

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5118937号
(P5118937)

(45) 発行日 平成25年1月16日(2013. 1. 16)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012. 10. 26)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 13/24 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

A 6 1 B 1/04 (2006.01)

G O 2 B 13/24

A 6 1 B 1/00 A

A 6 1 B 1/04 3 7 O

A 6 1 B 1/00 3 O O Y

請求項の数 3 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-274879 (P2007-274879)	(73) 特許権者	304050923
(22) 出願日	平成19年10月23日 (2007. 10. 23)		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-103874 (P2009-103874A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(43) 公開日	平成21年5月14日 (2009. 5. 14)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成22年9月30日 (2010. 9. 30)		弁理士 荏澤 弘
		(74) 代理人	100088041
			弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮影光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、視野方向変換部材、正の第1群、負の第2群からなり、前記第1群は、物体側に凸面を向けた正の接合レンズ、物体側に凸面を向けた正の単レンズ、物体側に凸面を向けた正の接合レンズからなり、前記第2群は、負の単レンズからなり、前記第1群と前記第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式(1)乃至(4)を満足することを特徴とする撮影光学系。

$$1.4 < L / f < 2 \qquad \dots (1)$$
$$-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7 \qquad \dots (2)$$
$$1.05 < \beta_2 < 1.4 \qquad \dots (3)$$
$$0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6 \qquad \dots (4)$$

10

ただし、L：第1群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、
f：撮影光学系全系の焦点距離、
f₁：第1群の焦点距離、
f₂：第2群の焦点距離、
β₂：第2群の結像倍率、
f_{1F}：第1群内の最も物体側のレンズの焦点距離、
f_{1R}：第1群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【請求項 2】

20

物体側から順に、視野方向変換部材、正の第 1 群、負の第 2 群からなり、前記第 1 群は、物体側に凸面を向けた第 1 の正の接合レンズと、物体側に凸面を向けた第 2 の正の接合レンズからなり、前記第 2 群は、負の単レンズからなり、前記第 1 群と前記第 2 群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式 (1) 乃至 (4) を満足することを特徴とする撮影光学系。

$$1.4 < L / f < 2 \quad \dots (1)$$

$$-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7 \quad \dots (2)$$

$$1.05 < \beta_2 < 1.4 \quad \dots (3)$$

$$0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6 \quad \dots (4)$$

ただし、L：第 1 群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f：撮影光学系全系の焦点距離、

f₁：第 1 群の焦点距離、

f₂：第 2 群の焦点距離、

β₂：第 2 群の結像倍率、

f_{1F}：第 1 群内の最も物体側のレンズの焦点距離、

f_{1R}：第 1 群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【請求項 3】

前記第 2 群の負の単レンズは撮像素子と接合されており、組み立て時、前記第 1 群と前記第 2 群の偏心調整を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の撮影光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、観察光学系の接眼部に接続して撮影を行う撮影光学系に関し、特に、内視鏡の接眼部に接続してテレビカメラ撮影を行う撮影光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

硬性鏡、ファイバースコープ等接眼レンズを有する内視鏡では、接眼レンズの後方に着脱自在な内視鏡テレビカメラを配置し、内視鏡により得られる体腔内等の画像を撮像部へ導き、テレビ観察を行っている。

【0003】

例えば泌尿器科用のテレビカメラは、例えば図 1 に示すように、硬性鏡 1 の接眼レンズ 4 の後方に撮影レンズ 7 を備えたカメラヘッド 5 を装着して、そのカメラヘッド 5 を介してテレビモニター 9 で体腔内の画像の観察ができるようにしている。なお、硬性鏡 1 内には、対物レンズ 2、リレーレンズ 3 等が備えられている。また、カメラヘッド 5 内には、視野方向を変換するプリズム 6、撮影レンズ 7、CCD 等の撮像素子 8 が備えられている。カメラヘッドのより具体的な構成は、例えば特許文献 1 に示すものがある。

【0004】

テレビカメラに用いる撮像素子として、従来のものは軸外の主光線が撮像面に対し垂直入射したときに最もシェーディング特性が良好になるように設計されている。また、一般に、内視鏡、特に外科手術等に用いられる硬性鏡では、眼視観察の利便性を考慮して、接眼レンズ 4 の射出瞳位置が接眼部より 10 mm 程度突出していることが多い。したがって、従来の内視鏡テレビカメラでは、内視鏡接眼光学系の射出瞳と撮影レンズの前側焦点位置を合わせることで像側にテレセントリックとして、軸外の主光線が撮像面に対し垂直入射するように撮影光学系を構成している。

【0005】

近年、撮像素子は以下の状況にある。

【0006】

第 1 に、小型化が進んでいる。

【0007】

10

20

30

40

50

第 2 に、光線の入射角度に対するシェーディング特性を最適化した仕様のものがある。

【 0 0 0 8 】

上記第 2 に関して、従来のものとして下記の A があり、近年のものとして下記の B がある。

【 0 0 0 9 】

A：軸外の主光線が撮像面に対し垂直入射したとき（撮影レンズの射出瞳位置が撮像面より無限遠にある場合）に最もシェーディング特性が良好になるように設計されているもの。以降、垂直入射最適化撮像素子と呼ぶ（図 1 1（a））。

【 0 0 1 0 】

B：軸外の主光線が撮像面に対し発散角で入射したとき（撮影レンズの射出瞳位置が撮像面より物体側にある場合）に最もシェーディング特性が良好になるように設計されているもの。以降、斜入射最適化撮像素子と呼ぶ（図 1 1（b））。

10

【 0 0 1 1 】

テレビカメラヘッドは、内視鏡操作の負担にならないよう小型、軽量であることが好ましい。そのためには、機械設計上、小型の撮像素子を用いるのが望ましい。しかしながら、光学設計上は以下の 1、2 の課題がある。

【 0 0 1 2 】

1：小型の撮像素子を用いたカメラヘッドでは、撮像素子のサイズに応じ、撮影光学系の焦点距離を短くする必要がある。ただし、接眼レンズの射出瞳位置及び接眼レンズと撮影光学系の間隔は変わらないため、撮影レンズの射出瞳位置が撮像面より像側（プラスの値）になる。この場合、軸外の主光線が撮像面に対し収束する角度となる（図 1 2）。撮影レンズの射出瞳と撮像素子のシェーディング特性とのマッチングが悪くなる結果、シェーディングが発生する。シェーディングは上記 A、B 何れの場合でも問題であり、特に B の斜入射最適化撮像素子の場合、問題が大きい。

20

【 0 0 1 3 】

なお、上記説明は視野方向変換部材を用いたテレビカメラヘッドに関して述べたが、その場合に限らず、以下の a、b ように接眼レンズの射出瞳位置とカメラヘッドの撮影レンズが近接できない場合でも同様の課題がある。

【 0 0 1 4 】

a：射出瞳位置が接眼部より 10 mm 未満と、突出量が小さい場合。

30

【 0 0 1 5 】

b：接眼レンズとカメラヘッドの間にフィルターや絞り等の部材を配置する場合。

【 0 0 1 6 】

2：レンズの焦点距離を短くするとレンズのバックフォーカスが短くなり、撮影レンズと撮像素子の間隔を変化させてフォーカス調節（以下、焦点調節と呼ぶ。）する際、干渉が起こりやすくなる。あるいは、十分なフォーカス範囲を確保することが困難となる。

【 0 0 1 7 】

上記従来のテレビカメラヘッドとは別の例として、例えば以下の特許文献 2～4 に示すものがある。

【特許文献 1】実公平 6 - 1 8 3 2 8 号公報

40

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 9 9 0 8 0 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 5 3 2 1 8 号公報

【特許文献 4】米国特許第 4 , 8 9 8 , 4 5 7 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 8 】

特許文献 2 に記載のものは、小型の撮像素子を用いた場合の諸収差の補正とバックフォーカスの確保を狙ったものである。ただし、接眼レンズと撮影光学系の光軸が一直線に並んだタイプのカメラヘッドであり、視野方向を変換するプリズムを配置することができない。また、撮影レンズの射出瞳や撮像素子のシェーディング特性に着目した記述はない。

50

【 0 0 1 9 】

特許文献 3 に記載のものは、撮影レンズの射出瞳に着目し、シェーディング特性を改善したものである。ただし、上記 A の従来のタイプの撮像素子を用いる場合に最適化したものである。また、接眼レンズと撮影光学系の光軸が一直線に並んだタイプのカメラヘッドであり、視野方向を変換するプリズムを配置することができない。

【 0 0 2 0 】

特許文献 4 に記載のものは、撮像管 (a television tube) 用のテレビカメラレンズであり、撮影レンズの構成毎に適したフィールドレンズを撮像管の直前に配置したものである。ただし、一般撮影用のテレビカメラに関するものであり、接眼レンズに接続して使用するカメラヘッドに関するものではない。

10

【 0 0 2 1 】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、小型の撮像素子を用いたテレビカメラヘッドに好適な接眼部接続撮影光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

上記課題を解決するため、本発明の撮影光学系は、物体側から順に、正の第 1 群、負の第 2 群からなり、第 1 群と第 2 群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に以下の条件式 (1) を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 2 3 】

$$1.4 < L / f < 2 \quad \dots (1)$$

ただし、L：第 1 群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f：撮影光学系全系の焦点距離、

である。

20

【 0 0 2 4 】

撮影レンズの射出瞳を撮像面より物体側 (符号マイナス側) にするためには、撮影レンズの前側主点位置をできるだけ物体側に配置する必要がある。そのためには、物体側に正の屈折力を持つレンズ群を配置し、像側に負の屈折力を持つレンズ群を配置する、いわゆる望遠タイプ (テレフォトタイプ) の構成とするのが好ましい。その上で条件式 (1) を満足することで、撮影レンズの射出瞳位置を撮像面より物体側に設定することができる。ただし、望遠タイプはバックフォーカスの確保には向いていない。撮影レンズ全体を光軸方向に移動して焦点調節を行うと、撮像素子と干渉してしまう。そこで、本発明の撮影レンズでは第 1 群と第 2 群の群間隔を利用し、その群間隔を変化させ焦点調節を行う。

30

【 0 0 2 5 】

本発明のような構成にすることで、射出瞳位置を撮像面より物体側に設定し、かつ、焦点調節も両立させることができる。

【 0 0 2 6 】

条件式 (1) は撮影レンズに対して前側焦点の位置を規定したものである。条件式 (1) の下限 1.4 を越えると、射出瞳を撮像面より物体側に配置することができなくなる。一方、条件式 (1) の上限 2 を越えると、射出瞳位置の設定には有利であるが、各レンズ群の屈折力が強くなり収差補正が困難となる。

40

【 0 0 2 7 】

なお、焦点調節は第 1 群を光軸方向に移動して行う。あるいは、第 2 群と撮像素子を一体で移動してもよい。

【 0 0 2 8 】

さらに、この場合、以下の条件式 (2) 乃至 (4) を満足することが好ましい。

【 0 0 2 9 】

$$-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7 \quad \dots (2)$$

$$1.05 < \quad_2 < 1.4 \quad \dots (3)$$

$$0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6 \quad \dots (4)$$

50

ただし、 f_1 : 第1群の焦点距離、
 f_2 : 第2群の焦点距離、
 β_2 : 第2群の結像倍率、
 f_{1F} : 第1群内の最も物体側のレンズの焦点距離、
 f_{1R} : 第1群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【0030】

条件式(1)に加え、さらに好ましくは条件式(2)乃至(4)を満足するとよい。

【0031】

条件式(2)は、各レンズ群の屈折力を規定したものである。条件式(2)の上限 - 0.7を越えると、射出瞳を撮像面より物体側に配置することに不利となる。一方、条件式(2)の下限 - 1.3を越えると、射出瞳位置の設定には有利であるが、収差補正に不利となる。

10

【0032】

条件式(3)は、第2群の結像倍率を規定したものである。条件式(3)の下限 1.05を越えると、射出瞳を撮像面より物体側に配置することに不利となる。また、第2群が撮像素子と干渉しやすくなる。一方、条件式(3)の上限 1.4を越えると、射出瞳位置の設定には有利であるが、収差補正に不利となる。

【0033】

条件式(4)は、第1群内の屈折力配置を規定したものである。第1群内において正の屈折力を分散させることは収差補正上好ましい。条件式(4)の下限 0.2を越えると、射出瞳位置の設定には有利であるが、収差補正に不利となる。一方、条件式(4)の上限 1.6を越えても収差補正には問題ないが、射出瞳を撮像面より物体側に配置することに不利となる。

20

【0034】

本発明の別の撮影光学系は、物体側から順に、視野方向変換部材、正の第1群、負の第2群からなり、前記第1群は、物体側に凸面を向けた正の接合レンズ、物体側に凸面を向けた正の単レンズ、物体側に凸面を向けた正の接合レンズからなり、前記第2群は、負の単レンズからなり、前記第1群と前記第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式(1)乃至(4)を満足することを特徴とするものである。

30

【0035】

$$\begin{aligned} 1.4 < L / f < 2 & \dots (1) \\ -1.3 < f_1 / f_2 < -0.7 & \dots (2) \\ 1.05 < \beta_2 < 1.4 & \dots (3) \\ 0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6 & \dots (4) \end{aligned}$$

ただし、 L : 第1群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f : 撮影光学系全系の焦点距離、

f_1 : 第1群の焦点距離、

f_2 : 第2群の焦点距離、

β_2 : 第2群の結像倍率、

f_{1F} : 第1群内の最も物体側のレンズの焦点距離、

f_{1R} : 第1群内の最も像側のレンズの焦点距離、

40

である。

【0036】

射出瞳の条件及び収差補正を満足しながら簡易な構成にするためには、適切なレンズ構成にすることが必要である。

【0037】

第1群は、

A : 正の屈折力を3つの各レンズ要素(接合レンズは1つと数える)に分散させ、全てのレンズを正の屈折力とした。正の屈折力を分散させることで、各レンズ要素で発生する

50

収差が少なくなる。

【 0 0 3 8 】

B : 3つの各レンズ要素は物体側面を凸面とした。前側主点位置を物体側に配置するのに有利な構成である。

【 0 0 3 9 】

C : 最も物体側の接合レンズで主に軸上色収差を補正し、最も像側の接合レンズで倍率の色収差を補正している。

【 0 0 4 0 】

以上で、第1群は正の3つのレンズ要素で構成することができる。

【 0 0 4 1 】

第2群の役割は主に射出瞳の設定であり、負の単レンズのみで構成することができる。

【 0 0 4 2 】

そして、条件式(1)乃至(4)を満足するとよい。その意味は上記の通りである。

【 0 0 4 3 】

本発明のさらに別の撮影光学系は、物体側から順に、視野方向変換部材、正の第1群、負の第2群からなり、前記第1群は、物体側に凸面を向けた第1の正の接合レンズと、物体側に凸面を向けた第2の正の接合レンズからなり、前記第2群は、負の単レンズからなり、前記第1群と前記第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式(1)乃至(4)を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 4 4 】

$$1.4 < L / f < 2 \quad \dots (1)$$

$$-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7 \quad \dots (2)$$

$$1.05 < \beta_2 < 1.4 \quad \dots (3)$$

$$0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6 \quad \dots (4)$$

ただし、L : 第1群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f : 撮影光学系全系の焦点距離、

f₁ : 第1群の焦点距離、

f₂ : 第2群の焦点距離、

β₂ : 第2群の結像倍率、

f_{1F} : 第1群内の最も物体側のレンズの焦点距離、

f_{1R} : 第1群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【 0 0 4 5 】

さらなる構成の簡素化に関しては、このように構成にするとよい。

【 0 0 4 6 】

簡素化を優先する場合、第1群は2つの接合レンズで構成するのがよい。

【 0 0 4 7 】

A' : 正の屈折力の分担を2つの各レンズ要素(接合レンズは1つと数える)で行うこともできる。

【 0 0 4 8 】

B' : 2つの各レンズ要素は物体側面を凸面とした。前側主点位置を物体側に配置するのに有利な構成である。

【 0 0 4 9 】

C' : 最も物体側の接合レンズで主に軸上色収差を補正し、最も像側の接合レンズで倍率の色収差を補正している。

【 0 0 5 0 】

以上で、第1群は正の2つのレンズ要素で構成することもできる。

【 0 0 5 1 】

第2群の役割は主に射出瞳の設定であり、負の単レンズのみで構成することができる。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

そして、条件式(1)乃至(4)を満足するとよい。その意味は上記の通りである。

【0053】

以上において、前記第2群の負の単レンズは撮像素子と接合されており、組み立て時、前記第1群と前記第2群の偏心調整を行うことが好ましい。

【0054】

第1群と第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行い、第2群と撮像素子の間隔は焦点調節には使用しない場合、撮影レンズの射出瞳設定上、第2群の位置はできるだけ撮像素子側に配置することが好ましい。また、撮像面近辺はゴミが像として画面に写り込みやすいため、第2群と撮像素子の間は空気間隔を設けないのがよい。第2群と撮像素子を接合することで、第2群と撮像素子の近接配置ができる。また、ゴミの侵入の恐れがある空気間隔がなくなり、ゴミが写り込み難くなる。

10

【0055】

組み立ては、撮像素子と接合された第2群と、第1群を偏心調整することで、製造誤差による収差の劣化を小さくすることができる。なお、偏心調整とは、第1群の光軸と第2群の光軸を一致するように光軸に垂直方向にレンズ群を移動することである。

【0056】

なお、視野方向変換部材は、以下の実施例記載以外のものでもよく(例えば、図6)、また、ミラー構成としてもよい。また、反射回数は偶数回反射以外に、奇数回反射でもよい。奇数反射の場合は、撮像素子の信号読み出しを鏡像読み出しにすればよい。

【0057】

また、本発明は、視野方向変換部材を用いたテレビカメラヘッドに限らず、接眼レンズの射出瞳位置とカメラヘッドの撮影レンズが近接できないその他の接眼部接続カメラに適用することができる。

20

【発明の効果】

【0058】

本発明によれば、小型の撮像素子を用いたテレビカメラヘッドに好適な接眼部接続撮影光学系を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0059】

以下に、本発明の接眼部接続撮影光学系の数値実施例1~4を説明する。各数値実施例のレンズデータは後記する。

30

【0060】

実施例1の撮影光学系の光軸を含むレンズ断面図を図2に示す。物体側から数えた面番号をS1~S24で示す(S24は撮像面)。図中、符号1Fはカメラヘッドカバーガラス、1Pは視野方向変換プリズムの第1プリズム、2Pは視野方向変換プリズムの第2プリズム、Fは赤外カットフィルター、GはCCDチップ封止ガラス、FSはフレアー絞り、t1、t2は焦点(ピント)調整間隔、EXPOCは接眼レンズの射出瞳位置、EXPTLは撮影レンズの射出瞳位置をそれぞれ示す。他の実施例においても同じ。

【0061】

この撮影光学系(カメラヘッド)は、撮影光学系が装着される例えば図1に示す硬性鏡1の接眼レンズ側から順に、面番号S1~S2で示されるカメラヘッドカバーガラス1F、面番号S3~S5で示される視野方向変換プリズムの第1プリズム1P、面番号S6~S8で示される第2プリズム2P、面番号S9~S19で示される撮影レンズの第1群、面番号S20~S21で示される第2群、面番号S22~S23で示されるCCDチップ封止ガラスG、面番号S24で示される撮像面からなる。第1プリズム1Pは入射面S3に対して45°の反射面S4からなる直角プリズムからなり、第2プリズム2Pも入射面S6に対して45°の反射面S7からなる直角プリズムからなる。撮影レンズの第1群は、面番号S9~S10で示される両凸正レンズと面番号S10~S11で示される凹平負レンズの正の接合レンズと、面番号S12~S13で示される物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、面番号S14で示されるフレアー絞りFSと、面番号S15~S16

40

50

で示される赤外カットフィルターFと、面番号S17～S18で示される両凸正レンズと面番号S18～S19で示される凹平負レンズの正の接合レンズとからなり、撮影レンズの第2群は、面番号S20～S21で示される凹平負レンズからなる。撮影レンズの第2群とCCDチップ封止ガラスGと撮像面は一体に接着されている（後記のレンズデータにおいて、第2群とCCDチップ封止ガラスGの間の硝材、CCDチップ封止ガラスGと撮像面の間の硝材は接着剤である。）。なお、カメラヘッドカバーガラス1Fの第2面（S2）、第2群の凹平負レンズの第2面（S21）はフレアー絞りFSを兼ねている。

【0062】

この撮影光学系に接眼レンズ側から入射する光軸と撮像面に入射する光軸とが相互に90°をなすように視野方向を変換するには、第1プリズム1Pの反射面S4から第2プリズム2Pの反射面S7に至る光軸上に存在する図示のA-A'の軸を中心に、図示の位置から第2プリズム2P以降の光学系を一体に90°回転させて配置する。

10

【0063】

また、焦点調節のために可変の間隔は、第2プリズム2Pと第1群の間の空気間隔t1と第1群と第2群の間の空気間隔t2であり、物体距離が縮小するにつれて第1群を物体側に繰り出し、物体距離が負になると逆に像側に繰り出す。

【0064】

この実施例において、EXPOCで示される接眼レンズの射出瞳位置は、撮影光学系の第1面S1を基準とし、像側を正として、8mmであり、EXPTLで示される撮影レンズの射出瞳位置は、撮像面S24を基準とし、像側を正、物体側を負として、-11.309mmであり、図11(b)の斜入射最適化撮像素子に適した構成となっている。なお、接眼レンズの射出瞳径は2.4mmを想定している。

20

【0065】

この実施例の物体距離1000mmに合焦時の収差図を図7に示す。この収差図において、“SA”は球面収差、“AS”は非点収差、“CC”は倍率色収差、“DT”歪曲収差を示す。図中の“FIY”は像高（mm）を示す。以下の実施例においても同じ。

【0066】

実施例2の撮影光学系の光軸を含むレンズ断面図を図3に示す。この撮影光学系（カメラヘッド）の構成、面番号、視野方向変換、焦点調節等は実施例1と同様であるので説明は省く。

30

【0067】

この実施例において、EXPOCで示される接眼レンズの射出瞳位置は、撮影光学系の第1面S1を基準とし、像側を正として、8mmであり、EXPTLで示される撮影レンズの射出瞳位置は、撮像面S24を基準とし、像側を正、物体側を負として、-11.252mmであり、図11(b)の斜入射最適化撮像素子に適した構成となっている。なお、接眼レンズの射出瞳径は3.8mmを想定している。

【0068】

この実施例の図7と同様の収差図を図8に示す。

【0069】

実施例3の撮影光学系の光軸を含むレンズ断面図を図4に示す。この撮影光学系（カメラヘッド）は、撮影光学系が装着される例えば図1に示す硬性鏡1の接眼レンズ側から順に、面番号S1～S2で示されるカメラヘッドカバーガラス1F、面番号S3～S5で示される視野方向変換プリズムの第1プリズム1P、面番号S6～S8で示される第2プリズム2P、面番号S9～S17で示される撮影レンズの第1群、面番号S18～S19で示される第2群、面番号S20～S21で示されるCCDチップ封止ガラスG、面番号S24で示される撮像面からなる。第1プリズム1Pは入射面S3に対して45°の反射面S4からなる直角プリズムからなり、第2プリズム2Pも入射面S6に対して45°の反射面S7からなる直角プリズムからなる。撮影レンズの第1群は、面番号S9～S10で示される両凸正レンズと面番号S10～S11で示される両凹負レンズの正の接合レンズと、面番号S12で示されるフレアー絞りFSと、面番号S13～S14で示される赤外

40

50

カットフィルターFと、面番号S15～S16で示される両凸正レンズと面番号S16～S17で示される両凹負レンズの正の接合レンズとからなり、撮影レンズの第2群は、面番号S18～S19で示される凹平負レンズからなる。撮影レンズの第2群とCCDチップ封止ガラスGと撮像面は一体に接着されている（後記のレンズデータにおいて、第2群とCCDチップ封止ガラスGの間の硝材、CCDチップ封止ガラスGと撮像面の間の硝材は接着剤である。）。なお、カメラヘッドカバーガラス1Fの第2面（S2）、第2群の凹平負レンズの第2面（S19）はフレアー絞りFSを兼ねている。

【0070】

この撮影光学系に接眼レンズ側から入射する光軸と撮像面に入射する光軸とが相互に90°をなすように視野方向を変換するには、第1プリズム1Pの反射面S4から第2プリズム2Pの反射面S7に至る光軸上に存在する図示のA-A'の軸を中心に、図示の位置から第2プリズム2P以降の光学系を一体に90°回転させて配置する。

10

【0071】

また、焦点調節のために可変の間隔は、第2プリズム2Pと第1群の間の空気間隔t1と第1群と第2群の間の空気間隔t2であり、物体距離が縮小するにつれて第1群を物体側に繰り出し、物体距離が負になると逆に像側に繰り出す。

【0072】

この実施例において、EXPOCで示される接眼レンズの射出瞳位置は、撮影光学系の第1面S1を基準とし、像側を正として、8mmであり、EXPTLで示される撮影レンズの射出瞳位置は、撮像面S22を基準とし、像側を正、物体側を負として、-11.237mmであり、図11(b)の斜入射最適化撮像素子に適した構成となっている。なお、接眼レンズの射出瞳径は3.8mmを想定している。

20

【0073】

この実施例の図7と同様の収差図を図9に示す。

【0074】

実施例4の撮影光学系の光軸を含むレンズ断面図を図5に示す。この撮影光学系（カメラヘッド）は、撮影光学系が装着される例えば図1に示す硬性鏡1の接眼レンズ側から順に、面番号S1～S2で示されるカメラヘッドカバーガラス1F、面番号S3～S6で示される視野方向変換プリズムP、面番号S7～S17で示される撮影レンズの第1群、面番号S18～S19で示される第2群、面番号S20～S21で示されるCCDチップ封止ガラスG、面番号S22で示される撮像面からなる。視野方向変換プリズムPは入射面S3、入射面S3に対して22.5°の角度をなす反射面S4、入射面S3が兼ねる全反射面S5、入射面S3に対して45°の角度をなす射出面S5からなる三直プリズムであり、カメラヘッドカバーガラス1Fから入射面S3に入射した光軸は反射面S4でその光軸に対して135°の角度をなす方向に反射され、全反射面S5で今度は入射面S3に入射した光軸に対して45°の角度をなす方向に反射され、射出面S6で屈折されずに第1群へ入射するものである。撮影レンズの第1群は、面番号S7～S8で示される両凸正レンズと面番号S8～S9で示される像側に凸面を向けた負メニスカスレンズの正の接合レンズと、面番号S10～S11で示される物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、面番号S12で示されるフレアー絞りFSと、面番号S13～S14で示される赤外カットフィルターFと、面番号S15～S16で示される物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと面番号S16～S17で示される両凸正レンズの正の接合レンズとからなり、撮影レンズの第2群は、面番号S18～S19で示される凹平負レンズからなる。撮影レンズの第2群とCCDチップ封止ガラスGと撮像面は一体に接着されている（後記のレンズデータにおいて、第2群とCCDチップ封止ガラスGの間の硝材、CCDチップ封止ガラスGと撮像面の間の硝材は接着剤である。）。なお、カメラヘッドカバーガラス1Fの第2面（S2）、第2群の凹平負レンズの第2面（S19）はフレアー絞りFSを兼ねている。

30

40

【0075】

焦点調節のために可変の間隔は、視野方向変換プリズムPと第1群の間の空気間隔t1

50

と第 1 群と第 2 群の間の空気間隔 t_2 であり、物体距離が縮小するにつれて第 1 群を物体側に繰り出し、物体距離が負になると逆に像側に繰り出す。

【 0 0 7 6 】

この実施例において、E X P O C で示される接眼レンズの射出瞳位置は、撮影光学系の第 1 面 S 1 を基準とし、像側を正として、8 mm であり、E X P T L で示される撮影レンズの射出瞳位置は、撮像面 S 2 2 を基準とし、像側を正、物体側を負として、- 9 . 1 9 5 mm であり、図 1 1 (b) の斜入射最適化撮像素子に適した構成となっている。なお、接眼レンズの射出瞳径は 3 . 8 mm を想定している。

【 0 0 7 7 】

この実施例の図 7 と同様の収差図を図 1 0 に示す。

10

【 0 0 7 8 】

なお、この実施例において、図 6 に示すように、視野方向変換プリズム P の配置を逆にしても、同様に、カメラヘッドカバーガラス 1 F から入射面 S 3 に入射する光軸に対して撮像面 S 2 2 に入射する光軸を 4 5 ° に変換することができる。すなわち、視野方向変換プリズム P は面番号 S 3 ~ S 6 で示され、入射面 S 3、入射面 S 3 に対して 4 5 ° の角度をなす射出面 S 6 を兼ねる全反射面 S 4、全反射面 S 4 に対して 2 2 . 5 ° の角度をなす反射面 S 5 からなる三直プリズムであり、カメラヘッドカバーガラス 1 F から入射面 S 3 に入射した光軸は全反射面 S 4 でその光軸に対して 9 0 ° の角度をなす方向に反射され、反射面 S 5 で今度は入射面 S 3 に入射した光軸に対して 4 5 ° の角度をなす方向に反射され、射出面 S 6 で屈折されずに第 1 群へ入射するものである。

20

【 0 0 7 9 】

なお、その他の構成は実施例 4 と同様であり、レンズデータも同様であるので、掲載を省く。

【 0 0 8 0 】

以下に、上記各実施例のレンズデータを示すが、その中、 r は面の曲率半径、 d は面間隔、 n_d は d 線の屈折率、 v_d はアッベ数、B F はバックフォーカスを表す。

【 0 0 8 1 】

数値実施例 1

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	n_d	v_d
物体面		(可 変)		
1		8.8000	1.88300	40.76
2		1.2000		
3		3.0000	1.80610	40.92
4		3.0000	1.80610	40.92
5		0.6000		
6		3.2000	1.80610	40.92
7		5.0000	1.80610	40.92
8		(可 変)		
9	9.5350	2.3000	1.72916	54.68
10	-16.8690	1.0000	1.84666	23.78
11		0.1500		
12	10.5460	1.6000	1.88300	40.76
13	18.4600	0.2000		
14		0.0300		
15		1.0000	1.49400	75.00
16		0.1500		
17	24.2420	2.5000	1.77250	49.60

40

50

18	-8.7540	1.0000	1.84666	23.78
19		(可変)		
20	-4.5540	1.4000	1.51633	64.14
21		0.0300	1.51000	64.10
22		1.0000	1.61062	50.50
23		0.0100	1.52000	64.10

像面

各種データ

焦点距離	9.545			10
F ナンバー	4			
半画角 (°)	9.7			
像高	1.63			
レンズ全長	40.63 (注)			
B F	0.65			
焦点調節間隔				

面番号

物体面	1000.00000	166.00000	-500.00000
8	1.68000	1.36358	1.88201
19	1.78000	2.09642	1.57799

。 20

【 0 0 8 2 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	v d
物体面		(可変)		
1		8.8000	1.88300	40.76
2		1.2000		
3		3.0000	1.80610	40.92
4		3.0000	1.80610	40.92
5		0.6000		
6		3.2000	1.80610	40.92
7		5.0000	1.80610	40.92
8		(可変)		
9	10.2370	2.2000	1.72916	54.68
10	-22.2370	1.0000	1.84666	23.78
11		0.1500		
12	11.2800	2.0000	1.88300	40.76
13	15.1360	0.2400		
14		0.0300		
15		1.0000	1.49400	75.00
16		0.1500		
17	12.3610	2.7000	1.77250	49.60
18	-7.3590	1.0000	1.84666	23.78
19		(可変)		
20	-6.9630	2.0000	1.88300	40.76
21		0.0300	1.51000	64.10
22		1.0000	1.61062	50.50
23		0.0100	1.52000	64.10

30

40

50

像面

各種データ

焦点距離 9.527
 F ナンバー 2.5
 半画角 (°) 9.8
 像高 1.63
 レンズ全長 41.35 (注)
 B F 0.65
 焦点調節間隔

10

面番号

物体面	1000.00000	166.00000	-500.00000
8	1.59000	1.29507	1.77934
19	1.45000	1.74493	1.26066

。

【 0 0 8 3 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	v d	
物体面		(可変)			
1		8.8000	1.88300	40.76	
2		1.2000			
3		3.0000	1.80610	40.92	
4		3.0000	1.80610	40.92	
5		0.6000			
6		3.2000	1.80610	40.92	
7		5.0000	1.80610	40.92	
8		(可変)			
9	9.0559	1.9552	1.72916	54.68	30
10	-65.9647	1.0000	1.84666	23.78	
11	67.8415	1.5390			
12		0.0300			
13		1.0000	1.49400	75.00	
14		0.1500			
15	7.8606	3.4204	1.77250	49.60	
16	-6.6418	1.0000	1.84666	23.78	
17	89.4707	(可変)			
18	-6.2884	2.0000	1.88300	40.76	
19		0.0300	1.51000	64.10	40
20		1.0000	1.61062	50.50	
21		0.0100	1.52000	64.10	

像面

各種データ

焦点距離 9.54
 F ナンバー 2.5
 半画角 (°) 9.8
 像高 1.63
 レンズ全長 41.04 (注)

50

B F 0.65

焦点調節間隔

面番号

物体面	1000.00000	166.00000	-500.00000
8	1.58058	1.29794	1.76319
17	1.52028	1.80292	1.33767

【 0 0 8 4 】

数値実施例 4

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	n d	v d
物体面		(可 変)		
1		8.8000	1.88300	40.76
2		0.6000		
3		4.1182	1.80610	40.92
4		5.8240	1.80610	40.92
5		4.2000	1.80610	40.92
6		(可 変)		
7	12.4380	2.3374	1.48749	70.23
8	-9.3097	1.0000	1.84666	23.78
9	-26.4386	0.1500		
10	8.8271	1.7608	1.88300	40.76
11	61.0949	0.0800		
12		0.0300		
13		1.6000	1.51400	74.00
14		0.1500		
15	7.6343	1.0197	1.88300	40.76
16	3.4606	2.3058	1.48749	70.23
17	-448.4619	(可 変)		
18	-6.6428	2.0000	1.88300	40.76
19		0.0300	1.51000	64.10
20		1.0000	1.61062	50.50
21		0.0100	1.52000	64.10

20

30

像面

各種データ

焦点距離 9.526

F ナンバー 2.5

半画角 (°) 9.7

40

像高 1.63

レンズ全長 39.77 (注)

B F 0.65

焦点調節間隔

面番号

物体面	1000.00000	166.00000	-500.00000
6	1.24452	0.93968	1.42927
17	1.50841	1.81326	1.32366

(注) 第 1 面から結像面までの長さ。

【 0 0 8 5 】

50

上記各実施例における条件式(1)～(4)の値及びそれら条件式の要素の値は次の通りである。

【0086】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1) L / f	1.69	1.69	1.68	1.71
(2) f_1 / f_2	-0.93	-1.00	-1.09	-1.04
(3) $_2$	1.18	1.22	1.24	1.23
(4) f_{1F} / f_{1R}	0.34	0.80	1.20	0.29
L	16.133	16.058	16.071	16.314
f	9.545	9.527	9.54	9.526
f_1	8.168	7.905	7.76	7.839
f_2	-8.82	-7.886	-7.122	-7.523
f_{1F}	14.242	15.055	14.687	30.313
f_{1R}	42.061	18.735	12.193	104.877

10

【0087】

本発明の撮影光学系は次のように構成してもよい。

【0088】

〔付記項1〕 物体側から順に、視野方向変換部材、正の第1群、負の第2群からなり、前記第1群は、物体側に凸面を向けた正の接合レンズ、物体側に凸面を向けた正の単レンズ、物体側に凸面を向けた正の接合レンズからなり、前記第2群は負の単レンズからなり撮像素子と接合されており、前記第1群と前記第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式(1)乃至(4)を満足することを特徴とする接眼部接続撮影光学系。

20

【0089】

- $1.4 < L / f < 2$ (1)
 $-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7$ (2)
 $1.05 < _2 < 1.4$ (3)
 $0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6$ (4)

ただし、 L ：第1群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f ：撮影光学系全系の焦点距離、

30

f_1 ：第1群の焦点距離、

f_2 ：第2群の焦点距離、

$_2$ ：第2群の結像倍率、

f_{1F} ：第1群内の最も物体側のレンズの焦点距離、

f_{1R} ：第1群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【0090】

〔付記項2〕 物体側から順に、視野方向変換部材、正の第1群、負の第2群からなり、前記第1群は、物体側に凸面を向けた第1の正の接合レンズと、物体側に凸面を向けた第2の正の接合レンズからなり、前記第2群は負の単レンズからなり撮像素子と接合されており、前記第1群と前記第2群の群間隔を変化させ焦点調節を行うと共に、以下の条件式(1)乃至(4)を満足することを特徴とする接眼部接続撮影光学系。

40

【0091】

- $1.4 < L / f < 2$ (1)
 $-1.3 < f_1 / f_2 < -0.7$ (2)
 $1.05 < _2 < 1.4$ (3)
 $0.2 < f_{1F} / f_{1R} < 1.6$ (4)

ただし、 L ：第1群の最も物体側のレンズ面から前側焦点までの距離であり、絶対値、

f ：撮影光学系全系の焦点距離、

f_1 ：第1群の焦点距離、

50

f_2 : 第 2 群の焦点距離、
 β_2 : 第 2 群の結像倍率、
 f_{1F} : 第 1 群内の最も物体側のレンズの焦点距離、
 f_{1R} : 第 1 群内の最も像側のレンズの焦点距離、

である。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図 1】本発明の撮影光学系が適用可能な硬性鏡システムの構成例を示す図である。

【図 2】本発明の実施例 1 の撮影光学系のレンズ断面図である。

【図 3】本発明の実施例 2 の撮影光学系のレンズ断面図である。

10

【図 4】本発明の実施例 3 の撮影光学系のレンズ断面図である。

【図 5】本発明の実施例 4 の撮影光学系のレンズ断面図である。

【図 6】実施例 4 の撮影光学系の変形例を示すレンズ断面図である。

【図 7】実施例 1 の収差図である。

【図 8】実施例 2 の収差図である。

【図 9】実施例 3 の収差図である。

【図 10】実施例 4 の収差図である。

【図 11】垂直入射最適化撮像素子 (a) と斜入射最適化撮像素子 (b) を説明するための図である。

【図 12】軸外の主光線が撮像面に対し収束する角度となる例を示す図である。

20

【符号の説明】

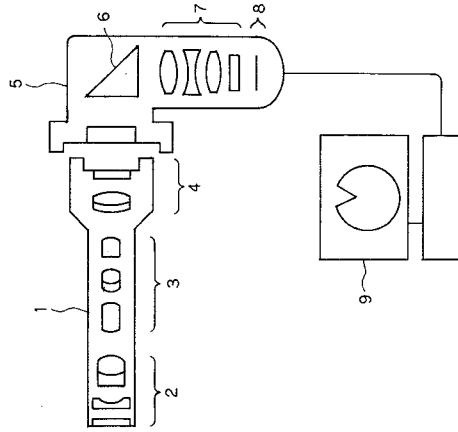
【0093】

1 ... 硬性鏡
 2 ... 対物レンズ
 3 ... リレーレンズ
 4 ... 接眼レンズ
 5 ... カメラヘッド
 6 ... 視野方向を変換するプリズム
 7 ... 撮影レンズ
 8 ... 撮像素子
 9 ... テレビモニター
 1 F ... カメラヘッドカバーガラス
 1 P ... 視野方向変換プリズムの第 1 プリズム
 2 P ... 視野方向変換プリズムの第 2 プリズム
 F ... 赤外カットフィルター
 G ... CCD チップ封止ガラス
 F S ... フレア絞
 E X P O C ... 接眼レンズの射出瞳位置
 E X P T L ... 撮影レンズの射出瞳位置
 P ... 視野方向変換プリズム
 S 1 ~ S 2 4 ... 面番号
 t 1、t 2 ... 焦点 (ピント) 調整間隔

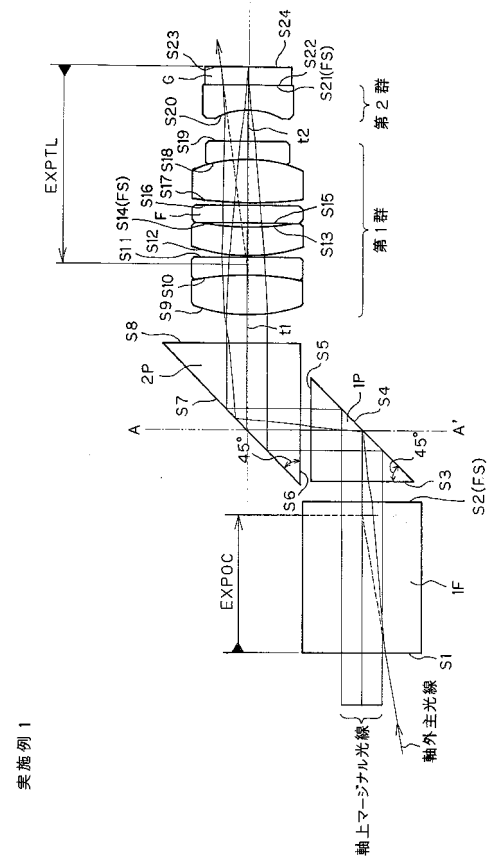
30

40

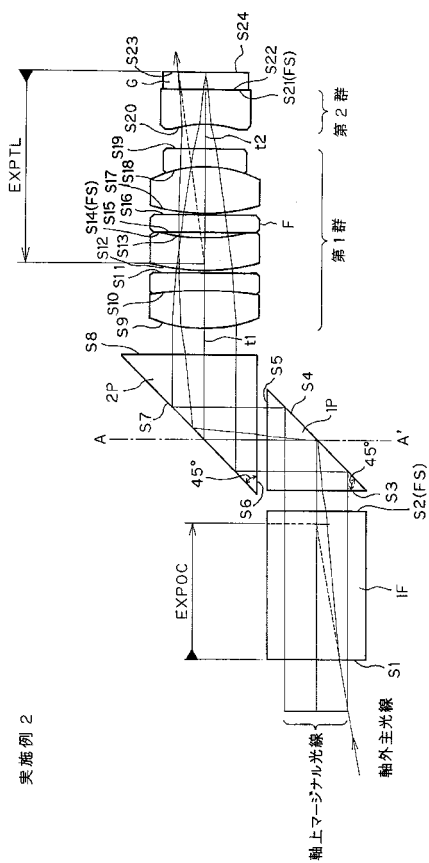
【図 1】



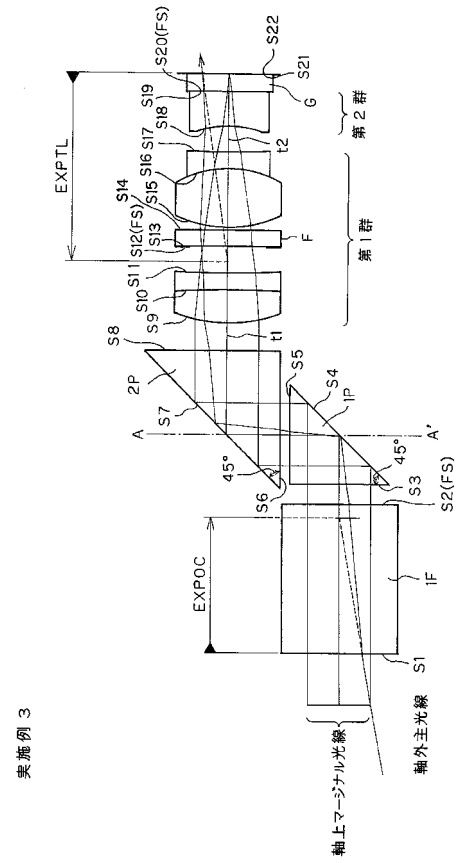
【図 2】



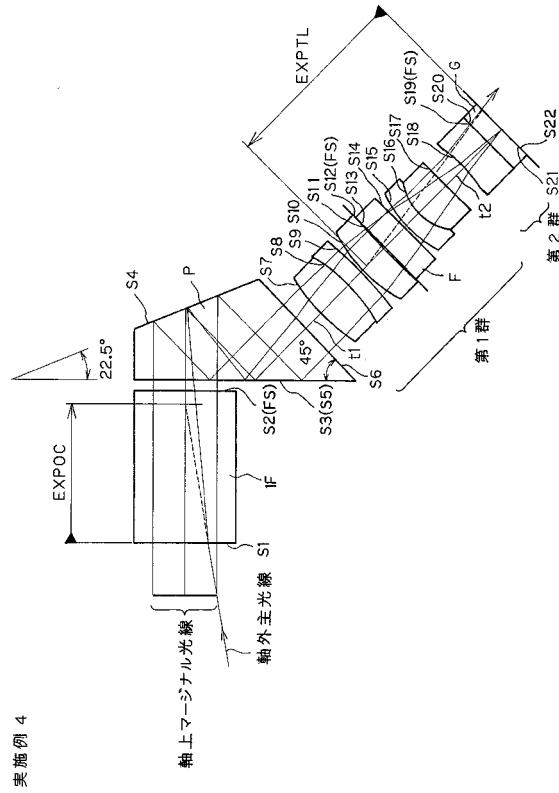
【図 3】



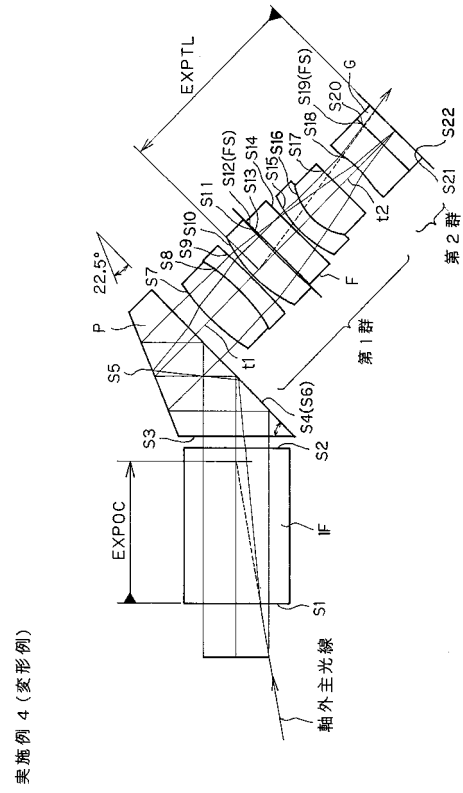
【図 4】



【図 5】

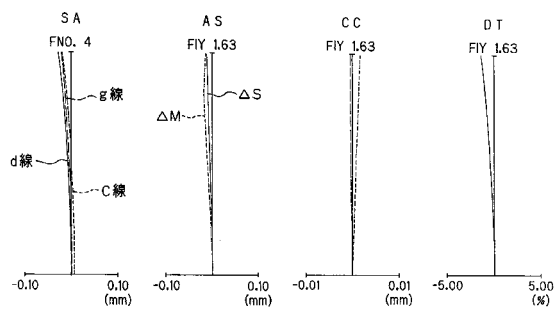


【図 6】



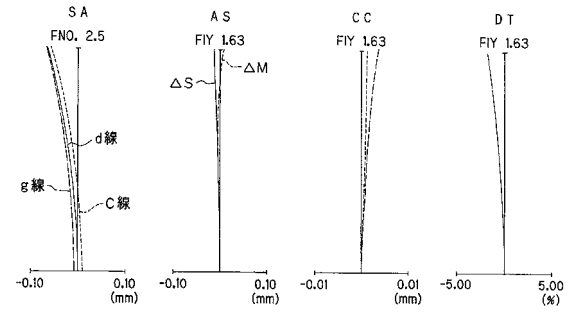
【図 7】

実施例 1



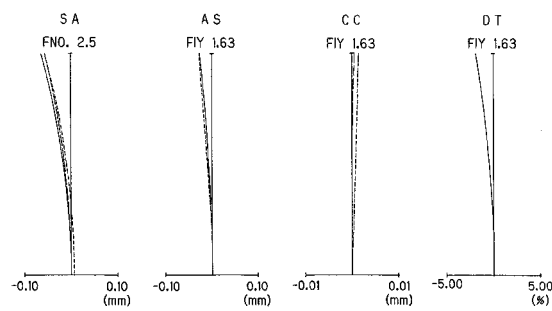
【図 9】

実施例 3



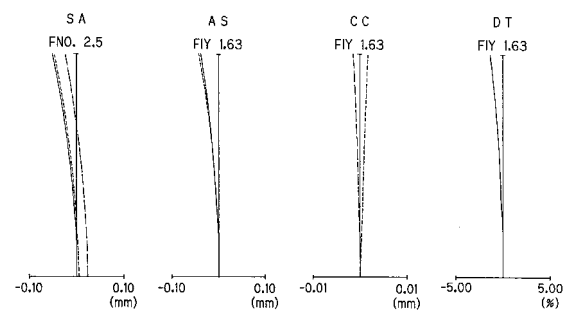
【図 8】

実施例 2

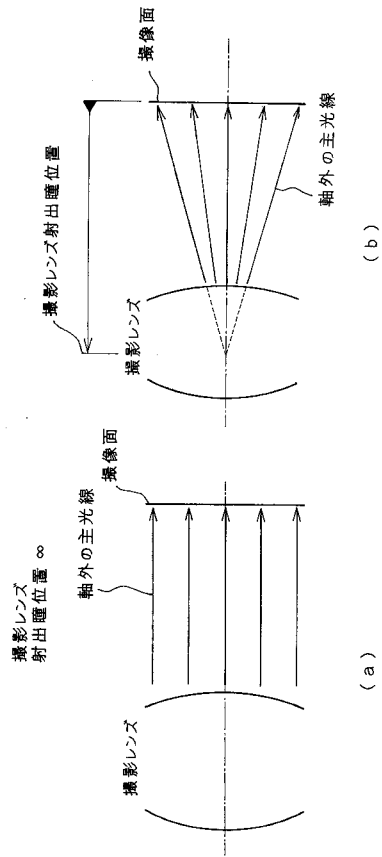


【図 10】

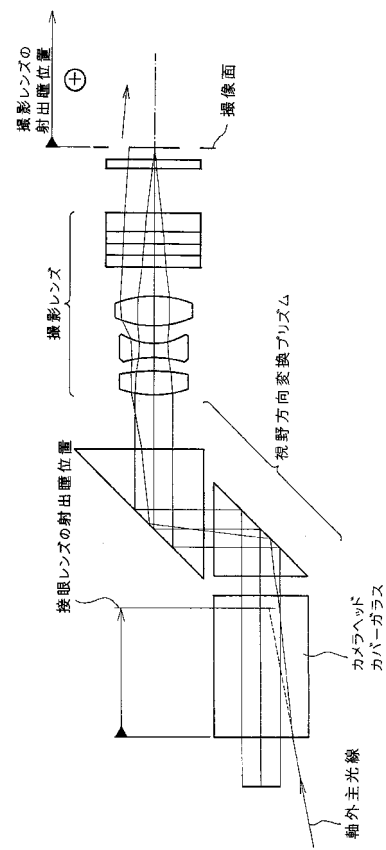
実施例 4



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 鷗澤 勉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

審査官 原田 英信

(56)参考文献 特開平08-054561(JP,A)

特開昭60-170816(JP,A)

特開2001-116989(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