PS は以下の式で表される。  
30

## 【数 3】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

i は、前記結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、前記結像光学系中のレンズの総数、

n<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

f<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの焦点距離、  
40

E X P は、前記像から前記結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、前記近軸射出瞳位置が前記像よりも物体側にある場合の符号を負とする、  
である。

## 【請求項 1 4】

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であることを特徴とする請求項 1 3 に記載の結像光学系。

## 【請求項 1 5】

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が少なくとも軸外の有効面内においてメリディオナル方向で物体側に凹形状となる凹形状部分を有する面であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の結像光学系。  
50

## 【請求項 16】

前記像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることを特徴とする請求項 12 から 15 のいずれか一項に記載の結像光学系。

## 【請求項 17】

前記物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることを特徴とする請求項 12 から 16 のいずれか一項に記載の結像光学系。

## 【請求項 18】

請求項 12 から 17 のいずれか一項に記載の結像光学系と、  
前記結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、  
を有することを特徴とする撮像装置。

10

## 【請求項 19】

請求項 1 から 6、10、18 のいずれかの撮像装置において、  
更に、照明部と、前記結像光学系の物体側に配置されたカバー部と、を有することを特  
徴とする撮像装置。

## 【請求項 20】

請求項 12 から 17 のいずれか一項に記載の結像光学系と、  
前記結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、  
前記結像光学系の物体側に配置されたドーム形状のカバー部と、を有することを特徴と  
するカプセル内視鏡。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

広い画角を有し、湾曲した像を形成する光学系として、特許文献 1 に記載の広角レンズがある。特許文献 1 に記載の広角レンズは、物体側から順に、第 1 レンズと、第 2 レンズと、第 3 レンズと、からなる。第 1 レンズは、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ、第 2 レンズは、正の屈折力を有し、第 3 レンズは像側に凹面を向けている。

## 【先行技術文献】

30

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2012/090729 号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1 に記載の広角レンズは、広い画角を有する。しかしながら、特許文献 1 に記載の広角レンズは、大きい構成となっている。

## 【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、小型化に有利であり、良好な光学性能を確保できる結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡を提供することを目的とする。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、一つの側面において本発明に従う撮像装置は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなる結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、からなる撮像装置であって、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、像側レンズ成分の最も像側の面が曲面であり、以下の条件式 (1)、(3) を満足するこ

50

とを特徴とする。

$$0 < L / TL \leq 0.4 \quad \dots (1)$$

$$0 < |R_{2e} / R_{img}| \leq 2.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

L は、物体側レンズ成分の最も像側の面から像側レンズ成分の最も物体側の面までの光軸上での距離、

TL は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、

$R_{2e}$  は、像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

$R_{img}$  は、光軸と撮像面とが交わる点を面頂点とし、面頂点と、結像光学系へ半画角 60 度で入射した光線と撮像面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径の最小値、  
である。

10

【0007】

また、他の側面において本発明に係る結像光学系は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、像側レンズ成分は正の屈折力を有し、以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする。

$$L_{1e} / R_{11} \leq 0 \quad \dots (5)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$R_{11}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、  
である。

20

【0008】

また、他の側面において本発明に係る結像光学系は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の 2 面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、像側レンズ成分は正の屈折力を有し、以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする。

$$PS_{inv} / R_{11} \leq 0 \quad \dots (6)$$

ここで、

$R_{11}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

$PS_{inv}$  は、結像光学系のペッツパール和 PS の逆数であり、  
ペッツパール和 PS は以下の式で表される。

【数 1】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

i は、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$  は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

$f_i$  は、i 番目のレンズの焦点距離、

である。

【0009】

また、他の側面において本発明に係る撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の

30

40

50

像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

【0010】

また、他の側面において本発明に係るカプセル内視鏡は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、結像光学系の物体側に配置されたドーム形状のカバー部と、を有することを特徴とする。

【0011】

また、他の側面において本発明に係る結像光学系は、軸上光束を制限する明るさ絞り（開口絞り）を有し、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、明るさ絞りが、物体側レンズ成分と像側レンズ成分との間に配置され、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、以下の条件式(4)、(7)を満足することを特徴とする。

$$L_{1e} / TL = 0.65 \dots (4)$$

$$PS \times EXP < -0.7 \dots (7)$$

ここで、

$L_{1e}$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$TL$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、

$PS$ は、結像光学系のペッツパール和であり、

ペッツパール和 $PS$ は以下の式で表される。

【数2】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

$i$ は、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

$k$ は、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$ は、 $i$ 番目のレンズの $d$ 線での屈折率、

$f_i$ は、 $i$ 番目のレンズの焦点距離、

$EXP$ は、像から結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、近軸射出瞳位置が像よりも物体側にある場合の符号を負とする、である。

また、他の側面において本発明に係る結像光学系は、軸上光束を制限する明るさ絞りを有し、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、明るさ絞りが、物体側レンズ成分と像側レンズ成分との間に配置され、物体側レンズ成分の最も物体側の面が少なくとも軸外の有効面内においてメリディオナル方向で物体側に凹形状となる凹形状部分を有する面であり、以下の条件式(4)、(7)を満足することを特徴とする。

$$L_{1e} / TL = 0.65 \dots (4)$$

$$PS \times EXP < -0.7 \dots (7)$$

ここで、

$L_{1e}$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$TL$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、

$PS$ は、結像光学系のペッツパール和であり、

ペッツパール和 $PS$ は以下の式で表される。

10

20

30

40

50

【数3】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

i は、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

k は、結像光学系中のレンズの総数、

n<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの d 線での屈折率、

f<sub>i</sub> は、i 番目のレンズの焦点距離、

E X P は、像から結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、近軸射出瞳位置が像よりも物体側にある場合の符号を負とする、  
である。

10

【0012】

また、他の側面において本発明に係る撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

【0014】

また、他の側面において本発明に係る撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明は、小型化を行いつつも、光学性能が確保しやすい結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】パラメータを説明する図である。

【図2】パラメータを説明する他の図である。

【図3】実施例1に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

30

【図4】実施例2に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図5】実施例3に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図6】実施例4に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図7】実施例5に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図8】実施例6に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

40

【図9】実施例7に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図10】実施例8に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図11】実施例9に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図12】実施例10に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図13】実施例11に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

50

【図14】実施例12に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図15】実施例13に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、レンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、収差図である。

【図16】実施例14に係る結像光学系の断面図である。

【図17】カプセル内視鏡の概略構成を示す図である。

【図18】車載カメラを示す図であって、(a)は車外に車載カメラを搭載した例を示す図、(b)は車内に車載カメラを搭載した例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

10

以下に、本発明にかかる結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡の実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0018】

本実施形態の撮像装置は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなる結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、からなる撮像装置であって、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であり、

20

像側レンズ成分の最も像側の面が曲面であり、

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$0 < L / TL \leq 0.4 \quad \dots (1)$$

ここで、

Lは、物体側レンズ成分の最も像側の面から像側レンズ成分の最も物体側の面までの光軸上での距離、

TLは、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、である。

【0019】

全体的に又は部分的に物体側に凹状に湾曲した像(以下、「湾曲像」という)を形成する光学系では、像面湾曲の補正を許容できる。よって、湾曲像を形成する光学系では、平坦な像を形成する光学系に比べて、収差補正の負担が軽減される。

30

【0020】

例えば、湾曲像を形成する光学系では、ベッツパール和の補正のためのレンズを削減できる。そのため、レンズ成分の数を減らし、光学系を小型化できる。

【0021】

また、平坦な像を形成する光学系では、像面湾曲を良好に補正するために、開口絞りから離れた位置に補正用のレンズを配置する必要がある。但し、補正用のレンズを配置すると、光学系の外径が大きくなり、さらにレンズ成分の数が増える。このように、補正用のレンズは、光学系の外径を大きくし、レンズ成分の数が増える要因の一つである。

40

【0022】

これに対して、湾曲像を形成する光学系では、補正用のレンズを配置する必要がなくなる。よって、湾曲像を形成する光学系では、光学系の外径を小さくし、さらにレンズ枚数を減らすことができる。

【0023】

更には、湾曲した撮像面をもつ撮像素子で光学系の像を受光する場合には、ディストーションの補正が容易となる。それに加えて、撮像面へ入射する光線をほぼ垂直にするためにテレセントリックな光学系としなくてもよい。よって、湾曲像を形成する光学系では、小型化と光学性能の両立のための設計の自由度が広がる。

【0024】

50

本実施形態における結像光学系も、湾曲像を形成する光学系である。よって、レンズ成分の数を減らし、光学系を小型化することができる。更に、設計の自由度が広がるため、少ないレンズ成分の数で、高い結像性能を有する光学系を実現することができる。

【0025】

本実施形態の撮像装置は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなる結像光学系を有する。

【0026】

このように、本実施形態によれば、2つのレンズ成分という少ないレンズ成分数にも関わらず、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

【0027】

そして、像側レンズ成分の像側面を曲面として収差低減を行うことが好ましい。以下、条件式(1)について説明する。

【0028】

条件式(1)は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分との2つのレンズ成分の適切な距離を規定している。

【0029】

物体側レンズ成分と像側レンズ成分との距離が大きすぎると、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の双方のレンズ成分または一方のレンズ成分のサイズが大きくなりやすい。特に、結像光学系を広画角化させる場合、2つのレンズ成分の向かい合う屈折面への光線入射角が大きくなるため、収差発生の原因となりやすい。

【0030】

条件式(1)の上限値を上回らないようにして、物体側レンズ成分と像側レンズ成分までの距離を近づけることで、光学系の小型化に有利となる。特に、結像光学系を広画角化させる場合、向かい合う屈折面への光線入射角も小さくでき、諸収差の発生の低減に有利となる。

【0031】

条件式(1)について、上限値を0.25、さらには0.15、さらに望ましくは0.05とすることがより好ましい。

【0032】

また、本実施形態の撮像装置は、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることが好ましい。

【0033】

像面に近い像側レンズ成分の最も像側の面を、像側に凸形状にすることにより、非点収差を軽減させることができる。

【0034】

また、本実施形態の撮像装置は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることが好ましい。

【0035】

上述のように、本実施形態の撮像装置では、湾曲像が形成される。湾曲像は、例えば、撮像素子で撮像される。湾曲像における湾曲量が大きいと、撮像素子の撮像面の湾曲量も大きくなる。製造上、撮像面の湾曲量には限界があるので、湾曲像における湾曲量を適切な量にすることが好ましい。

【0036】

また、湾曲像では、収差が良好に補正されていることが好ましい。

【0037】

よって、結像光学系には、広い画角を有しながら、像面湾曲の発生量が適切で、且つ、像面湾曲以外の収差が良好に補正された湾曲像を形成することが求められる。そこで、物

10

20

30

40

50

体側光学面を非球面にすることで、像面湾曲の発生量が適切で、且つ、像面湾曲以外の収差が良好に補正された広角な湾曲像を形成することに有利となる。

【0038】

また、本実施形態の撮像装置は、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であり、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0 < R_{2e} / R_{11} < 1.0 \quad \dots (2)$$

ここで、

$R_{11}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

$R_{2e}$  は、像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

である。

10

【0039】

条件式(2)は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径と像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径とを規定している。

【0040】

物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成するためには、物体側レンズ成分の最も物体側の面による像面湾曲の発生量と、像側レンズ成分の最も像側の面による非点収差の発生量とのバランスをとることが好ましい。このため、条件式(2)を満足することが好ましい。

【0041】

条件式(2)を満足することで、物体側レンズ成分の最も物体側の面による像面湾曲の発生量の調整と、像側レンズ成分の最も像側の面による非点収差の低減の双方を行うことに有利となる。

20

【0042】

条件式(2)の上限値を上回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径を長めとすることで、像面湾曲の発生量の過剰を抑える、又は、像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径を小さくすることで非点収差の発生を抑えることが好ましい。この結果、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することに有利となる。

【0043】

条件式(2)の下限値を下回らないようにすることで、広画角化とバックフォーカスの確保の両立に有利となる。

30

【0044】

条件式(2)について、下限値を0.02、さらには0.04とすることがより好ましい。条件式(2)について、上限値を0.8、さらには0.6とすることがより好ましい。

【0045】

また、本実施形態の撮像装置は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0 < |R_{2e} / R_{img}| < 2.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

$R_{2e}$  は、像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径、

40

$R_{img}$  は、光軸と撮像面とが交わる点を面頂点(面の頂点)とし、面頂点と、結像光学系へ半画角60度で入射した光線と撮像面とが交わる点と、を含む仮想球面の曲率半径の最小値、

である。

【0046】

図1は、パラメータ $R_{img}$ を説明する図である。撮像面が軸回転対称な曲面形状である場合は、画角の方向(例えば、紙面において上下方向の光線Bと左右方向の光線A)によらず仮想球面の曲率半径の値は同じである。また、撮像面が、シリンドリカル面やトーリック面、複数の平面をつなげた形状等である場合は、画角の方向により仮想球面の曲率半径の値は異なるので、その場合はとりうる値の最小値とする。

50

## 【0047】

条件式(3)は、像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径と上述の  $R_{img}$  とを規定している。

## 【0048】

条件式(3)の上限値を上回らないようにして、撮像面に対して像側レンズ成分の最も像側の面の曲率半径を小さくして、非点収差の補正を行うことが好ましい。

## 【0049】

条件式(3)の下限値を下回ると、撮像面が平面になるため、少ないレンズ成分での像面湾曲の補正が困難になる。

## 【0050】

条件式(3)について、下限値を0.1、さらには0.2とすることがより好ましい。  
条件式(3)について、上限値を1.5、さらには1.0とすることがより好ましい。

## 【0051】

また、本実施形態の撮像装置は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$L_{1e} / TL \geq 0.65 \quad \dots (4)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

TL は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、

である。

## 【0052】

条件式(4)を満足することで、結像性能を維持しつつバックフォーカスを十分に確保できる。

## 【0053】

条件式(4)の上限値を上回ると、収差補正は容易になるが、バックフォーカスの確保が困難になる。

## 【0054】

条件式(4)の上限値を上回らないようにして、バックフォーカスを確保することで、像面の大きさに対する結像光学系の小型化、軽量化につながる。

## 【0055】

条件式(4)に代えて、以下の条件式(4-1)を満足することがより好ましい。

$$0.2 < L_{1e} / TL \leq 0.5 \quad \dots (4-1)$$

## 【0056】

条件式(4-1)の上限値の技術的意義は、条件式(4)の技術的意義と同じである。

## 【0057】

条件式(4-1)の下限値を下回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上の距離を十分に確保することで、収差補正に有利となり、良好な結像性能の確保に有利となる。

## 【0058】

条件式(4)については、上限値を0.61、さらには、0.5とすることがより好ましい。条件式(4)と条件式(4-1)については、下限値を0.25、さらには0.3とすることがより好ましい。

## 【0059】

また、本実施形態の撮像装置は、物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、像側レンズ成分は正の屈折力を有することが好ましい。

## 【0060】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

## 【0061】

また、本実施形態の結像光学系は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路で

10

20

30

40

50

ある有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、以下の条件式(5)を満足することを特徴とする。

$$L_{1e} / R_{11} = 0 \quad \dots (5)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$R_{11}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、  
である。

10

【0062】

条件式(5)を満足することで、広画角を確保しつつ、レンズ部を薄くすることができる。

【0063】

条件式(5)に代えて、以下の条件式(5-1)を満足することがより好ましい。

$$-1.5 < L_{1e} / R_{11} = 0 \quad \dots (5-1)$$

【0064】

条件式(5)、(5-1)の上限値を上回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面が近軸領域にて平面か凹面とすることで、バックフォーカスを長くしてレンズ部を小型化に有利となる。若しくは、撮像面の湾曲率の過剰を抑え、撮像素子の製造コスト低減に有利となる。

20

【0065】

条件式(5-1)の下限値を下回らないようにすることで、レンズ全長の低減、軽量化等に有利となる。

【0066】

条件式(5-1)について、下限値を-1.0、さらには-0.5とすることがより好ましい。条件式(5)、(5-1)について、上限値を-0.05とすることがより好ましい。

【0067】

また、本実施形態の結像光学系は、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分と、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、以下の条件式(6)を満足することを特徴とする。

30

$$PS_{inv} / R_{11} = 0 \quad \dots (6)$$

ここで、

$R_{11}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面の曲率半径、

$PS_{inv}$  は、結像光学系のペッツバール和PSの逆数であり、  
ペッツバール和PSは以下の式で表される。

【数3】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

$i$  は、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

$k$  は、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$  は、 $i$ 番目のレンズのd線での屈折率、

$f_i$  は、 $i$ 番目のレンズの焦点距離、

である。

40

【0068】

50

条件式(6)を満足することで、画角を確保しつつ、像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を得ることに有利となる。

【0069】

条件式(6)に代えて、以下の条件式(6-1)を満足することが好ましい。

$$-2.5 < P S_{i n v} / R_{11} \leq 0 \quad \dots (6-1)$$

【0070】

条件式(6)、(6-1)の上限値を上回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面が近軸領域にて平面か凹面とすることで、バックフォーカスを長くしてレンズ部の小型化に有利となる。若しくは、撮像面の湾曲率の過剰を抑え、撮像素子の製造コスト低減に有利となる。

10

【0071】

条件式(6-1)の下限値を下回らないようにすることで、ペッツバール和を大きくすることで、発生する像面湾曲量の最適化に有利となる。

【0072】

条件式(6-1)について、下限値を-2.0、さらには-1.5とすることが好ましい。条件式(6)、(6-1)について、上限値を-0.1とすることがより好ましい。

【0073】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であることが好ましい。

20

【0074】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することに有利となる。

【0075】

また、本実施形態の結像光学系は、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることが好ましい。

【0076】

このように、像面に近い像側レンズ成分の最も像側の面を、像側に凸形状にすることにより、非点収差の軽減に有利となる。

【0077】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることが好ましい。

30

【0078】

これにより、画角と像面湾曲発生量をより最適に保つことができ好ましい。

【0079】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分は負の屈折力を有し、像側レンズ成分は正の屈折力を有することが好ましい。

【0080】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することに有利となる。

40

【0081】

また、本実施形態の撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

【0082】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

【0083】

また、本実施形態のカプセル内視鏡は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、結像光学系の物体側に配置されたドーム形状のカバー部と、を有することを特徴とする。

50

## 【0084】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

## 【0085】

本実施形態の結像光学系は、軸上光束を制限する明るさ絞りを有し、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみのレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、以下の条件式(7)を満足することを特徴とする。

$$PS \times EXP < -0.7 \quad \dots (7)$$

ここで、

PSは、結像光学系のペッツパール和であり、  
ペッツパール和PSは以下の式で表される。

## 【数4】

$$PS = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i \times f_i}$$

ここで、

iは、結像光学系中の各レンズの物体側からの順番、

kは、結像光学系中のレンズの総数、

$n_i$ は、i番目のレンズのd線での屈折率、

$f_i$ は、i番目のレンズの焦点距離、

EXPは、像から結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、近軸射出瞳位置が像よりも物体側にある場合の符号を負とする、  
である。

## 【0086】

条件式(7)を満足することで、発生する像面湾曲量と撮像面への光線入射角を、湾曲した撮像面に対して適切に行うことができる。

## 【0087】

条件式(7)に代えて、以下の条件式(7-1)を満足することが好ましい。

$$-1.7 < PS \times EXP < -0.7 \quad \dots (7-1)$$

## 【0088】

条件式(7)、(7-1)の上限値を上回らないようにして、ペッツパール和を大きくし、結像光学系の像面の湾曲量を確保することに有利となる。又は、射出瞳位置を撮像面に近くなりすぎることを抑え、湾曲した撮像面への光線入射角を抑えて良好な画像を得ることに有利となる。例えば、光学素子への光線の斜入射の影響による色シェーディングの発生を抑えやすくなる。

## 【0089】

条件式(7-1)の下限値を下回らないようにして、ペッツパール和の過剰を抑え、結像光学系にて大きい像面湾曲が発生しないようにすることで、結像光学系の像面の形状に近似させた撮像素子の作成コストの低減に有利となる。又は、射出瞳位置が撮像面から遠くなることを防ぎ、湾曲した撮像面への光線入射角が大きくなることを抑えることに有利となる。

## 【0090】

条件式(7-1)について、下限値を-1.5、さらには-1.4とすることが好ましい。条件式(7)、(7-1)について、上限値を-0.8、さらには-0.87とすることがより好ましい。

## 【0091】

また、本実施形態の結像光学系は、明るさ絞りが、物体側レンズ成分と像側レンズ成分との間に配置され、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

10

20

30

40

50

$$L_{1e} / TL = 0.65 \quad \dots (4)$$

ここで、

$L_{1e}$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上での距離、

$TL$  は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、である。

【0092】

本実施形態では、例えば、明るさ絞りを物体側レンズ成分と像側レンズ成分の間に配置することで、それぞれのレンズ成分の小型化にいっそう有利としている。また、この構成により、光学性能も維持しやすくなる。

10

【0093】

また、条件式(4)を満足することで、結像性能を維持しつつバックフォーカスを十分に確保することができる。

【0094】

条件式(4)に代えて、以下の条件式(4-1)を満足することが好ましい。

$$0.2 < L_{1e} / TL = 0.5 \quad \dots (4-1)$$

【0095】

条件式(4)、(4-1)の上限値を上回らないようにして、バックフォーカスを確保することで、像面の大きさに対する結像光学系の小型化、軽量化につながる。

【0096】

20

条件式(4-1)の下限値を下回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上の距離を十分に確保することで、収差補正に有利となり、良好な結像性能の確保に有利となる。

【0097】

条件式(4)について、上限値を0.61、さらには、0.5とすることがより好ましい。また、条件式(4-1)について、下限値を0.25、さらには0.3とすることがより好ましい。

【0098】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であることが好ましい。

30

【0099】

これにより、広い画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

【0100】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が少なくとも軸外の有効面内においてメリディオナル方向で物体側に凹形状となる凹形状部分を有する面であることが好ましい。

【0101】

画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

40

【0102】

また、本実施形態の結像光学系は、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることが好ましい。

【0103】

像面に近い当該面をこの形状にすることにより、非点収差を軽減させることができる。

【0104】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることが好ましい。

【0105】

これにより、広い画角の確保と像面湾曲発生量の低減の両立に有利となるので、好まし

50

い。

【0106】

また、本実施形態に係る撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

【0107】

このようにすることで、少ないレンズ成分の数で、小型でありながら、良好な光学性能を有する撮像装置を実現することができる。

【0108】

また、本実施形態に係る結像光学系は、軸上光束を制限する明るさ絞りを有し、レンズ成分を結像に寄与する光束が通過する光路である有効光路にて空気に接触する面が物体側面と像側面の2面のみレンズとしたときに、物体側から像側に順に、物体側レンズ成分、像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、物体側に凹状に湾曲した撮像面に像を結ぶ結像光学系であって、以下の条件式(8)を満足することを特徴とする。

$$(EXP/f) / (e / \phi_1) < -1.3 \quad \dots (8)$$

ここで、

EXPは、像から結像光学系の近軸射出瞳位置までの光軸に沿った距離であり、近軸射出瞳位置が像よりも物体側にある場合の符号を負とし、

fは、結像光学系の焦点距離、

$e$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面における、最大像高位置への結像に寄与する有効光束が通過する領域の光軸に対して垂直に測ったときの最大直径、

$\phi_1$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面における、結像光学系の軸上光束が通過する領域の光軸に対して垂直に測った最大直径、である。

【0109】

図2は、パラメータ  $e$ 、 $\phi_1$  をそれぞれ説明する図である。 $e$ は、物体側レンズ成分L1の最も物体側の面S1における、最大像高位置への結像に寄与する有効光束が通過する領域の光軸AXに対して垂直に測ったときの最大直径、 $\phi_1$ は、物体側レンズ成分L1の最も物体側の面S1における、結像光学系の軸上光束が通過する領域の光軸AXに対して垂直に測った最大直径、である。

【0110】

条件式(8)を満足することで、シェーディングの発生を抑えるため、光軸上と光軸外の光量変化を少なくし、かつ、撮像面への光線入射角を、湾曲した撮像面に対して適切にすることができる。

【0111】

条件式(8)に代えて、以下の条件式(8-1)を満足することが好ましい。

$$-2.5 < (EXP/f) / (e / \phi_1) < -1.3 \quad \dots (8-1)$$

【0112】

条件式(8)、(8-1)の上限値を上回らないようにして、光軸上と光軸外の光束径の差を小さくすることで、周辺光量の確保に有利となる。又は、射出瞳位置が撮像面に近くなりすぎないようにすることで、湾曲した撮像面への光線入射角を小さくし、色シェーディングを抑えやすくなる。

【0113】

条件式(8-1)の下限値を下回らないようにして、射出瞳位置が撮像面から遠くなりすぎないようにすることで、湾曲した撮像面への光線入射角を抑え、色シェーディングを抑えやすくなる。

【0114】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$L_{1e} / TL \leq 0.65 \quad \dots (4)$$

ここで、

$L_{1e}$ は、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面まで

10

20

30

40

50

の光軸上での距離、

TLは、物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、である。

【0115】

条件式(4)を満足することで、結像性能を維持しつつバックフォーカスを十分に確保することができる。

【0116】

条件式(4)に代えて、以下の条件式(4-1)を満足することが好ましい。

$$0.2 < L_{1e} / TL < 0.5 \quad \dots (4-1)$$

【0117】

条件式(4)、(4-1)の上限値を上回らないようにして、バックフォーカスを確保することで、像面の大きさに対する結像光学系の小型化、軽量化につながる。

【0118】

条件式(4-1)の下限値を下回らないようにして、物体側レンズ成分の最も物体側の面から像側レンズ成分の最も像側の面までの光軸上の距離を十分に確保することで、収差補正に有利となり、良好な結像性能の確保に有利となる。

【0119】

条件式(4)の上限値を0.61、さらには、0.5とすることがより好ましい。条件式(4-1)の下限値を0.25、さらには0.3とすることがより好ましい。

【0120】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が平面または物体側に凹形状の面であることが好ましい。

【0121】

これにより、広い画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

【0122】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が少なくとも軸外の有効面内においてメリディオナル方向で物体側に凹形状となる凹形状部分を有する面であることが好ましい。

【0123】

これにより、画角と像面湾曲発生量を最適に保ちながら、物体側に凹状に湾曲した撮像面上に沿って、良好な結像性能を達成することが可能である。

【0124】

また、本実施形態の結像光学系は、像側レンズ成分の最も像側の面が像側に凸形状の面であることが好ましい。

【0125】

これにより、像面に近い当該面をこの形状にすることにより、非点収差を軽減できる。

【0126】

また、本実施形態の結像光学系は、物体側レンズ成分の最も物体側の面が非球面であることが好ましい。

【0127】

これにより、広い画角の確保と像面湾曲発生量の低減の両立に有利となり好ましい。

【0128】

本実施形態に係る撮像装置は、上述の結像光学系と、結像光学系の像側に配置され、物体側に凹状に湾曲した撮像面を持つ撮像部と、を有することを特徴とする。

【0129】

このようにすることで、少ないレンズ枚数で、小型でありながら、良好な光学性能を有する撮像装置を実現することができる。

【0130】

本実施形態に係る撮像装置は、更に、照明部と、結像光学系の物体側に配置されたカバ

10

20

30

40

50

一部と、を有することを特徴とする。

【0131】

これにより、対象を照明しつつ、良好な光学性能で撮像できる。

【0132】

以下に、本発明のある態様に係る結像光学系の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0133】

収差図について説明する。(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示している。非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)の収差図の縦軸の上端が最大画角に対応する。また、非点収差(AS)は、湾曲した撮像面からの収差量を示している。

10

【0134】

実施例1の結像光学系は、物体側から順に、両凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0135】

両凹負レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、両凹負レンズL1の両面に設けられている。

【0136】

実施例2の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

20

【0137】

負メニスカスレンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の両面に設けられている。

【0138】

実施例3の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0139】

負メニスカスレンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。球面は、負メニスカスレンズL1の両面に設けられている。

30

【0140】

実施例4の結像光学系は、物体側から順に、両凸正レンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0141】

両凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、両凸正レンズL1の両面に設けられている。

【0142】

実施例5の結像光学系は、物体側から順に、両凸正レンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

40

【0143】

両凸正レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、両凸正レンズL1の両面に設けられている。

【0144】

実施例6の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0145】

負メニスカスレンズL1の面頂と同じ位置に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の両面に設けられている。開口絞りSは負メニスカスレンズL

50

1の物体側に配置されてもよい。

【0146】

実施例7の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0147】

負メニスカスレンズL1の面頂と同じ位置に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の両面に設けられている。開口絞りSは負メニスカスレンズL1の物体側に配置されてもよい。

【0148】

実施例8の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、両凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0149】

正メニスカスレンズL1の面頂と同じ位置に、開口絞りSが配置されている。非球面は、正メニスカスレンズL1の両面に設けられている。開口絞りSは正メニスカスレンズL1の物体側に配置されてもよい。

【0150】

実施例9の結像光学系は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0151】

正メニスカスレンズL1の面頂と同じ位置に、開口絞りSが配置されている。非球面は、正メニスカスレンズL1の両面に設けられている。開口絞りSは正メニスカスレンズL1の物体側に配置されてもよい。

【0152】

実施例10の結像光学系は、物体側から順に、両凹負レンズL1と、平凸正レンズL2と、で構成されている。撮像面は非球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0153】

両凹負レンズL1と平凸正レンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、両凹負レンズL1の両面に設けられている。

【0154】

実施例11の結像光学系は、物体側から順に、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、で構成されている。ここで、負メニスカスレンズL2と両凸正レンズL3とが接合されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0155】

両凹負レンズL1と負メニスカスレンズL2との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の両面に設けられている。

【0156】

実施例12の結像光学系は、物体側から順に、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL1と正メニスカスレンズL2とが接合されている。負メニスカスレンズL3と両凸正レンズL4とが接合されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0157】

正メニスカスレンズL2と負メニスカスレンズL3との間に、開口絞りSが配置されている。非球面は、負メニスカスレンズL1の物体側面と、正メニスカスレンズL2の像側面と、に設けられている。

【0158】

10

20

30

40

50

実施例 13 の結像光学系は、物体側から順に、平凹負レンズ L1 と、平凸正レンズ L2 と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。

【0159】

平凹負レンズ L1 と平凸正レンズ L2 との間に、開口絞り S が配置されている。非球面は、平凹負レンズ L1 の像側面と、平凸正レンズ L2 の像側面と、に設けられている。

【0160】

実施例 14 の結像光学系は、図 16 に示すように、物体側から順に、光学部材 CG と、両凹負レンズ L1 と、平凸正レンズ L2 と、で構成されている。撮像面は球面で、物体側に凹状に湾曲している。両凹負レンズ L1、開口絞り S 及び平凸正レンズ L2 で構成される光学系は、実施例 1 の結像光学系と同じである。

【0161】

図 16 は、光学部材 CG が配置できることを例示する概略図である。そのため、レンズの大きさや位置に対して、光学部材 CG の大きさや位置は正確に描かれているわけではない。

【0162】

光学部材 CG は碗状の部材で、物体側面と像側面は共に曲面になっている。図 16 では、物体側面と像側面は共に同じ曲率中心を持つ球面になっているので、光学部材 CG の全体形状は、半球になっている。本実施例では、光学部材 CG の肉厚、すなわち、物体側面と像側面との間隔は曲率中心に向かう方向にて一定になっている。

【0163】

光学部材 CG には、光を透過する材質が用いられている。よって、被写体からの光は、光学部材 CG を通過して、負レンズ L1 に入射する。光学部材 CG は、像側面の曲率中心が入射瞳の位置と略一致するように配置されている。よって、光学部材 CG による新たな収差は、ほとんど発生しない。すなわち、実施例 14 の結像光学系の結像性能は、実施例 1 の結像光学系の結像性能と変わらない。

【0164】

光学部材 CG は、カバーガラスとして機能する。この場合、光学部材 CG は、例えば、カプセル内視鏡の外装部に設けられた観察窓に該当する。よって、実施例 14 の結像光学系は、カプセル内視鏡の光学系に用いることができる。実施例 2 ~ 13 の結像光学系もカプセル内視鏡の光学系に用いることができる。

【0165】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。面データにおいて、r は各レンズ面の曲率半径、d は各レンズ面間の間隔、n d は各レンズの d 線の屈折率、d は各レンズのアッベ数、\*印は非球面である。

【0166】

また、各種データにおいて、f は全系の焦点距離、FNO. は F ナンバー、 $\theta$  は半画角、IH は像高、BF はバックフォーカス、TL は物体側レンズ成分の最も物体側の面から撮像面までの光軸上での距離、バックフォーカスは、最も像側のレンズ面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。また、f1、f2、f3 及び f4 は、各レンズの焦点距離である。半画角の単位は度である。

【0167】

また、非球面形状は、光軸方向を z、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を k、非球面係数を A4、A6、A8、A10、A12... としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y / r)^2\}^{1/2}] + A4 y^4 + A6 y^6 + A8 y^8 + A10 y^{10} + A12 y^{12} + \dots$$

また、非球面係数において、「e - n」(n は整数) は、「10<sup>-n</sup>」を示している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【0168】

数値実施例 1  
単位 mm

10

20

30

40

50

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	-3.185	0.30	1.53110	56.00
2*	1.738	0.05		
3(絞り)		0.00		
4		0.34	1.53110	56.00
5	-0.375	1.07		
像面	-9.568			

10

## 非球面データ

## 第1面

k=0.000

A4=2.53231e-02, A6=2.07188e+00, A8=-5.74113e+00

## 第2面

k=0.000

A4=7.56464e+00

## 各種データ

f	0.855
FNO.	3.047
2	164
I H	0.975
T L	1.760
B F	1.07
f 1	-2.065
f 2	0.704

20

【0169】

## 数値実施例2

単位 mm

30

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	-4.280	0.47	1.53110	56.00
2*	-6.524	0.06		
3(絞り)		0.00		
4		0.37	1.53110	56.00
5	-0.512	1.09		
像面	-2.437			

40

## 非球面データ

## 第1面

k=0.000

A4=-3.36755e-01, A6=1.43642e+00, A8=-1.68203e+00

## 第2面

k=0.000

A4=2.37328e+00

50

## 各種データ

f 0.949  
 F N O . 3.330  
 2 164  
 I H 0.975  
 T L 1.982  
 B F 1.09  
 f 1 -25.152  
 f 2 0.960

【 0 1 7 0 】

10

## 数値実施例 3

単位 m m

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	-3.773	0.30	1.53110	56.00
2*	-5.549	0.03		
3(絞リ)		0.00		
4		0.46	1.53110	56.00
5	-0.527	1.13		
像面	-1.507			

20

## 非球面データ

## 第 1 面

k=0.000

A4=-8.23828e-02, A6=1.38064e+00, A8=-2.37738e+00

## 第 2 面

k=0.000

A4=1.78525e+00

30

## 各種データ

f 0.988  
 F N O . 3.405  
 2 162  
 I H 0.975  
 T L 1.929  
 B F 1.13  
 f 1 -23.496  
 f 2 0.988

【 0 1 7 1 】

40

## 数値実施例 4

単位 m m

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	83.990	0.50	1.53110	56.00
2*	-3.320	0.06		
3(絞リ)		0.00		

50

4		0.36	1.53110	56.00
5	-0.570	0.99		
像面	-1.952			

非球面データ

第1面

k=0.000

A4=-5.60219e-01, A6=1.37170e+00, A8=-1.12862e+00

第2面

k=0.000

A4=1.58678e+00

10

各種データ

f 0.948

F N O . 3.167

2 163

I H 0.975

T L 1.902

B F 0.99

f 1 6.000

f 2 1.069

20

【 0 1 7 2 】

数值実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	8.422	0.49	1.53110	56.00
2*	-1.934	0.05		
3(絞リ)		0.00		
4		0.42	1.53110	56.00
5	-0.690	0.97		
像面	-1.506			

30

非球面データ

第1面

k=0.000

A4=-6.27531e-01, A6=1.03387e+00, A8=-5.88990e-01

第2面

k=0.000

A4=5.30326e-01

40

各種データ

f 0.993

F N O . 3.224

2 162

I H 0.975

T L 1.931

B F 0.97

50

f 1 2.998  
f 2 1.294

【 0 1 7 3 】

数值実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物体面		10.10			
1(絞リ)		0.00			10
2*	-1.471	0.30	1.63493	23.89	
3*	-1.685	0.05			
4	30.637	0.30	1.77250	49.60	
5	-0.819	1.15			
像面	-2.410				

非球面データ

第 2 面

k=0.000

A4=-1.52940e+00, A6=4.61522e+01, A8=-2.70647e+03, A10=5.28160e+04 20

第 3 面

k=0.000

A4=2.92858e-01, A6=-1.48191e+01, A8=1.78831e+02, A10=-5.81275e+02

各種データ

f 0.974

F N O . 3.282

2 160

I H 0.975

T L 1.802

B F 1.15

f 1 -39.920

f 2 1.032

【 0 1 7 4 】

数值実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物体面		10.10			40
1(絞リ)		0.00			
2*	-3.775	0.30	1.63493	23.89	
3*	-4.623	0.05			
4	-37.325	0.30	1.77250	49.60	
5	-0.764	1.13			
像面	-1.491				

非球面データ

第 2 面

k=0.000

50

A4=-1.00244e+00,A6=3.67646e+01,A8=-2.55931e+03,A10=4.05208e+04

第3面

k=0.000

A4=3.76741e-01,A6=-1.46146e+01,A8=1.55644e+02,A10=-4.99373e+02

各種データ

f 0.991

FNO. 3.340

2 173

I H 0.975

TL 1.784

B F 1.13

f 1 -37.207

f 2 1.001

【0175】

数值実施例8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1(絞リ)		0.00		
2*	-2.258	0.37	1.53110	56.00
3*	-0.864	0.05		
4	4.873	0.44	1.53110	56.00
5	-0.981	0.98		
像面	-1.946			

非球面データ

第2面

k=0.000

A4=-7.49745e-01,A6=8.48354e+01,A8=-6.16466e+03,A10=1.26740e+05

第3面

k=0.000

A4=6.12011e-01,A6=-1.00316e+01,A8=5.20328e+01,A10=-1.02293e+02

各種データ

f 0.989

FNO. 3.334

2 162

I H 0.975

TL 1.831

B F 0.98

f 1 2.403

f 2 1.571

【0176】

数值実施例9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1(絞リ)		0.00		
2*	-19.712	0.46	1.53110	56.00
3*	-0.657	0.05		
4		0.30	1.53110	56.00
5	-1.951	0.90		
像面	-1.503			

## 非球面データ

10

## 第2面

k=0.000

A4=-1.69752e+00,A6=8.48174e+01,A8=-4.79152e+03,A10=8.61262e+04

## 第3面

k=0.000

A4=1.57455e-01,A6=-5.33428e+00,A8=2.21803e+01,A10=-8.34925e+01

## 各種データ

f 0.986

FNO. 3.325

2 162

IH 0.975

TL 1.714

BF 0.90

f1 1.263

f2 3.658

【0177】

数值実施例10

単位 mm

20

30

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	-6.802	0.30	1.53110	56.00
2*	7.707	0.05		
3(絞リ)		0.00		
4		0.33	1.53110	56.00
5	-0.427	0.98		
像面*	-9.807			

40

## 非球面データ

## 第1面

k=0.000

A4=-2.55684e-01,A6=2.55471e+00,A8=-5.39397e+00

## 第2面

k=0.000

A4=4.91252e+00

## 像面

k=0.000

A4=-1.09530e+00,A6=1.89310e+00,A8=-6.95550e-01,A10=-2.08580e-01

50

## 各種データ

f 0.856  
 F N O . 2.953  
 2 163  
 I H 0.975  
 T L 1.653  
 B F 0.98  
 f 1 -6.726  
 f 2 0.800

10

【 0 1 7 8 】

数値実施例 1 1

単位 m m

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1*	-10.000	0.30	1.53110	56.00
2*	4.442	0.02		
3(絞リ)		0.00		
4	8.146	0.30	1.84666	23.78
5	0.806	0.35	1.80610	40.92
6	-0.658	0.97		
像面	-9.785			

20

## 非球面データ

第 1 面

k=0.000

A4=-5.46945e-01, A6=3.59115e+00, A8=-7.35098e+00

第 2 面

k=0.000

A4=3.11619e+00

30

## 各種データ

f 0.857  
 F N O . 2.913  
 2 163  
 I H 0.975  
 T L 1.940  
 B F 0.97  
 f 1 -5.725  
 f 2 -1.067  
 f 3 0.501

40

【 0 1 7 9 】

数値実施例 1 2

単位 m m

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		

50

1*	-20.000	0.30	1.58913	61.15
2	0.800	0.30	1.80610	40.88
3*	4.197	0.01		
4(絞り)		0.00		
5	22.625	0.30	1.84666	23.78
6	0.806	0.40	1.80610	40.92
7	-0.675	0.88		
像面	-9.636			

## 非球面データ

10

## 第1面

k=0.000

A4=-2.81491e-01, A6=8.35553e-01, A8=-7.60061e-01

## 第3面

k=0.000

A4=1.86377e+00

## 各種データ

f	0.853
FNO.	3.182
2	164
IH	0.975
TL	2.188
BF	0.88
f1	-1.294
f2	1.173
f3	-0.984
f4	0.515

20

【0180】

## 数値実施例13

30

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		10.10		
1		0.30	1.53110	56.00
2*	1.320	0.08		
3(絞り)		0.00		
4		0.30	1.53110	56.00
5*	-0.417	1.19		
像面	-1.944			

40

## 非球面データ

## 第2面

k=0.000

A4=7.73568e+00, A6=-1.60978e+02, A8=2.89090e+03

## 第5面

k=0.000

A4=-8.07828e-01, A6=-5.98277e+00, A8=6.06276e+01

50

## 各種データ

f	0.980
FNO	3.424
2	161
IH	0.975
TL	1.874
BF	1.19
f1	-2.476
f2	0.781

【0181】

10

次に、各実施例における条件式の値を以下に示す。

- (1) L/TL
- (2) R2e/R11
- (3) |R2e/Rimg|
- (4) L1e/TL
- (5) L1e/R11
- (6) PSinv/R11
- (7) PS × EXP
- (8) (EXP/f)/( e/ 1)

20

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	0.028	0.030	0.016	0.032	0.026	0.028
(2)	0.118	0.120	0.140	-0.007	-0.082	0.557
(3)	0.039	0.210	0.350	0.292	0.458	0.340
(4)	0.392	0.451	0.414	0.478	0.499	0.361
(5)	-0.217	-0.209	-0.212	0.011	0.114	-0.442
(6)	-0.509	-0.359	-0.420	0.017	0.164	-1.322
(7)	-0.860	-0.918	-0.987	-0.926	-0.952	-0.947
(8)	-1.992	-1.588	-1.579	-1.506	-1.250	-1.890

30

	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12
(1)	0.028	0.027	0.029	0.030	0.010	0.005
(2)	0.202	0.434	0.099	0.063	0.066	0.034
(3)	0.512	0.504	1.298	0.044	0.067	0.070
(4)	0.364	0.466	0.472	0.409	0.498	0.601
(5)	-0.172	-0.378	-0.041	-0.099	-0.097	-0.066
(6)	-0.489	-0.657	-0.073	-0.205	<u>-0.175</u>	<u>-0.060</u>
(7)	-0.987	-1.303	-1.161	-0.913	<u>-0.916</u>	<u>-1.318</u>
(8)	-2.210	-1.952	-1.706	-1.861	-2.295	-2.296

40

	実施例13
(1)	0.043
(2)	0.000
(3)	0.214
(4)	0.365
(5)	0.000
(6)	0.000
(7)	-0.829
(8)	-2.501

50

## 【 0 1 8 2 】

また、各実施例におけるパラメータの値を以下に示す。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	
Rimg	-9.568	-2.437	-1.507	-1.952	-1.506	-2.410	
L1e	0.690	0.893	0.799	0.910	0.963	0.650	
PS	0.617	0.651	0.631	0.719	0.725	0.514	
PSinv	1.620	1.535	1.585	1.391	1.379	1.945	
EXP	-1.393	-1.409	-1.565	-1.289	-1.313	-1.841	
R11	-3.185	-4.280	-3.773	83.990	8.422	-1.471	10
R2e	-0.375	-0.512	-0.527	-0.570	-0.690	-0.819	
1	0.274	0.275	0.284	0.288	0.297	0.297	
e	0.224	0.258	0.285	0.260	0.314	0.296	
L	0.050	0.060	0.030	0.060	0.050	0.050	
	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	
Rimg	-1.491	-1.946	-1.503	-9.807	-9.785	-9.636	
L1e	0.650	0.853	0.809	0.676	0.967	1.314	
PS	0.542	0.675	0.690	0.718	<u>0.573</u>	<u>0.836</u>	
PSinv	1.846	1.482	1.448	1.392	<u>1.746</u>	<u>1.196</u>	20
EXP	-1.823	-1.931	-1.682	-1.271	-1.599	-1.577	
R11	-3.775	-2.258	-19.712	-6.802	-10.000	-20.000	
R2e	-0.764	-0.981	-1.951	-0.427	-0.658	-0.675	
1	0.297	0.296	0.296	0.283	0.288	0.259	
e	0.247	0.296	0.296	0.226	0.234	0.208	
L	0.050	0.050	0.050	0.050	0.020	0.010	
	実施例13						
Rimg	-1.944						
L1e	0.684						30
PS	0.571						
PSinv	1.751						
EXP	-1.451						
R11							
R2e	-0.417						
1	0.279						
e	0.165						
L	0.080						

## 【 0 1 8 3 】

図17は、光学装置の例である。この例では、光学装置はカプセル内視鏡である。カプセル内視鏡100は、カプセルカバー101と透明カバー102とを有する。カプセルカバー101と透明カバー102とによって、カプセル内視鏡100の外装部が構成されている。

40

## 【 0 1 8 4 】

カプセルカバー101は、略円筒形状の中央部と、略碗形状の底部と、で構成されている。透明カバー102は、中央部を挟んで、底部と対向する位置に配置されている。透明カバー102は、略碗形状の透明部材によって構成されている。カプセルカバー101と透明カバー102とは、互いに水密的に連設されている。

## 【 0 1 8 5 】

カプセル内視鏡100の内部には、結像光学系103と、照明部104と、撮像素子1

50

05と、駆動制御部106と、信号処理部107とを備えている。透明カバー102は、結像光学系103と照明部104の双方の前面を同時に覆う位置に配置されている。なお、図示しないが、カプセル内視鏡100の内部には、受電手段と送信手段が設けられている。

【0186】

照明部104からは、照明光が出射する。照明光は透明カバー102を通過して、被写体に照射される。被写体からの光は、結像光学系103に入射する。結像光学系103によって、像位置に被写体の光学像が形成される。

【0187】

光学像は、撮像素子105で撮像される。撮像素子105の駆動と制御は、駆動制御部106で行われる。また、撮像素子105からの出力信号は、必要に応じて、信号処理部107で処理される。

【0188】

ここで、結像光学系103には、例えば、上述の実施例1の結像光学系が用いられている。よって、非常に広い範囲(約160°の画角)の光学像が形成される。また、光学像は、物体側に凹状に湾曲した像になっている。

【0189】

撮像素子105の撮像面は、物体側に凹状に湾曲している。また、撮像面の曲率半径は、光学像の曲率半径と同じになっている。そのため、非常に広い範囲を撮像した画像でありながら、中心から周辺まで鮮明な画像を取得することができる。

【0190】

図18は、光学装置の別の例である。この例では、光学装置は車載カメラである。図18(a)は、車外に車載カメラを搭載した例を示す図である。図18(b)は、車内に車載カメラを搭載した例を示す図である。

【0191】

図18(a)に示すように、車載カメラ201は、自動車200のフロントグリルに設けられている。車載カメラ201は、結像光学系と撮像素子を備えている。

【0192】

車載カメラ201の結像光学系には、例えば、上述の実施例1の結像光学系が用いられている。よって、非常に広い範囲(約160°の画角)の光学像が形成される。また、撮像素子の撮像面は、物体側に凹状に湾曲している。そして、撮像面の曲率半径は、光学像の曲率半径と同じになっている。そのため、非常に広い範囲を撮像した画像でありながら、中心から周辺まで鮮明な画像を取得することができる。

【0193】

図18(b)に示すように、車載カメラ201は、自動車200の天井近傍に設けられている。車載カメラ201の作用効果は、既に説明したとおりである。

【0194】

車載カメラ201は、室外であれば、各コーナやヘッド部のポールの頂部に配置しても良い。また、室内であれば、バックミラーの近傍に配置しても良い。

【0195】

また、上述の各発明は複数を同時に満足することで、小型化、高性能化、広画角化などそれぞれの効果をより確実にでき好ましい。

【産業上の利用可能性】

【0196】

以上のように、本発明は、小型でありながら、少ないレンズ枚数で、広い画角と高い結像性能を有する結像光学系に有用である。また、本発明は、小型でありながら、少ないレンズ枚数で、広い範囲を高い解像度で撮像できる撮像装置及びカプセル内視鏡に有用である。

【符号の説明】

【0197】

10

20

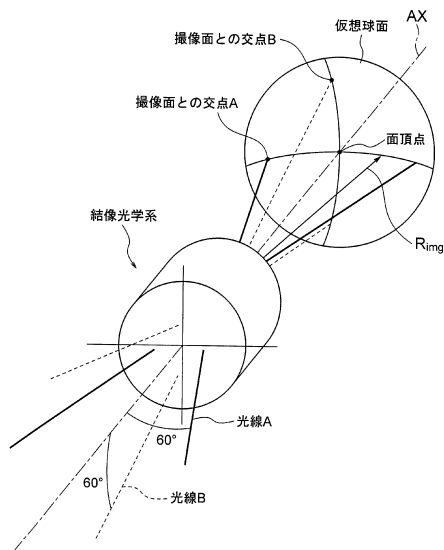
30

40

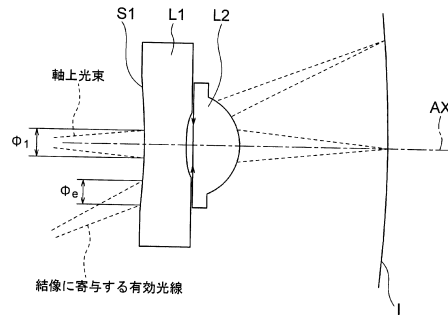
50

- L 1、L 2、L 3、L 4 レンズ
- S 開口絞り（明るさ絞り）
- I 像面
- C G 光学部材
- S<sub>1</sub> 光学面
- A X 光軸
- 1 0 0 カプセル内視鏡
- 1 0 1 カプセルカバー
- 1 0 2 透明カバー
- 1 0 3 結像光学系
- 1 0 4 照明部
- 1 0 5 撮像素子
- 1 0 6 駆動制御部
- 1 0 7 信号処理部
- 2 0 0 自動車
- 2 0 1 車載カメラ

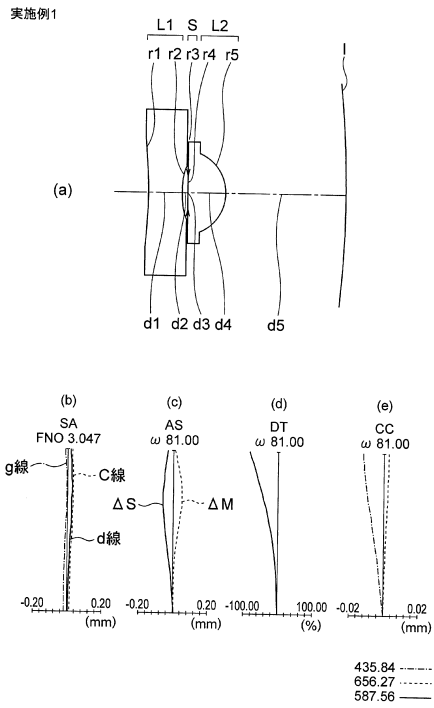
【図 1】



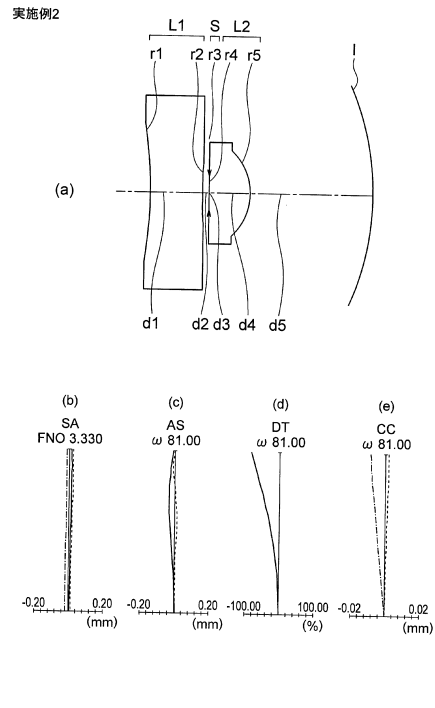
【図 2】



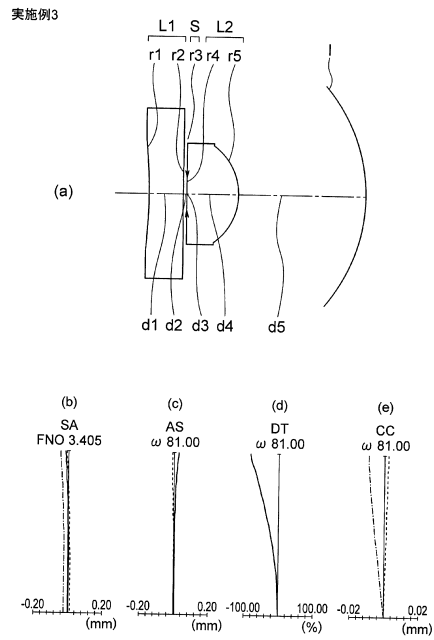
【 図 3 】



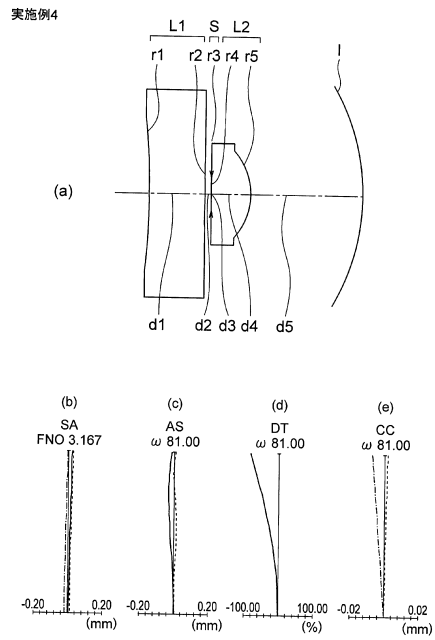
【 図 4 】



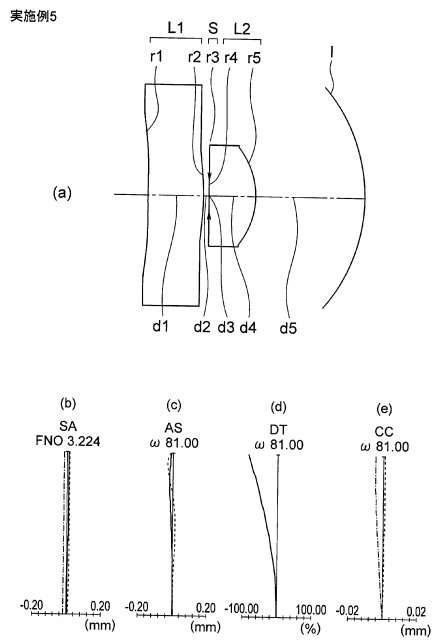
【 図 5 】



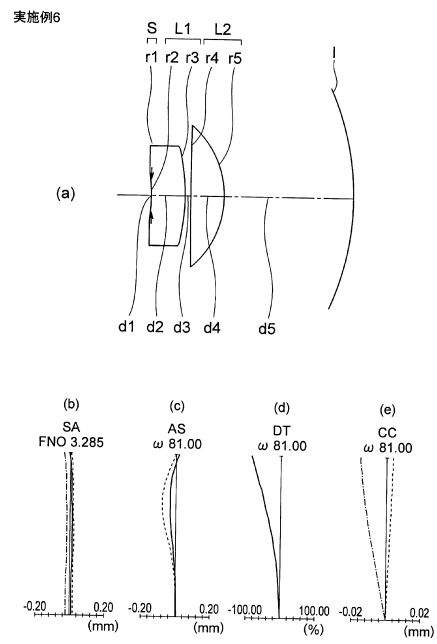
【 図 6 】



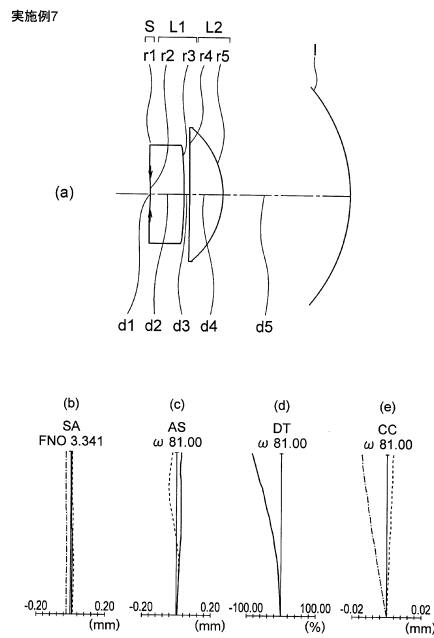
【 図 7 】



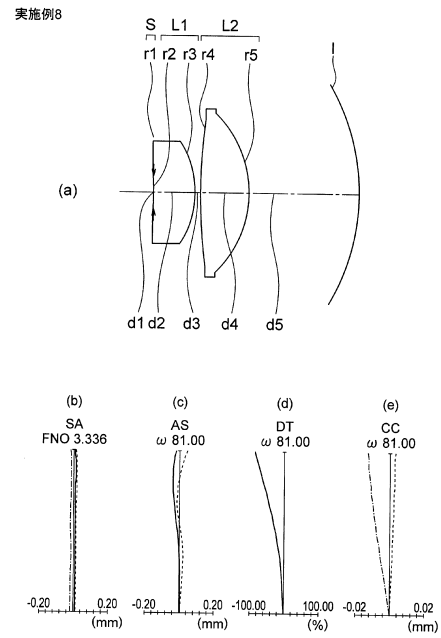
【 図 8 】



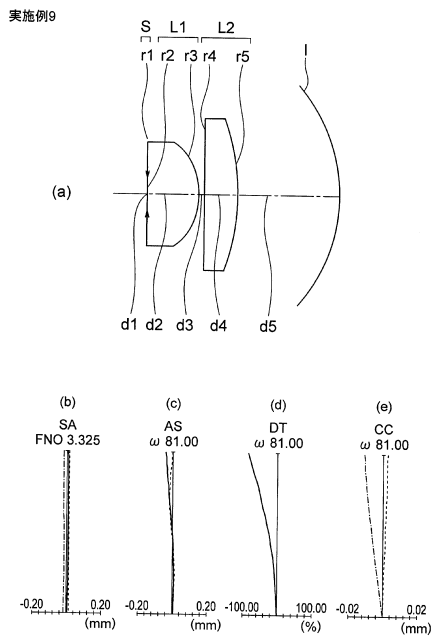
【 図 9 】



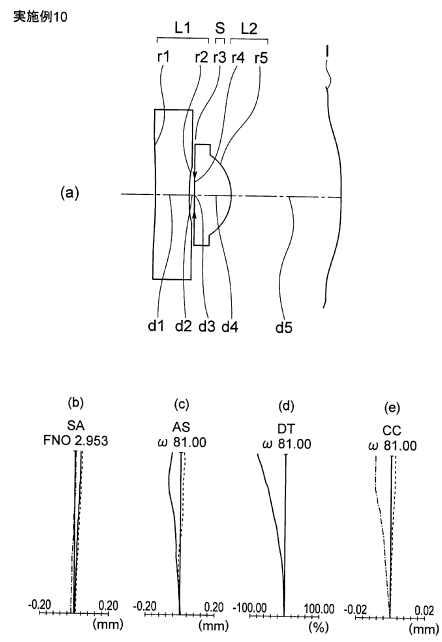
【 図 10 】



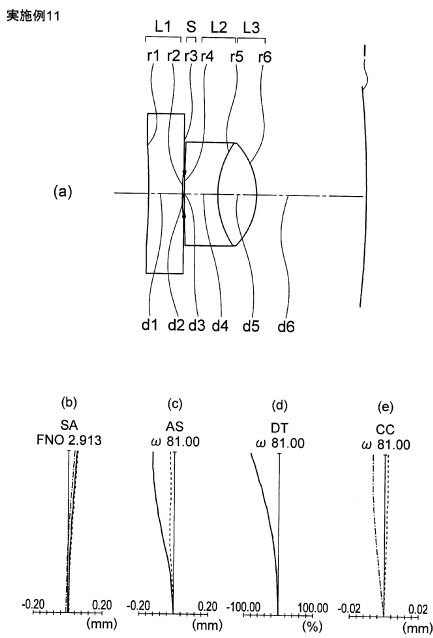
【 図 1 1 】



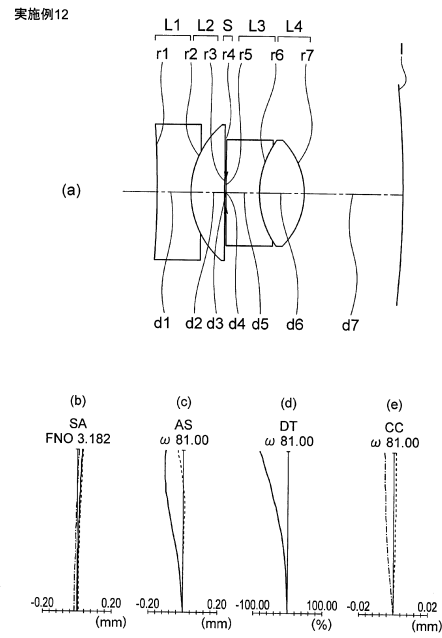
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

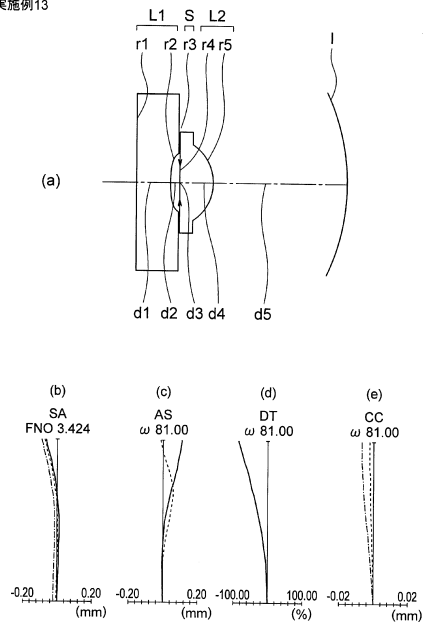


【 図 1 4 】

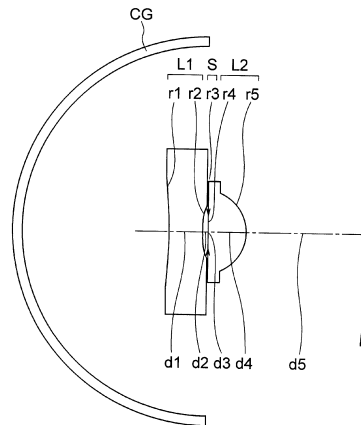


【 図 1 5 】

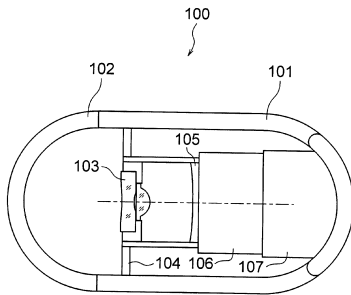
実施例13



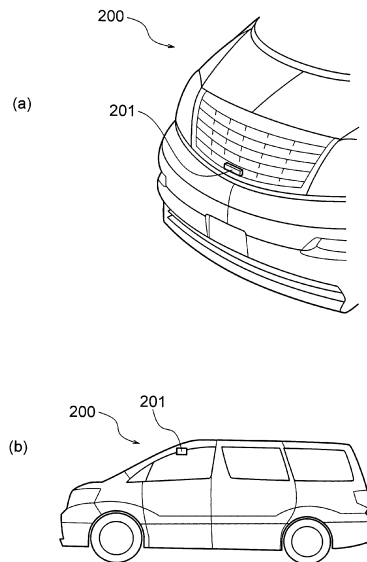
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



---

フロントページの続き

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 特開平05 - 164965 (JP, A)  
特開2000 - 081568 (JP, A)  
米国特許第05502597 (US, A)  
特開平08 - 334684 (JP, A)  
特開平08 - 338944 (JP, A)  
特開2000 - 227547 (JP, A)  
特開2000 - 266997 (JP, A)  
特開2004 - 086215 (JP, A)  
特開2013 - 024892 (JP, A)  
特開2009 - 136385 (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

专利名称(译)	成像光学系统，成像装置和胶囊内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP6529396B2</a>	公开(公告)日	2019-06-12
申请号	JP2015174660	申请日	2015-09-04
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	植村亮介 天内隆裕 飯島恭子		
发明人	植村 亮介 天内 隆裕 飯島 恭子		
IPC分类号	G02B13/00 G02B13/18 G02B23/26 A61B1/00		
FI分类号	G02B13/00 G02B13/18 G02B23/26.C A61B1/00.731 A61B1/00.C A61B1/00.320.B A61B1/00.610		
F-TERM分类号	2H040/CA23 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA02 2H087/PA17 2H087/PA18 2H087/PA19 2H087/PB02 2H087/PB03 2H087/PB04 2H087/QA02 2H087/QA03 2H087/QA07 2H087/QA12 2H087/QA14 2H087/QA17 2H087/QA19 2H087/QA21 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA26 2H087/QA32 2H087/QA33 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/QA46 2H087/RA05 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/RA34 4C161/DD07 4C161/FF14 4C161/PP06 4C161/PP11		
代理人(译)	斋藤圭介		
审查员(译)	堀井浩二		
其他公开文献	JP2017049532A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

成像光学系统，成像装置和胶囊内窥镜有利于减小尺寸并且可以确保良好的光学性能。解决方案：当作为有助于图像形成的光束穿过透镜部件的光路的有效光路是仅具有两个表面的透镜，物侧表面和像侧表面，物侧到像侧一种成像光学系统，包括两个透镜部件，物侧透镜部件L1和图像侧透镜部件L2，以及成像表面I，成像表面I设置在成像光学系统的像侧并且在物侧凹入地弯曲。具有成像单元的成像装置，物侧透镜部件的物侧表面S1是面向物体的平面或凹面，并且图像侧透镜部件的最像侧表面是曲面是，并且满足以下条件表达式(1)。  $0 < L/TL \leq 0.4(1)$ ，L是光轴上从物侧透镜部件的最像侧的表面到像侧透镜部件的最物侧的表面上距离，TL是物侧透镜部件光轴上的距离是从最靠近物侧的表面到成像表面的距离。 [选择图]图2

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特許公報(B2)	(11) 特許番号 特許第6529396号 (P6529396)
(45) 発行日 令和1年6月12日(2019.6.12)	(24) 登録日 令和1年5月24日(2019.5.24)	
(51) Int. Cl.	F 1	
<b>G02B 13/00 (2006.01)</b>	G02B 13/00	
<b>G02B 13/18 (2006.01)</b>	G02B 13/18	
<b>G02B 23/26 (2006.01)</b>	G02B 23/26	C
<b>A61B 1/00 (2006.01)</b>	A61B 1/00	7 3 1
	A61B 1/00	C
		請求項の数 20 (全 38 頁)
(21) 出願番号 特願2015-174660(P2015-174660)	(73) 特許権者 000000376	
(22) 出願日 平成27年9月4日(2015.9.4)	オリンパス株式会社	
(65) 公開番号 特願2017-49532(P2017-49532A)	東京都八王子市石川町2-9-51番地	
(43) 公開日 平成29年3月9日(2017.3.9)	100123962	
審査請求日 平成30年4月5日(2018.4.5)	(74) 代理人 斎藤 圭介	
	弁理士	
	(72) 発明者 植村 亮介	
	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号	
	オリンパス株式会社内	
	(72) 発明者 天内 隆裕	
	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号	
	オリンパス株式会社内	
	(72) 発明者 飯島 恭子	
	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号	
	オリンパス株式会社内	
		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系、撮像装置及びカプセル内視鏡