

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-39259

(P2006-39259A)

(43) 公開日 平成18年2月9日(2006.2.9)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
GO2B	13/04	(2006.01)	GO2B	13/04	D	2H04O	
A61B	1/00	(2006.01)	A61B	1/00	300Y	2H087	
GO2B	13/22	(2006.01)	GO2B	13/22		4C061	
GO2B	17/08	(2006.01)	GO2B	17/08	A		
GO2B	23/26	(2006.01)	GO2B	23/26	C		
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 34 頁)							

(21) 出願番号 特願2004-219901 (P2004-219901)

(22) 出願日 平成16年7月28日 (2004.7.28)

(71) 出願人 000000376

オリンパス株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(74) 代理人 100097777

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

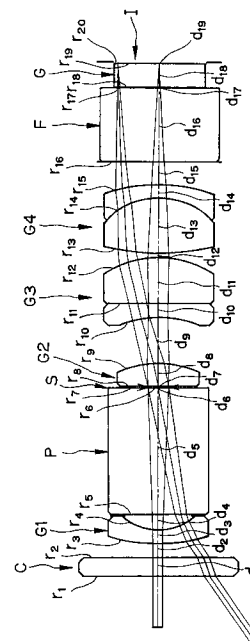
(54) 【発明の名称】 内視鏡対物光学系及びそれを用いた撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 広角で、歪曲が小さく、像面湾曲が少なく、球面レンズのみでなる低コストの内視鏡対物光学系、特にビデオ内視鏡対物光学系。

【解決手段】 物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズからなる第1群G1と、明るさ絞リSと、物点側に平面を向けた正レンズからなる第2群G2と、少なくとも1面の凹の屈折面を含み全体として正の屈折力を持つ第3群G3と、負メネスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなる正の屈折力の第4群G4とからなり、第1群G1から第4群G4を介して撮像素子Iに結像する内視鏡対物光学系であって、第2群G2の正レンズの凸面で主光線が光軸から離れる方向に屈折される内視鏡対物光学系。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第 1 群と、明るさ絞りと、物点側に平面を向けた正レンズからなる第 2 群と、少なくとも 1 面の凹の屈折面を含み全体として正の屈折力を持つ第 3 群と、負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなる正の屈折力の第 4 群とからなり、前記第 1 群から前記第 4 群を介して撮像素子に結像する内視鏡対物光学系であって、前記第 2 群の正レンズの凸面で主光線が光軸から離れる方向に屈折されることを特徴とする内視鏡対物光学系。

【請求項 2】

前記第 2 群の正レンズのレンズ厚を t_2 、焦点距離を f_2 、屈折率を n_2 、前記第 1 群の負メニスカスレンズ、光学系全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 F 、前記第 3 群の凹の屈折面によるペッツバル和を PS_3 、前記第 4 群の正レンズ、負レンズの d 線基準のアッベ数をそれぞれ v_p 、 v_n 、前記第 4 群の焦点距離を f_4 としたとき、以下条件式を満足することを特徴とする請求項 1 記載の内視鏡対物光学系。 10

- (1) $2 < f_2 (n_2 - 1) / t_2 < 6$
- (2) $-2.3 < f_1 / F < -0.9$
- (3) $-0.6 < PS_3 < -0.2$
- (4) $v_p > 50, v_n < 30$
- (5) $2.3 < f_4 / F$

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の内視鏡対物光学系とその像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記第 1 群と前記明るさ絞りと前記第 2 群とから前群が構成され、前記第 3 群と前記第 4 群とから後群が構成され、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とする撮像装置。 20

【請求項 4】

物体側から順に、負レンズ、絞り、正レンズからなる前群と、全体として正の屈折力からなる後群とからなる内視鏡対物光学系と、その像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とする撮像装置。 30

【請求項 5】

前記前群の負レンズの焦点距離を f_1 、前記前群の正レンズの焦点距離を f_2 、前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離を F としたとき、以下条件式を満足することを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の撮像装置。

- (6) $-0.3 < (f_2 - |f_1|) / F < 1.5$

【請求項 6】

前記内視鏡対物光学系の前群にプリズムを設けて斜視光学系としたことを特徴とする請求項 3 から 5 の何れか 1 項記載の撮像装置。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡対物光学系及びそれを用いた撮像装置に関し、特に、ビデオ内視鏡対物光学系と電子内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

内視鏡、特に医療用分野においては、体腔内病変を容易に発見し、処置の見落とし防止等の目的から広角視野であることが望ましい。腹腔内に用いる場合は、視野角は少なくと 50

も70°程度必要である。

【0003】

内視鏡光学系は、伝送効率を高めるために、像伝送手段に垂直に主光線が入射するテレセントリック光学系であることが望ましい。広角でテレセントリックな光学系は、負前群、絞り、正後群のレトロフォーカス光学系で、絞りの位置を後群の前側焦点位置に一致させることで達成できるが、絞りの前の負屈折力で負の歪曲が発生し、さらに、絞りの後ろの正屈折力により負の歪曲が発生するという、基本構成として、負の歪曲が大となる性質を持っている。

【0004】

歪曲が大きいと、実物と像との乖離が大きく、術者にとって不都合となり好ましくない 10

【0005】

歪曲を低減する手段として、特許文献1に、図37に断面図を示すように、前群を正レンズと1枚の負メニスカスレンズで構成したレトロフォーカスタイプの歪曲収差の少ない内視鏡対物レンズが記載されている。

【0006】

また、特許文献2には、非球面レンズを用いて歪曲収差を補正する技術が記載されている。

【0007】

さらに、特許文献3には、非球面レンズを使用することなしに、歪曲の発生を低減する 20 技術が記載されている。

【0008】

しかしながら、特許文献1記載のものでは、物体側に置く凸レンズは凹レンズよりも物体側に配置され、絞りより距離が大となり、また前群凹レンズの作用により、光線が高くなることから、外径大とならざるを得ない。内視鏡は挿入機器であるので、先端部に設置する対物光学系の外径が大となることは、挿入部の巨大化を招き好ましくない。

【0009】

また、特許文献4には、像面湾曲が正に過剰に補正された硬性内視鏡用対物光学系の実施例が記載されている。像伝送手段にリレーレンズを用いる場合は、リレーレンズで発生する負の像面湾曲を打ち消すために、リレーレンズより物体側に配置する対物レンズにおいて正の像面湾曲を発生させることが知られているが、図38（特許文献4第6図）の非点収差図にあるように、特許文献4に記載されている対物光学系はこの種のものであり、特許文献4では、CCD等の固体撮像素子に結像させるビデオスコープや、イメージガイドを用いたファイバースコープのような平面に結像しなければならない光学系、つまり、像面湾曲を略ゼロに補正された光学系については、例がない。 30

【0010】

さらに、特許文献2に記載のような非球面レンズを用いるタイプは、歪曲除去の効果は顕著であるが、非球面レンズの製造は一般にコストが上がりやすいという欠点を有している。

【0011】

さらに、特許文献3に記載のものでは、前群に複数のレンズを用いており、レンズ枚数の増加となり、同様にコストが上がり好ましくない。 40

【0012】

上記のような歪曲、像面湾曲の少ない対物光学系は、内視鏡下外科手術に好適である。内視鏡下外科手術とは、体空内に小さな穴をあけ、ビデオスコープ等を挿入して視野を確保しながら、鉗子等を挿入し手術、処置をするもので、開腹術に対して、患者の負担が少ないという利点があり、胆嚢摘出や、自然気胸等の肺切除等に主に適用されている。

【0013】

内視鏡下外科手術は、術者が直接目視で観察するのではなく、テレビモニターを通じてビデオ像を見て行うので、術者の負担にならないように歪曲や像面湾曲の小さい映像が好 50

ましい。また、内視鏡下外科手術では、挿入性の良い硬性ビデオスコープがよく用いられ、長手方向に対し斜め前方を視野方向とする斜視光学系が好まれる。さらに、斜視光学系においても、術部視野を容易に確保したいというニーズがある。図39は、このようなスコープ（硬性内視鏡）の外観を示すが、操作ノブKを矢印のように例えば90°回転させると、回転前は図40（a）に示すような視野が、回転後はモニター上で図40（b）のようになる。

【0014】

図41（a）は、内視鏡を用いた外科手術下のモニター像を示したものであるが、スコープごと回転させてしまうと、図41（b）のようになり、天地が重力方向と一致せず、モニター上で術者が取り扱う生検鉗子が出る方向と天地が一致しなくなる。これでは緻密な作業を要する内視鏡下外科手術等が非常に困難となる。

【0015】

そこで、図42（a）～（c）に示すように、ビデオスコープ自体に回転機能を持たせ、術者天地方向を変えずに、視野方向を変換する手段として、特許文献5に記載ものでは、図43に示すように（特許文献5第1図）、光学系の撮像面9を回転させることで像回転を補正する技術が開示されている。

【0016】

ところが、特許文献5のもののように、CCD撮像面9をシャフト11先端に固定し一体化して回転させる構造であると、内装部品の製造誤差や部品同士のクリアランスによる所謂あそびが生じ、シャフト11を回転させると、図44に示したように、モニター上の視野中心が円弧を描くような動きをし、観察上見難いという不具合を誘発する。

【特許文献1】特開昭60-80816号公報

【特許文献2】米国特許第4,867,546号明細書

【特許文献3】米国特許第6,618,207号明細書

【特許文献4】特公平5-85884号公報

【特許文献5】米国特許第6,464,631号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、広角で、歪曲が小さく、像面湾曲が少なく、球面レンズのみでなる低コストの内視鏡対物光学系、特にビデオ内視鏡対物光学系を提供することを目的としている。

【0018】

さらに、本発明は、視野方向を所望の方向に内視鏡長手方向に対して回転可能な斜視光学系において、回転して視野方向を変換した際にも、観察面上での視野中心の偏心発生を抑制した光学系を提供し、テレビモニター上での観察に好適な電子内視鏡等の撮像装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決するための本発明による内視鏡対物光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第1群と、明るさ絞りと、物点側に平面を向けた正レンズからなる第2群と、少なくとも1面の凹の屈折面を含み全体として正の屈折力を持つ第3群と、負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなる正の屈折力の第4群とからなり、前記第1群から前記第4群を介して撮像素子に結像する内視鏡対物光学系であって、前記第2群の正レンズの凸面で主光線が光軸から離れる方向に屈折されることを特徴とするものである。

【0020】

この場合に、前記第2群の正レンズのレンズ厚を t_2 、焦点距離を f_2 、屈折率を n_2 、前記第1群の負メニスカスレンズ、光学系全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 F 、前記第3群の凹の屈折面によるペッツバール和を PS_3 、前記第4群の正レンズ、負レンズの d

線基準のアップ数をそれぞれ v_p 、 v_n 、前記第4群の焦点距離を f_4 としたとき、以下条件式を満足するようにすることが望ましい。

【0021】

- (1) $2 < f_2 \text{ (} n_2 - 1 \text{)} / t_2 < 6$
- (2) $-2.3 < f_1 / F < -0.9$
- (3) $-0.6 < P S 3 < -0.2$
- (4) $v_p > 50, v_n < 30$
- (5) $2.3 < f_4 / F$

また、本発明による撮像装置は、以上の内視鏡対物光学系とその像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記第1群と前記明るさ絞りと前記第2群とから前群が構成され、前記第3群と前記第4群とから後群が構成され、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とするものである。

10

【0022】

本発明によるもう1つの撮像装置は、物体側から順に、負レンズ、絞り、正レンズからなる前群と、全体として正の屈折力からなる後群とからなる内視鏡対物光学系と、その像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とするものである。

20

【0023】

以上の撮像装置において、前記前群の負レンズの焦点距離を f_1 、前記前群の正レンズの焦点距離を f_2 、前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離を F としたとき、以下条件式を満足することが望ましい。

【0024】

- (6) $-0.3 < (f_2 - |f_1|) / F < 1.5$

また、前記内視鏡対物光学系の前群にプリズムを設けて斜視光学系とすることができる。

【0025】

以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用を説明する。

30

【0026】

内視鏡対物光学系にレトロフォーカスタイプを適用した場合、歪曲を補正するためには、物点側の凹レンズより前に凸レンズを配置することが考えられるが、外径制約上それは不可能である。そこで、本発明では、絞りの直後に置く凸レンズに着目した。結像には絞り近傍に比較的強い凸作用が必要であるが、これにより一般に近軸的には強い負の湾曲が発生すると考えられる。

【0027】

図1(b)は、従来の光学系(図37)について、最大像高の主光線を薄肉レンズ系で表した図である。主光線は明るさ絞りASで光軸と交わり、絞りAS直後の凸レンズ(第2レンズ)L2で屈折し、以後屈折を繰り返して結像する。明るさ絞りASとその後ろの凸レンズL2との距離が比較的長いために、光線高さが高くなる。その結果、絞りAS直後の凸レンズL2での屈折作用(図1(b)中の円内部)は光軸に近づく方向に曲げられ、負の歪曲が発生する。

40

【0028】

そこで、本発明においては、図1(a)のように、絞りASを第2レンズ(凸レンズ)L2の直前に配置すると、軸外主光線の第2レンズL2の曲面での屈折作用は、図1(a)中の円内部のように、光軸から離れる光方向に曲げられ、第2レンズL2は凸レンズでありながら、正の歪曲を発生させることができる。後群(第3レンズL3と第4レンズL4)が凸構成のまま、前群の凹レンズL1による負の歪曲を補正する効果を持たせること

50

ができる。

【0029】

条件式(1)は、歪曲収差を補正する能力、レンズ加工性に関する条件式で、光学系の明るさ絞りと、第2レンズL2(第2群の正レンズ)の屈折率、焦点距離に関するものである。第2レンズL2の曲面の曲率中心より絞り位置が像面側にあれば、主光線は第2レンズL2の曲面において光軸より離れる方向に屈折する。条件式(1)の下限の2を下回ると、第2レンズL2の凸面において、軸外光線を光軸から離れる方向に跳ね上げられなくなり、正の歪曲を発生できず補正効果がない。上限の6を上回ると、第2レンズL2のレンズ厚が非常に小となり、レンズ加工上好ましくない。

【0030】

条件式(2)は、視野角に関する条件式で、光学系全体の焦点距離と、第1群の第1レンズL1(負メニスカスレンズ)の焦点距離に関するものである。条件式(2)の上限の-0.9を越えると、広角にはなるものの歪曲が大となり好ましくなく、下限の-2.3を下回ると、内視鏡に好適な視野角70°以上を確保できず、好ましくない。

【0031】

さらに、本発明では、後群を第3群と題4群に分け、第3群に空気接触面を持つ比較的強い凹作用の面を設け、第4群には空気接触面の凹面を設けず、正レンズとメニスカスレンズの接合レンズからなる全体として正の屈折力の構成とする。これにより、歪曲を補正しつつ、像面湾曲を過剰としない光学系を達成できる。条件式(3)はこれらを具体化したものであって、第3群の凹面によるペッツバル和がその下限の-0.6を下回ると、像面湾曲、歪曲収差が補正不足となり、上限の-0.2を上回ると、像面湾曲が過剰となり像面の平面性を満足できなくなる。従来の歪曲収差の少ない内視鏡光学系の例として、前述の特許文献4の実施例1、2があるが、これらはそれぞれ、 $PS3 = -0.09$ 、 -0.04 となっており、条件式(3)を満足していない(表1)。

【0032】

条件式(4)は、第4群の接合硝材に関するものである。第4群では後群内で最も光線高さが高くなることから、接合面での色収差補正効果が高い。条件式(4)において、それぞれ下限の50、上限の30を越えると、倍率の色収差が大となり、好ましくない。

【0033】

条件式(5)は、第4群のパワー配置に関するもので、撮像面への光線入射角を制御する条件式である。その下限の2.3を下回ると、第4群の屈折力が大となり、射出瞳をより撮像面から離せず、光線入射角を小さくすることができない。

【0034】

次に、撮像面を回転可能にする回転光学系についての本発明を説明する。像の回転補正を行うためには、光学系を前群と後群に機械的に分離する構造にせざるを得ない。その結果、前群と後群の間に嵌合部が生じ、当然クリアランスが必要となり、前群と後群で相対偏心が生まれる。本発明では、図2に示すように、前群(第1レンズL1と第2レンズL2)と後群(第3レンズL3と第4レンズL4)との関係を略アフォーカルとしている。これにより、後群の射出瞳は略無限遠となり、前群が内視鏡長手方向に対して垂直方向にずれても、近軸的には結像位置のズレが生じない。さらに、前群と後群が相対的に回転しても、視野中心のズレを抑制できる。

【0035】

物体面は光学系全系の焦点距離より十分に大であるので、図3に示すように、物体面からの軸上マージナル光線 a_m は略平行光で入射してくる。第1レンズL1の凹作用により跳ね上げられ、開口絞りASで制限を受け、第2レンズL2の凸作用により光軸方向に屈折する。このマージナル光線を光軸(回転軸)と平行とするためには、第1レンズL1の後側焦点位置と、第2レンズL2の前側焦点位置を一致させればよい。第1レンズL1、第2レンズL2の焦点距離 f_1 、 f_2 とその間の間隔 t_1 の関係は、

$$t_1 = f_2 - |f_1|$$

となる。前群と後群間での軸上アフォーカル構成は、上記関係式を満足すれば略達成でき

10

20

30

40

50

るが、実際には斜視光学系では視野方向を変化させるプリズムが必要となり、 t_1 の値はある一定の制限を受ける。条件式 (6) はそのプリズムの光路長と、先端レンズの外径との制限による焦点距離 f_1 、 f_2 の関係を示したもので、上限の 1.5 を越えると、第 1 レンズ L1 の光線高さが高くなり、先端の屈折力のないカバーガラス外径が大となり、内視鏡の太径化を招き好ましくない。さらに、下限の -0.3 を下回ると、プリズム内部での 2 回反射のための光路長が不十分となり、1 回反射で視野方向を変換させるを得ず、倒立像及び裏像（鏡像）になり好ましくない。

【0036】

なお、本発明においては、軸上マージナル光線の前群から後群に入射する入射角を回動軸に対して略平行となるように構成するとは、 $\pm 3^\circ$ 以内になるようにすることを意味する。 10

【発明の効果】

【0037】

以上の本発明によると、広角で、歪曲が小さく、像面湾曲が少なく、球面レンズのみで比較的レンズ枚数が少ない内視鏡対物光学系、特にビデオ内視鏡対物光学系、及び、内視鏡長手方向に対して視野方向を所望の方向に回転可能な斜視光学系が提供でき、さらに、所望の視野を視野に入れるために内視鏡を回転し視野方向を変換した際にも、観察面上での視野中心の偏心発生を抑制した光学系が提供でき、特にテレビモニター上での観察に好適な電子内視鏡を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0038】

以下に、本発明の内視鏡対物光学系の実施例 1～15 について説明する。

【0039】

（実施例 1）

図 4 に本発明の実施例 1 の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図 22 に実施例 1 の内視鏡対物光学系の球面収差、非点収差、倍率色収差、歪曲収差、コマ収差を示す収差図を示す。ここで、“FNO” は F ナンバー、“I. H” は像高を示す。以下の実施例の収差図についても同様である。この実施例の内視鏡対物光学系は、物体側から順に、対物光学系のカバーガラス C、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第 1 群 G1、平行平板 P、絞り S、物体側に平面を向けた正レンズの第 2 群 G2、凹平負レンズと平 30
凸正レンズとの接合レンズからなる第 3 群 G3、両凸正レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなる第 4 群 G4 からなり、赤外カットフィルタ F と CCD のカバーガラス G を経て、撮像面 I に物体像を結像する。

【0040】

絞り S 直後の凸レンズ（第 2 群 G2）の凸面での主光線は、図 4 から明らかなように、光軸から離れる方向に屈折している。さらに、第 4 群 G4 の接合面は負の屈折力であり、光線高さの高いこの面においても、主光線は光軸から離れる方向に屈折し、歪曲を補正している。CCD の撮像面 I への入射角は、最大像高さで約 3° である。

【0041】

また、第 3 群 G3 の凹面では、像面湾曲を補正しており、第 4 群 G4 全体の屈折力は弱く、コマ収差、非点収差、及び、倍率の色収差を主に補正している。 40

【0042】

絞り S 直後の平凸レンズ（第 2 レンズ、第 2 群 G2）は、絞り S の直後で主光線を屈折していることから、傾きが起きると、光軸の上下での主光線が非対称な屈折を起こし、像面上での片ボケの原因となる。

【0043】

これを防止するためには、本実施例のように、平面側を物体側の平行平板 P に当てつけ面とすることで、傾きを防止できる。また、第 1 レンズ（第 1 群 G1）と第 2 レンズ（第 2 群 G2）の間に入っている平行平板 P は、本実施例の光学系を斜視光学系にする場合のプリズム用の光路である。これを省略すると、非点収差や色収差が悪化する。直視光学 50

系と斜視光学系を同一レンズで構成する場合、直視光学系には、プリズム光路長分の平行平板Pを入れておく方が望ましい。

【0044】

この実施例のレンズデータは後記する。以下の実施例についても同様である。

【0045】

(実施例2)

図5に本発明の実施例2の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図23に実施例2の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図を示す。第2群G2までは実施例1と同様であり、第3群G3が、物体側に凸面を向けた凸平正レンズ、両凹負レンズ、像面側に凸面を向けた平凸正レンズからなり、第4群G4は物体面側に凸面を向けた負メニスカスレン

10

【0046】

絞りS直後の第2レンズ(第2群G2)の凸面での主光線の屈折は光軸から離れる方向となっており、正の歪曲を発生し、第3群G3中の負レンズの特に像側の面で歪曲を正に補正しており、歪曲は最大像高で約-6.4%と非常に小さくなっている。第4群G4の接合面の負の作用により、歪曲や倍率の色収差を補正している。第3群G3中の2つの平凸正レンズは同種のものであり、コスト的に都合が良く、両凹負レンズの曲率は等しく、組立時の方向性の判別がなく都合が良い。また、第3群G3の両凹負レンズと像面側の平凸正レンズとの間には、CCD撮像面からの反射によるゴースト光除去のために、フレア

20

【0047】

(実施例3)

図6に本発明の実施例3の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図24に実施例3の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図を示す。第2群G2までは実施例1、2と同様であり、第3群G3が、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなり、赤外吸収フィルタFを介して、第4群G4が、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなり、CCDのカバーガラスGを経て、撮像面Iに物体像を結像

30

【0048】

第2レンズの作用は実施例1、2と同様で、第3群G3の空気接触面の負作用により歪曲、倍率色収差を補正している。歪曲は最大像高で-8.8%である。また、第3群G3とその直後の平行平板は接着されており、コバ(レンズ外周長さ)を長くして傾きによる偏心を抑制している。第3群G3と吸収フィルタFとの間には、CCD撮像面からの反射によるフレア防止を目的とする絞りFSを入れてある。また、赤外吸収フィルタFには、通常の反射防止コート他、YAGレーザー(波長1076nm)カットコートや、半導体レーザー(波長805nm)カットコート等を施してもよい。その際には、干渉フィルタの特性を考慮して、入射角が25°以下とすることが、カット波長のシフトが少なく、

40

【0049】

一般に、撮像光学系内部には、赤外域不要光をカットするために赤外カットフィルタが入っている。これらには多層膜を用いた干渉フィルタと、素材自体でカットする吸収タイプがあるが、干渉タイプは、入射角度に制限があることやフレア、ゴーストになりやすい等の欠点があり、吸収タイプを用いることが多い。赤外吸収フィルタは、一般の光学ガラスと比較して熱膨張係数が大きいことから、これをCCD撮像面等に貼り付けて接着すると、高温で滅菌した場合等に、接着面の剥離が起こることがある。こうした不具合を防止するために、CCDには吸収フィルタを接着せず、本実施例のように、光学系内部に配置するとよい。

50

【0050】

従来の内視鏡では、光量低下を防止するためにテレセントリック光学系が好適であることは先に述べたが、近年の撮像素子は、内視鏡先端部小型化の要望から、撮像面上直前に設置しているマイクロレンズを調整、配置することにより、光量低下の起こらない入射角を垂直より傾けることができるようになっている。現在では、入射角を 20° 程度までとしても、光量低下を招かないものが実現されている。本実施例は、撮像面への主光線の入射角を 11° としている。

【0051】

(実施例4)

図7に本発明の実施例4の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図25に実施例4の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図を示す。この実施例においては、光学系先端部にプリズムPrを設け、前方斜視 30° としている。物体側より、カバーガラスC、第1群G1を構成する第1レンズ、第1プリズムPr1、第2プリズムPr2を介し、第2プリズムPr2の底面のアルミコートA1により反射し、さらに第2プリズムPr2の第1プリズムPr1側面で全反射し、第2群G2を構成する第2レンズ側に射出している。第2群G2以降の構成は実施例1と同様である。

10

【0052】

このプリズムPrは、第2プリズムPr2の第1プリズムPr1側面において、透過光束と反射光束が分離しており、アルミコートA1による光線のケラレが発生せず、像面I上の照度が一定となり都合が良い。

20

【0053】

第1プリズムPr1と第2プリズムPr2の間隔には空気層があり、第2プリズムPr2内での全反射を達成している。

【0054】

この全反射の臨界角を大きくするためには、第2プリズムPr2の屈折率を大とすることが好ましく、本実施例では、 $n_d = 1.883$ 、臨界角は約 32° となっている。第2群G2と第3群G3間の軸上マージナル光線の角度は、光軸に対し約 -2.2° となっており、前群（第2群G2まで）と後群（第3群G3以降）の偏心に対して像面I上での像中心移動が少なくなっている。

【0055】

さらに、前群と後群のとの間隔は、機械的な嵌合と、可動部の回動によるばらつきに対応すべく、ある程度間隔をあけることが望ましい。この間隔が狭いと、組立時にレンズがぶつかり、レンズ表面を破損することがあり、好ましくない。本実施例の内視鏡対物光学系は焦点距離を規格化してあるが、実際の組立では、前群と後群の間隔は1mmとしている。

30

【0056】

(実施例5)

図8に本発明の実施例5の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図26に実施例5の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図を示す。この実施例においては、第1プリズムPr1、第2プリズムPr2を通過する経路は実施例1と同様であるが、第2プリズムPr2の底面で全反射をし、第2プリズムPr2の第1プリズムPr1側面にアルミコートA1を設けて反射させた後、第2群G2を構成する第2レンズに入射している。この種プリズムは、実施例4と異なり、第1プリズムPr1と第2プリズムPr2の間に全反射のための空気層が不要となるため、空気層のクサビ効果による上下非対称の収差（特に非点収差）が発生せず都合が良い。プリズムの硝材は、全反射臨界角を大とするために屈折率が高い方が好ましく、 $n_d = 1.883$ 、臨界角は約 32° である。第2群G2以降の構成は実施例2と同様である。また、第2群G2と第3群G3間の軸上マージナル光線の角度は、光軸に対し約 -0.7° となっており、略アフォーカルであることから、前群（第2群G2まで）と後群（第3群G3以降）の偏心に対して像面移動を抑制できる。

40

【0057】

50

図 9 (a)、(b) は、それぞれ、本実施例の前群 F G と後群 R G の間を嵌合させ、後群 R G と C C D ユニット I U を一体に回転させる構造の光学系と、特許文献 5 のように C C D ユニット I U を回転させる構造の光学系において、可動部を光軸に対して垂直 (↑) な方向に +0.1 mm シフトさせたときの軸上光線の振る舞いについて示した図である。図 9 (b) は、C C D ユニット I U のみを動かす特許文献 5 のような構造であり、光軸中心は C C D 撮像面に対して C C D ユニット I U のシフト量と同量の 0.1 mm だけ下方に移動する。図 9 (a) は本実施例であるが、後群 R G と C C D ユニット I U を同様に移動させると、C C D 撮像面に対しての光軸移動は 0.02 mm の移動にすぎない。光学系分割部分 (前群 F G と後群 R G の間) を略アフォーカルとし、C C D ユニット I U を含む後群 R G を回転させることが像偏心を低減することに効果があることが分かる。

10

【0058】

(実施例 6)

図 10 に本発明の実施例 6 の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図 27 に実施例 6 の内視鏡対物光学系の図 22 と同様の収差図を示す。この実施例においては、第 1 プリズム P r 1 と第 2 プリズム P r 2 を通過する経路は実施例 5 と同様であり、プリズムの硝材も同様である。第 2 群 G 2 以降の構成は実施例 3 と同様である。第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 間の軸上マージナル光線の角度は、光軸に対し約 -1.8° となっており、略アフォーカルであり、前群と後群の偏心に対して像面上の像中心の移動が少なくなっている。

【0059】

ここで、実施例 4 ~ 6 に共通して、光学系と機械枠との関係を説明する。図 11 に図 39 の硬性内視鏡挿入部の内部構造の断面図を示す。図 12 はその先端部 (図 11 の矢印部) を拡大した図である。先端部のメニスカスレンズ 21 (G 1) とプリズム 22 (P r)、平凸レンズ 23 (G 2) は枠 24 に内装されている (以後、部組 1 とする。)。部組 1 は外装管 25 と接着されており、外装管 25 は内視鏡操作部へ伸張し、図 39 の操作ノブ K と一体となっている。

20

【0060】

一方、第 3 群、第 4 群は枠 26 に一体となって内装され、C C D が内装されている枠 27 と嵌合し、接着一体化されている (以後、部組 2 とする。)。部組 1 と部組 2 は接着されておらず、部組 1 は部組 2 の長手方向中心、C C D 撮像面中心を軸として相対的に回転可能である。そして、図 42 (a) ~ (c) に示すように、所望の視野方向に変換するようにしている。枠 24 と枠 26 との相対的な傾きが発生しないようにできるだけ嵌合長を長く取ることが望ましい。

30

【0061】

さらに、視野方向回転補正機構がある場合は、照明手段も視野方向に追従して回転可能でなければならない (図 42)。本実施例では、ライトガイドを外装管 25 に内装し、前群と共に回転可能な構造としている。ライトガイドは、内視鏡手元部分で固定されておらず、回転操作によって移動可能となっている。ライトガイドは、視野方向を照明できるように内視鏡先端部で屈曲成形され内装されている。

【0062】

(実施例 7 ~ 15)

以下、図 13 ~ 図 21 にそれぞれ実施例 7 ~ 15 の内視鏡対物光学系の光路図を示す。また、図 28 ~ 図 36 にそれぞれ実施例 7 ~ 15 の内視鏡対物光学系の図 22 と同様の収差図を示す。

40

【0063】

これら実施例の詳細は省くが、実施例 7 ~ 9 (図 13 ~ 図 15) は実施例 2 (図 5) の構成と同様である。

【0064】

実施例 10 ~ 13 (図 16 ~ 図 19) は実施例 1 (図 4) の構成と同様である。

【0065】

実施例 14 ~ 15 (図 20 ~ 図 21) は実施例 3 (図 6) の構成と同様である。

50

【0066】

なお、以上の実施例1～15の内視鏡対物光学系は全て、簡単のために、焦点距離を1で規格化してあるが、内視鏡対物光学系として、焦点距離は1～3mm程度、像高は0.5～2mm程度が望ましい。

【0067】

次に、本発明の実施例1～15のレンズデータを示すが、各レンズデータに用いられている記号は、上記の外、Fは光学系全系の焦点距離、 F_{N0} はFナンバー、Ihは像面での最大像高、 2ω は視野角、Dは最大像高での歪曲、 α は像面の最大像高への主光線の入射角、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 v_{d1} 、 v_{d2} …は各レンズのアッベ数である。なお、 r_0 は物体面、 d_0 は物体距離である。

【0068】

実施例1

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.4568		
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2754	$n_{d1} =$	1.76820 $v_{d1} =$ 71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2065		
$r_3 =$	2.5155	$d_3 =$	0.2065	$n_{d2} =$	1.88300 $v_{d2} =$ 40.76
$r_4 =$	0.7993	$d_4 =$	0.2341		
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	1.9276	$n_{d3} =$	1.80610 $v_{d3} =$ 40.95
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.0000		
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0207		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.3442	$n_{d4} =$	1.88300 $v_{d4} =$ 40.76
$r_9 =$	-1.4918	$d_9 =$	0.6884		
$r_{10} =$	-1.5696	$d_{10} =$	0.2134	$n_{d5} =$	1.84666 $v_{d5} =$ 23.78
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.6884	$n_{d6} =$	1.88300 $v_{d6} =$ 40.76
$r_{12} =$	-1.4918	$d_{12} =$	0.0688		
$r_{13} =$	3.6989	$d_{13} =$	0.8261	$n_{d7} =$	1.51633 $v_{d7} =$ 64.14
$r_{14} =$	-1.0884	$d_{14} =$	0.2065	$n_{d8} =$	1.84666 $v_{d8} =$ 23.78
$r_{15} =$	-2.4102	$d_{15} =$	0.3373		
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	1.1015	$n_{d9} =$	1.51399 $v_{d9} =$ 75.00
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.0138	$n_{d10} =$	1.51000 $v_{d10} =$ 63.00
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.3442	$n_{d11} =$	1.51633 $v_{d11} =$ 64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0207		
$r_{20} =$	∞ (像面)				

F	=	1.00
F_{N0}	=	6.058
Ih	=	0.627
2ω (°)	=	69.425
D (%)	=	-9.475
α (°)	=	3.038

【0069】

実施例2

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.9395		
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2988	$n_{d1} =$	1.76820 $v_{d1} =$ 71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2134		
$r_3 =$	4.5420	$d_3 =$	0.1921	$n_{d2} =$	1.88300 $v_{d2} =$ 40.76
$r_4 =$	0.8204	$d_4 =$	0.1921		

$r_5 =$	∞	$d_5 =$	2.5610	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	∞ (絞り)	$d_6 =$	0.0128				
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.4695	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_8 =$	-1.7253	$d_8 =$	0.2988				
$r_9 =$	1.6404	$d_9 =$	0.5976	$n_{d5} =$	1.88300	$v_{d5} =$	40.76
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.2134				
$r_{11} =$	-1.5832	$d_{11} =$	0.6701	$n_{d6} =$	1.75520	$v_{d6} =$	27.51
$r_{12} =$	1.5832	$d_{12} =$	0.1067				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.5976	$n_{d7} =$	1.88300	$v_{d7} =$	40.76
$r_{14} =$	-1.6404	$d_{14} =$	0.0427				
$r_{15} =$	2.4889	$d_{15} =$	0.2134	$n_{d8} =$	1.84666	$v_{d8} =$	23.78
$r_{16} =$	1.0321	$d_{16} =$	0.6360	$n_{d9} =$	1.48749	$v_{d9} =$	70.23
$r_{17} =$	-2.8462	$d_{17} =$	0.2220				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.6829	$n_{d10} =$	1.51400	$v_{d10} =$	75.00
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0085	$n_{d11} =$	1.51000	$v_{d11} =$	63.00
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.2134	$n_{d12} =$	1.51633	$v_{d12} =$	64.14
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.0128				
$r_{22} =$	∞ (像面)						

10

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 7.925$
 $I_h = 0.643$
 $2\omega (^{\circ}) = 69.016$
 $D (\%) = -6.353$
 $\alpha (^{\circ}) = 5.468$
【0070】

20

。

実施例 3

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.5912				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2918	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2084				
$r_3 =$	2.7707	$d_3 =$	0.2084	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.7158	$d_4 =$	0.1751				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	0.0125				
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	2.2929	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0125				
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.3669	$n_{d4} =$	1.78800	$v_{d4} =$	47.37
$r_9 =$	-1.3111	$d_9 =$	0.2918				
$r_{10} =$	1.4770	$d_{10} =$	0.5420	$n_{d5} =$	1.88300	$v_{d5} =$	40.76
$r_{11} =$	-2.5901	$d_{11} =$	0.2501	$n_{d6} =$	1.74077	$v_{d6} =$	27.79
$r_{12} =$	0.8288	$d_{12} =$	0.1876				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.2501	$n_{d7} =$	1.51800	$v_{d7} =$	74.60
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.0417				
$r_{15} =$	3.2188	$d_{15} =$	0.2084	$n_{d8} =$	1.84666	$v_{d8} =$	23.78
$r_{16} =$	1.2428	$d_{16} =$	0.6253	$n_{d9} =$	1.51633	$v_{d9} =$	64.14
$r_{17} =$	-1.4479	$d_{17} =$	0.1876				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.4211	$n_{d10} =$	1.51633	$v_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.4169	$n_{d11} =$	1.61350	$v_{d11} =$	50.20
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.0000				
$r_{21} =$	∞ (像面)						

30

40

50

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 8.925$
 $I_h = 0.679$
 $2\omega (^{\circ}) = 72.785$
 $D (\%) = -8.913$
 $\alpha (^{\circ}) = 11.358$
【0071】

。

実施例 4

$r_0 = \infty$ (物体)	$d_0 = 14.4592$		
$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.2754$	$n_{d1} = 1.76820$	$v_{d1} = 71.79$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 0.2066$		
$r_3 = 2.5159$	$d_3 = 0.2066$	$n_{d2} = 1.88300$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 = 0.7994$	$d_4 = 0.2341$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.3305$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$
$r_6 = \infty$	$d_6 = 0.0392$		
$r_7 = \infty$	$d_7 = 0.4462$	$n_{d4} = 1.88300$	$v_{d4} = 40.76$
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.6094$	$n_{d5} = 1.88300$	$v_{d5} = 40.76$
$r_9 = \infty$	$d_9 = 0.5508$	$n_{d6} = 1.88300$	$v_{d6} = 40.76$
$r_{10} = \infty$ (絞り)	$d_{10} = 0.0207$		
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.3443$	$n_{d7} = 1.88300$	$v_{d7} = 40.76$
$r_{12} = -1.4921$	$d_{12} = 0.6885$		
$r_{13} = -1.5699$	$d_{13} = 0.2134$	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.6885$	$n_{d9} = 1.88300$	$v_{d9} = 40.76$
$r_{15} = -1.4921$	$d_{15} = 0.0689$		
$r_{16} = 3.6995$	$d_{16} = 0.8262$	$n_{d10} = 1.51633$	$v_{d10} = 64.14$
$r_{17} = -1.0886$	$d_{17} = 0.2066$	$n_{d11} = 1.84666$	$v_{d11} = 23.78$
$r_{18} = -2.4106$	$d_{18} = 0.3374$		
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 1.1017$	$n_{d12} = 1.51399$	$v_{d12} = 75.00$
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.0138$	$n_{d13} = 1.51000$	$v_{d13} = 63.00$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.3443$	$n_{d14} = 1.51633$	$v_{d14} = 64.14$
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 0.0207$		
$r_{23} = \infty$ (像面)			

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 6.058$
 $I_h = 0.627$
 $2\omega (^{\circ}) = 69.406$
 $D (\%) = -9.428$
 $\alpha (^{\circ}) = 3.037$
【0072】

。

実施例 5

$r_0 = \infty$ (物体)	$d_0 = 14.9395$		
$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.2988$	$n_{d1} = 1.76820$	$v_{d1} = 71.79$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 0.2134$		
$r_3 = 4.5420$	$d_3 = 0.1921$	$n_{d2} = 1.88300$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 = 0.8204$	$d_4 = 0.1921$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.7022$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$

$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.4930	$n_{d4} =$	1.88300	$v_{d4} =$	40.76
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.8537	$n_{d5} =$	1.88300	$v_{d5} =$	40.76
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.5122	$n_{d6} =$	1.88300	$v_{d6} =$	40.76
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	0.0128				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.4695	$n_{d7} =$	1.72916	$v_{d7} =$	54.68
$r_{11} =$	-1.7253	$d_{11} =$	0.2988				
$r_{12} =$	1.6404	$d_{12} =$	0.5976	$n_{d8} =$	1.88300	$v_{d8} =$	40.76
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.2134				
$r_{14} =$	-1.5832	$d_{14} =$	0.6701	$n_{d9} =$	1.75520	$v_{d9} =$	27.51
$r_{15} =$	1.5832	$d_{15} =$	0.1067				
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.5976	$n_{d10} =$	1.88300	$v_{d10} =$	40.76
$r_{17} =$	-1.6404	$d_{17} =$	0.0427				
$r_{18} =$	2.4889	$d_{18} =$	0.2134	$n_{d11} =$	1.84666	$v_{d11} =$	23.78
$r_{19} =$	1.0321	$d_{19} =$	0.6360	$n_{d12} =$	1.48749	$v_{d12} =$	70.23
$r_{20} =$	-2.8462	$d_{20} =$	0.2220				
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.6829	$n_{d13} =$	1.51400	$v_{d13} =$	75.00
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.0085	$n_{d14} =$	1.51000	$v_{d14} =$	63.00
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	0.2134	$n_{d15} =$	1.51633	$v_{d15} =$	64.14
$r_{24} =$	∞	$d_{24} =$	0.0128				
$r_{25} =$	∞ (像面)						

10

20

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 7.925$
 $I_h = 0.643$
 $2\omega (^{\circ}) = 69.016$
 $D (\%) = -6.353$
 $\alpha (^{\circ}) = 5.468$
【0073】

。

実施例 6

30

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	20.8169				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2914	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2082				
$r_3 =$	2.7670	$d_3 =$	0.2082	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.7149	$d_4 =$	0.1874				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	0.6245	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.4413	$n_{d4} =$	1.88300	$v_{d4} =$	40.76
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.7619	$n_{d5} =$	1.88300	$v_{d5} =$	40.76
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.4580	$n_{d6} =$	1.88300	$v_{d6} =$	40.76
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	0.0125				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.3664	$n_{d7} =$	1.78800	$v_{d7} =$	47.37
$r_{11} =$	-1.3094	$d_{11} =$	0.2914				
$r_{12} =$	1.4751	$d_{12} =$	0.5412	$n_{d8} =$	1.88300	$v_{d8} =$	40.76
$r_{13} =$	-2.5867	$d_{13} =$	0.2498	$n_{d9} =$	1.74077	$v_{d9} =$	27.79
$r_{14} =$	0.8277	$d_{14} =$	0.1874				
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	0.2498	$n_{d10} =$	1.51800	$v_{d10} =$	74.60
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.0416				
$r_{17} =$	3.2145	$d_{17} =$	0.2082	$n_{d11} =$	1.84666	$v_{d11} =$	23.78
$r_{18} =$	1.2411	$d_{18} =$	0.6245	$n_{d12} =$	1.51633	$v_{d12} =$	64.14
$r_{19} =$	-1.4459	$d_{19} =$	0.1874				

40

50

$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.4205	$n_{d13} =$	1.51633	$v_{d13} =$	64.14
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.4163	$n_{d14} =$	1.61350	$v_{d14} =$	50.20
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.0000				
$r_{23} =$	∞ (像面)						

F	=	1.00
F_{N0}	=	8.885
I h	=	0.678
2ω (°)	=	72.715
D (%)	=	-8.621
α (°)	=	11.358
【0 0 7 4】		

10

。

実施例 7

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.6532				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2931	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2093				
$r_3 =$	4.3378	$d_3 =$	0.1884	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.8191	$d_4 =$	0.1884				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	2.5120	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	∞ (絞り)	$d_6 =$	0.0126				
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.4605	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_8 =$	-1.6417	$d_8 =$	0.2931				
$r_9 =$	1.5032	$d_9 =$	0.4187	$n_{d5} =$	1.77250	$v_{d5} =$	49.60
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.2093				
$r_{11} =$	-3.3253	$d_{11} =$	0.4187	$n_{d6} =$	1.75520	$v_{d6} =$	27.51
$r_{12} =$	1.9014	$d_{12} =$	0.1758				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.5382	$n_{d7} =$	1.72916	$v_{d7} =$	54.68
$r_{14} =$	-2.1251	$d_{14} =$	0.0837				
$r_{15} =$	6.2758	$d_{15} =$	0.6238	$n_{d8} =$	1.51823	$v_{d8} =$	58.90
$r_{16} =$	-0.7299	$d_{16} =$	0.2093	$n_{d9} =$	1.71736	$v_{d9} =$	29.52
$r_{17} =$	-2.9131	$d_{17} =$	0.0937				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.6699	$n_{d10} =$	1.51400	$v_{d10} =$	75.00
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0084	$n_{d11} =$	1.51000	$v_{d11} =$	63.00
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.2093	$n_{d12} =$	1.51633	$v_{d12} =$	64.14
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.0126				
$r_{22} =$	∞ (像面)						

20

30

F	=	1.00
F_{N0}	=	4.634
I h	=	0.631
2ω (°)	=	68.610
D (%)	=	-8.317
α (°)	=	8.899
【0 0 7 5】		

40

。

実施例 8

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.4134				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2883	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2059				

50

$r_3 =$	5.1056	$d_3 =$	0.1853	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.7598	$d_4 =$	0.1854				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	2.4709	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	∞ (絞り)	$d_6 =$	0.0124				
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.2059	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_8 =$	-1.4755	$d_8 =$	0.2883				
$r_9 =$	1.5871	$d_9 =$	0.4375	$n_{d5} =$	1.77250	$v_{d5} =$	49.60
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.2059				
$r_{11} =$	-4.0713	$d_{11} =$	0.4118	$n_{d6} =$	1.75520	$v_{d6} =$	27.51
$r_{12} =$	1.8879	$d_{12} =$	0.1730				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.5294	$n_{d7} =$	1.72916	$v_{d7} =$	54.68
$r_{14} =$	-2.1561	$d_{14} =$	0.0824				
$r_{15} =$	7.1108	$d_{15} =$	0.6136	$n_{d8} =$	1.51823	$v_{d8} =$	58.90
$r_{16} =$	-0.7292	$d_{16} =$	0.2059	$n_{d9} =$	1.71736	$v_{d9} =$	29.52
$r_{17} =$	-3.4414	$d_{17} =$	0.1140				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.6589	$n_{d10} =$	1.51400	$v_{d10} =$	75.00
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0082	$n_{d11} =$	1.51000	$v_{d11} =$	63.00
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.2059	$n_{d12} =$	1.51633	$v_{d12} =$	64.14
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.0124				
$r_{22} =$	∞ (像面)						

10

20

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 5.060$
 $I_h = 0.621$
 $2\omega (^\circ) = 67.792$
 $D (\%) = -8.808$
 $\alpha (^\circ) = 10.508$
【0076】

。

実施例 9

30

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.8973				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2979	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2128				
$r_3 =$	3.0953	$d_3 =$	0.1915	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.9805	$d_4 =$	0.1916				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	2.3800	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	∞ (絞り)	$d_6 =$	0.0128				
$r_7 =$	∞	$d_7 =$	0.6385	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_8 =$	-1.8937	$d_8 =$	0.2979				
$r_9 =$	2.0182	$d_9 =$	0.4522	$n_{d5} =$	1.77250	$v_{d5} =$	49.60
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	0.2128				
$r_{11} =$	-2.5538	$d_{11} =$	0.4256	$n_{d6} =$	1.75520	$v_{d6} =$	27.51
$r_{12} =$	3.5902	$d_{12} =$	0.1787				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.5472	$n_{d7} =$	1.72916	$v_{d7} =$	54.68
$r_{14} =$	-1.3625	$d_{14} =$	0.0851				
$r_{15} =$	3.3306	$d_{15} =$	0.6342	$n_{d8} =$	1.51823	$v_{d8} =$	58.90
$r_{16} =$	-0.7834	$d_{16} =$	0.2128	$n_{d9} =$	1.71736	$v_{d9} =$	29.52
$r_{17} =$	-5.2313	$d_{17} =$	0.1146				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.6810	$n_{d10} =$	1.51400	$v_{d10} =$	75.00
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0085	$n_{d11} =$	1.51000	$v_{d11} =$	63.00

40

50

$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.2128	$n_{d12} =$	1.51633	$v_{d12} =$	64.14
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.0128				
$r_{22} =$	∞ (像面)						

F	=	1.00
F_{N0}	=	8.885
I h	=	0.641
$2\omega (^{\circ})$	=	68.037
D (%)	=	-4.880
$\alpha (^{\circ})$	=	4.876
【0 0 7 7】		

。 10

実施例 1 0

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.2337				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2711	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2033				
$r_3 =$	2.1480	$d_3 =$	0.2033	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.8544	$d_4 =$	0.2304				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	1.8978	$n_{d3} =$	1.80610	$v_{d3} =$	40.95
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.0000				
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0203				
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.3389	$n_{d4} =$	1.88300	$v_{d4} =$	40.76
$r_9 =$	-1.7259	$d_9 =$	0.6778				
$r_{10} =$	-2.0622	$d_{10} =$	0.2101	$n_{d5} =$	1.84666	$v_{d5} =$	23.78
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.6778	$n_{d6} =$	1.88300	$v_{d6} =$	40.76
$r_{12} =$	-1.5631	$d_{12} =$	0.0678				
$r_{13} =$	2.2179	$d_{13} =$	0.8134	$n_{d7} =$	1.51633	$v_{d7} =$	64.14
$r_{14} =$	-1.2429	$d_{14} =$	0.2033	$n_{d8} =$	1.84666	$v_{d8} =$	23.78
$r_{15} =$	-3.6966	$d_{15} =$	0.1105				
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	1.0845	$n_{d9} =$	1.51399	$v_{d9} =$	75.00
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.0136	$n_{d10} =$	1.51000	$v_{d10} =$	63.00
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.3389	$n_{d11} =$	1.51633	$v_{d11} =$	64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0203				
$r_{20} =$	∞ (像面)						

F	=	1.00
F_{N0}	=	5.522
I h	=	0.617
$2\omega (^{\circ})$	=	68.239
D (%)	=	-8.977
$\alpha (^{\circ})$	=	3.029
【0 0 7 8】		

。 40

実施例 1 1

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.2786				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2720	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2040				
$r_3 =$	2.2075	$d_3 =$	0.2040	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.9147	$d_4 =$	0.2312				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	1.9038	$n_{d3} =$	1.80610	$v_{d3} =$	40.95

50

$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.0000		
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0204		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.6799	$n_{d4} = 1.88300$	$v_{d4} = 40.76$
$r_9 =$	-1.5496	$d_9 =$	0.6799		
$r_{10} =$	-1.9256	$d_{10} =$	0.2108	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.6799	$n_{d6} = 1.88300$	$v_{d6} = 40.76$
$r_{12} =$	-1.5467	$d_{12} =$	0.0680		
$r_{13} =$	2.4495	$d_{13} =$	0.7354	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{14} =$	-1.1536	$d_{14} =$	0.2040	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$
$r_{15} =$	-3.4560	$d_{15} =$	0.2473		
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.6799	$n_{d9} = 1.51399$	$v_{d9} = 75.00$
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.0136	$n_{d10} = 1.51000$	$v_{d10} = 63.00$
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.3400	$n_{d11} = 1.51633$	$v_{d11} = 64.14$
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0204		
$r_{20} =$	∞ (像面)				

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 5.275$
 $I_h = 0.619$
 $2\omega (^{\circ}) = 68.000$
 $D (\%) = -7.990$
 $\alpha (^{\circ}) = 1.974$
【0079】

実施例 12

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	14.4872		
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2759	$n_{d1} = 1.76820$	$v_{d1} = 71.79$
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.2070		
$r_3 =$	2.2610	$d_3 =$	0.2070	$n_{d2} = 1.88300$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 =$	0.9179	$d_4 =$	0.2346		
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	1.9316	$n_{d3} = 1.80610$	$v_{d3} = 40.95$
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	0.0000		
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0207		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.2759	$n_{d4} = 1.88300$	$v_{d4} = 40.76$
$r_9 =$	-1.8035	$d_9 =$	0.6899		
$r_{10} =$	-2.1647	$d_{10} =$	0.2139	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.6899	$n_{d6} = 1.88300$	$v_{d6} = 40.76$
$r_{12} =$	-1.4993	$d_{12} =$	0.0690		
$r_{13} =$	2.3066	$d_{13} =$	0.8251	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{14} =$	-1.1486	$d_{14} =$	0.2070	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$
$r_{15} =$	-3.3278	$d_{15} =$	0.2910		
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.6899	$n_{d9} = 1.51399$	$v_{d9} = 75.00$
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.0138	$n_{d10} = 1.51000$	$v_{d10} = 63.00$
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.3449	$n_{d11} = 1.51633$	$v_{d11} = 64.14$
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.0207		
$r_{20} =$	∞ (像面)				

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 5.270$
 $I_h = 0.628$

10

20

。

30

40

50

$2\omega (^{\circ}) = 68.744$
 $D (\%) = -8.104$
 $\alpha (^{\circ}) = 2.765$
【0080】

。

実施例 1 3

$r_0 = \infty$ (物体)	$d_0 = 14.2860$		
$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.2721$	$n_{d1} = 1.76820$	$v_{d1} = 71.79$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 0.2041$		
$r_3 = 2.2591$	$d_3 = 0.2041$	$n_{d2} = 1.88300$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 = 0.9705$	$d_4 = 0.2313$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 1.9048$	$n_{d3} = 1.80610$	$v_{d3} = 40.95$
$r_6 = \infty$	$d_6 = 0.0000$		
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 0.0204$		
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.6803$	$n_{d4} = 1.88300$	$v_{d4} = 40.76$
$r_9 = -1.6399$	$d_9 = 0.6803$		
$r_{10} = -2.0669$	$d_{10} = 0.2109$	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.6803$	$n_{d6} = 1.88300$	$v_{d6} = 40.76$
$r_{12} = -1.5413$	$d_{12} = 0.0680$		
$r_{13} = 2.5467$	$d_{13} = 0.7196$	$n_{d7} = 1.51742$	$v_{d7} = 52.43$
$r_{14} = -1.1240$	$d_{14} = 0.2041$	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$
$r_{15} = -2.9600$	$d_{15} = 0.2406$		
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.6803$	$n_{d9} = 1.51399$	$v_{d9} = 75.00$
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.0136$	$n_{d10} = 1.51000$	$v_{d10} = 63.00$
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.3401$	$n_{d11} = 1.51633$	$v_{d11} = 64.14$
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.0204$		
$r_{20} = \infty$ (像面)			

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 5.082$
 $I_h = 0.620$
 $2\omega (^{\circ}) = 68.000$
 $D (\%) = -7.702$
 $\alpha (^{\circ}) = 0.838$
【0081】

。

実施例 1 4

$r_0 = \infty$ (物体)	$d_0 = 14.0174$		
$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.2803$	$n_{d1} = 1.76820$	$v_{d1} = 71.79$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 0.2002$		
$r_3 = 2.3752$	$d_3 = 0.2002$	$n_{d2} = 1.88300$	$v_{d2} = 40.76$
$r_4 = 0.6814$	$d_4 = 0.1682$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.0120$		
$r_6 = \infty$	$d_6 = 2.2027$	$n_{d3} = 1.88300$	$v_{d3} = 40.76$
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 0.0120$		
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.2465$	$n_{d4} = 1.72916$	$v_{d4} = 54.68$
$r_9 = -1.1787$	$d_9 = 0.2803$		
$r_{10} = 1.3151$	$d_{10} = 0.5206$	$n_{d5} = 1.88300$	$v_{d5} = 40.76$
$r_{11} = -1.9499$	$d_{11} = 0.2403$	$n_{d6} = 1.74077$	$v_{d6} = 27.79$
$r_{12} = 0.7230$	$d_{12} = 0.1802$		

10

20

30

40

50

$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.2403	$n_{d7} =$	1.51800	$v_{d7} =$	74.60
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.0400				
$r_{15} =$	3.0872	$d_{15} =$	0.2002	$n_{d8} =$	1.92286	$v_{d8} =$	18.90
$r_{16} =$	1.0404	$d_{16} =$	0.6007	$n_{d9} =$	1.51633	$v_{d9} =$	64.14
$r_{17} =$	-1.0701	$d_{17} =$	0.1802				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.4045	$n_{d10} =$	1.51633	$v_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.4005	$n_{d11} =$	1.61350	$v_{d11} =$	50.20
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.0000				
$r_{21} =$	∞ (像面)						

10

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 9.075$
 $I_h = 0.652$
 $2\omega (^{\circ}) = 68.305$
 $D (\%) = -5.000$
 $\alpha (^{\circ}) = 11.146$
【0082】

。

実施例 15

$r_0 =$	∞ (物体)	$d_0 =$	13.7201				
$r_1 =$	∞	$d_1 =$	0.2744	$n_{d1} =$	1.76820	$v_{d1} =$	71.79
$r_2 =$	∞	$d_2 =$	0.1960				
$r_3 =$	1.9900	$d_3 =$	0.1960	$n_{d2} =$	1.88300	$v_{d2} =$	40.76
$r_4 =$	0.6323	$d_4 =$	0.1646				
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	0.0118				
$r_6 =$	∞	$d_6 =$	2.1560	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.0118				
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.2413	$n_{d4} =$	1.72916	$v_{d4} =$	54.68
$r_9 =$	-1.1327	$d_9 =$	0.2744				
$r_{10} =$	1.3801	$d_{10} =$	0.5096	$n_{d5} =$	1.88300	$v_{d5} =$	40.76
$r_{11} =$	-2.7705	$d_{11} =$	0.2352	$n_{d6} =$	1.74077	$v_{d6} =$	27.79
$r_{12} =$	0.7895	$d_{12} =$	0.1764				
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	0.2352	$n_{d7} =$	1.51800	$v_{d7} =$	74.60
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.0392				
$r_{15} =$	3.2999	$d_{15} =$	0.1960	$n_{d8} =$	1.92286	$v_{d8} =$	18.90
$r_{16} =$	1.5997	$d_{16} =$	0.5880	$n_{d9} =$	1.51633	$v_{d9} =$	64.14
$r_{17} =$	-1.7023	$d_{17} =$	0.1764				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.3959	$n_{d10} =$	1.51633	$v_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.3920	$n_{d11} =$	1.61350	$v_{d11} =$	50.20
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.0021				
$r_{21} =$	∞ (像面)						

20

30

40

$F = 1.00$
 $F_{N0} = 9.281$
 $I_h = 0.639$
 $2\omega (^{\circ}) = 67.945$
 $D (\%) = -7.009$
 $\alpha (^{\circ}) = 12.606$
【0083】

。

次に、以上の実施例 1 ～ 15 の条件式 (1) ～ (6) の値を従来例の対応する値と共に

50

以下に示す。

【0084】

条件式	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
				v p	v n	
実施例 1	4.33	-1.41	-0.29	64.14	23.78	5.28
実施例 2	4.45	-1.16	-0.54	70.23	23.78	5.88
実施例 3	4.00	-1.15	-0.51	64.14	23.78	2.86
実施例 4	4.33	-1.41	-0.29	64.14	23.78	5.28
実施例 5	4.45	-1.16	-0.54	70.23	23.78	5.88
実施例 6	4.00	-1.15	-0.51	64.14	23.78	2.86
実施例 7	3.57	-1.17	-0.36	58.90	29.52	16.04
実施例 8	7.17	-1.03	-0.33	58.90	29.52	66.91
実施例 9	3.14	-1.70	-0.29	58.90	29.52	2.49
実施例 10	5.09	-1.73	-0.22	64.14	23.78	4.98
実施例 11	2.28	-1.91	-0.24	64.14	23.78	5.72
実施例 12	6.54	-1.89	-0.21	64.14	23.78	5.11
実施例 13	2.41	-2.08	-0.22	52.43	23.78	5.03
実施例 14	4.78	-1.15	-0.53	64.14	18.90	2.48
実施例 15	4.69	-1.13	-0.54	64.14	18.90	3.09

10

20

特許文献 4 の

実施例 1	0.61	-0.71	-0.09	47.37	26.55	-55.72	1.96
実施例 2	0.63	-0.79	-0.04	47.37	26.55	-31.28	3.11

。

【0085】

なお、以上説明した実施例の斜視方向は 30° であるが、直視や 30° 以上の斜視にしても構わない。

【0086】

さらに、撮像面に用いる CCD であるが、CCD 撮像中心と CCD 外装の偏心が小さいものを用いるのが好ましい。内視鏡挿入部は通常略円筒のものが多く、CCD 外装と撮像面中心の偏心が大であると、回転をさせた際の軌跡が大となり、内視鏡外径の増大化となり好ましくないからである。

30

【0087】

以上述べたように、広角で、歪曲が小さく、像面湾曲が少なく、球面レンズのみで比較的レンズ枚数が少ない内視鏡対物光学系、特にビデオ内視鏡対物光学系、及び、内視鏡長手方向に対して視野方向を所望の方向に回転可能な斜視光学系において、所望の視野を視野に入れるために内視鏡を回転し視野方向を変換した際にも、観察面上での視野中心の偏心発生を抑制した光学系が達成され、テレビモニター上での観察に好適な電子内視鏡が実現される。

【0088】

以上の本発明の内視鏡対物光学系及びそれを用いた撮像装置等は例えば次のように構成することができる。

40

【0089】

〔1〕 物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第 1 群と、明るさ絞りと、物点側に平面を向けた正レンズからなる第 2 群と、少なくとも 1 面の凹の屈折面を含み全体として正の屈折力を持つ第 3 群と、負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなる正の屈折力の第 4 群とからなり、前記第 1 群から前記第 4 群を介して撮像素子に結像する内視鏡対物光学系であって、前記第 2 群の正レンズの凸面で主光線が光軸から離れる方向に屈折されることを特徴とする内視鏡対物光学系。

【0090】

50

〔2〕 前記第2群の正レンズのレンズ厚を t_2 、焦点距離を f_2 、屈折率を n_2 、前記第1群の負メニスカスレンズ、光学系全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 F 、前記第3群の凹の屈折面によるペッツバル和を $PS3$ 、前記第4群の正レンズ、負レンズの d 線基準のアップ数をそれぞれ v_p 、 v_n 、前記第4群の焦点距離を f_4 としたとき、以下条件式を満足することを特徴とする上記1記載の内視鏡対物光学系。

【0091】

- (1) $2 < f_2 (n_2 - 1) / t_2 < 6$
- (2) $-2.3 < f_1 / F < -0.9$
- (3) $-0.6 < PS3 < -0.2$
- (4) $v_p > 50, v_n < 30$
- (5) $2.3 < f_4 / F$

10

〔3〕 上記1又は2記載の内視鏡対物光学系とその像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記第1群と前記明るさ絞りと前記第2群とから前群が構成され、前記第3群と前記第4群とから後群が構成され、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【0092】

〔4〕 物体側から順に、負レンズ、絞り、正レンズからなる前群と、全体として正の屈折力からなる後群とからなる内視鏡対物光学系と、その像面に配置された固体撮像素子とを備え、前記後群と前記固体撮像素子は機械的に一体構造になっていて、前記前群に対して撮像装置長手方向を軸として相対的に回動可能に構成されており、前記前群から前記後群に入射する軸上マージナル光線の入射角が、前記回動軸に対して略平行となるように構成されていることを特徴とする撮像装置。

20

【0093】

〔5〕 前記前群の負レンズの焦点距離を f_1 、前記前群の正レンズの焦点距離を f_2 、前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離を F としたとき、以下条件式を満足することを特徴とする上記3又は4記載の撮像装置。

【0094】

- (6) $-0.3 < (f_2 - |f_1|) / F < 1.5$

30

〔6〕 前記内視鏡対物光学系の前群にプリズムを設けて斜視光学系としたことを特徴とする上記3から5の何れか1項記載の撮像装置。

【0095】

〔7〕 前記固体撮像素子は撮像面中心と外装中心が略一致していることを特徴とする上記3～6の何れか1項記載の撮像装置。

【0096】

〔8〕 スコープ外装管の中心と前記撮像素子の撮像面中心が略一致していることを特徴とする上記3～6の何れか1項記載の撮像装置。

【0097】

〔9〕 前記第4群以前に赤外域の波長をカットする干渉フィルタを設置していることを特徴とする上記1又は2記載の内視鏡対物光学系、若しくは、上記3～8の何れか1項記載の撮像装置。

40

【0098】

〔10〕 内視鏡対物光学系内に吸収型の赤外カットフィルタを設置していることを特徴とする上記1又は2記載の内視鏡対物光学系、若しくは、上記3～8の何れか1項記載の撮像装置。

【0099】

〔11〕 前記干渉フィルタに入射する主光線の入射角は 25° 以下であることを特徴とする上記9記載の内視鏡対物光学系、若しくは、撮像装置。

【0100】

50

〔12〕 最も物体側のレンズを調整することにより像面の非対称性を均衡に保つことを特徴とする上記1、2、9～11の何れか1項記載の内視鏡対物光学系、若しくは、上記3～11の何れか1項記載の撮像装置の組立方法。

【0101】

〔13〕 前記前群と前記後群を別個に組み立て、光学心を調整した後、前記前群と前記後群を組み合わせることを特徴とする上記1、2、9～11の何れか1項記載の内視鏡対物光学系の組立方法。

【0102】

〔14〕 前記前群の心出し方法は予め光学心を許容量以下に調整した後群に対して光学心を出すことを特徴とする上記1、2、9～11の何れか1項記載の内視鏡対物光学系の組立方法。 10

【0103】

〔15〕 内視鏡先端像部に対物光学系と共に配置される照明光学系は、内視鏡視野方向に指向され像回転機構により視野方向が変換された際に対物光学系と追従して回動可能な構造であることを特徴とする上記3～11の何れか1項記載の撮像装置。

【0104】

〔16〕 前記前群と前記後群の間隔は0.5mm以上であることを特徴とする上記1、2、9～11の何れか1項記載の内視鏡対物光学系。

【図面の簡単な説明】

【0105】

20

【図1】本発明の内視鏡対物光学系の軸外主光線と従来の内視鏡対物光学系の軸外主光線の屈折についての説明図である。

【図2】本発明の内視鏡対物光学系の軸上マージナル光線の屈折についての説明図である。

【図3】本発明の内視鏡対物光学系の第1群と第2群の焦点距離、間隔に関する説明図である。

【図4】本発明の実施例1の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図5】本発明の実施例2の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図6】本発明の実施例3の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図7】本発明の実施例4の内視鏡対物光学系の光路図である。

30

【図8】本発明の実施例5の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図9】実施例5(a)と従来例(b)の可動部を光軸に対して垂直方向にシフトさせたときの視野中心に対する像中心のズレに関する説明図である。

【図10】本発明の実施例6の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図11】実施例4～6に光学系と機械枠との関係を説明するための硬性内視鏡挿入部の内部構造の断面図である。

【図12】図11の硬性内視鏡挿入部のその先端部を拡大した図である。

【図13】本発明の実施例7の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図14】本発明の実施例8の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図15】本発明の実施例9の内視鏡対物光学系の光路図である。

40

【図16】本発明の実施例10の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図17】本発明の実施例11の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図18】本発明の実施例12の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図19】本発明の実施例13の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図20】本発明の実施例14の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図21】本発明の実施例15の内視鏡対物光学系の光路図である。

【図22】実施例1の内視鏡対物光学系の球面収差、非点収差、倍率色収差、歪曲収差、コマ収差を示す収差図である。

【図23】実施例2の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図である。

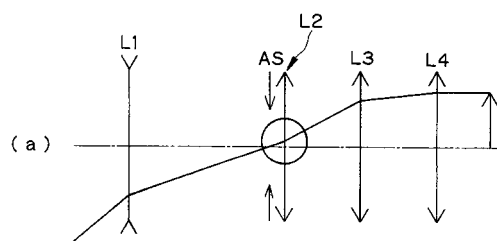
【図24】実施例3の内視鏡対物光学系の図22と同様の収差図である。

50

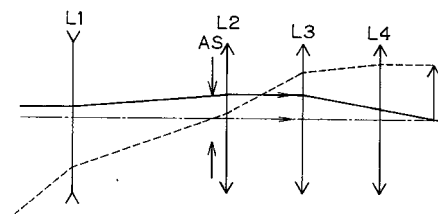
- 【図 2 5】 実施例 4 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 2 6】 実施例 5 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 2 7】 実施例 6 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 2 8】 実施例 7 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 2 9】 実施例 8 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 0】 実施例 9 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 1】 実施例 1 0 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 2】 実施例 1 1 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 3】 実施例 1 2 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 4】 実施例 1 3 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。 10
- 【図 3 5】 実施例 1 4 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 6】 実施例 1 5 の内視鏡対物光学系の図 2 2 と同様の収差図である。
- 【図 3 7】 従来例 1 の内視鏡対物レンズの構成を示す断面図である。
- 【図 3 8】 別の従来例の対物光学系の収差図である。
- 【図 3 9】 硬性ビデオ内視鏡の外観を示す図である。
- 【図 4 0】 図 3 9 の硬性ビデオ内視鏡の回転前 (a) と回転後 (b) の視野を示す図である。
- 【図 4 1】 内視鏡を用いた外科手術下の回転前 (a) と回転後 (b) のモニター像を示す図である。
- 【図 4 2】 ビデオスコープの視野方向の変換を説明するための図である。 20
- 【図 4 3】 光学系の撮像面を回転させることで像回転を補正する従来例を示す図である。
- 【図 4 4】 図 4 3 の従来例による不具合を説明するための図である。
- 【符号の説明】
- 【 0 1 0 6 】
- A S … 絞り
- L 1 … 第 1 レンズ (負メニスカスレンズ)
- L 2 … 第 2 レンズ (凸レンズ)
- L 3 … 第 3 レンズ
- L 4 … 第 4 レンズ
- G 1 … 第 1 群 30
- G 2 … 第 2 群
- G 3 … 第 3 群
- G 4 … 第 4 群
- P … 平行平板
- S … 絞り
- F … 赤外カットフィルタ、赤外吸収フィルタ
- G … C C D のカバーガラス
- I … 撮像面
- C … カバーガラス
- F S … フレア絞り 40
- P r … プリズム
- P r 1 … 第 1 プリズム
- P r 2 … 第 2 プリズム
- A l … アルミコート
- F G … 前群
- R G … 後群
- I U … C C D ユニット
- K … 操作ノブ
- a m … 軸上マージナル光線
- 2 1 … メニスカスレンズ (G 1)
- 50

- 2 2 … プリズム (P r)
- 2 3 … 平凸レンズ (G 2)
- 2 4 … 枠
- 2 5 … 外装管
- 2 6 … 枠
- 2 7 … 枠

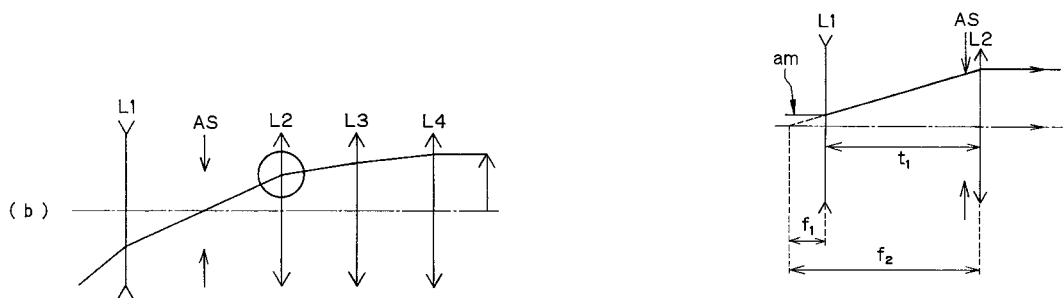
【図 1】



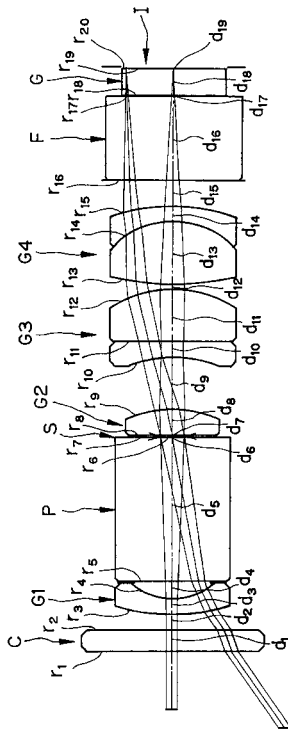
【図 2】



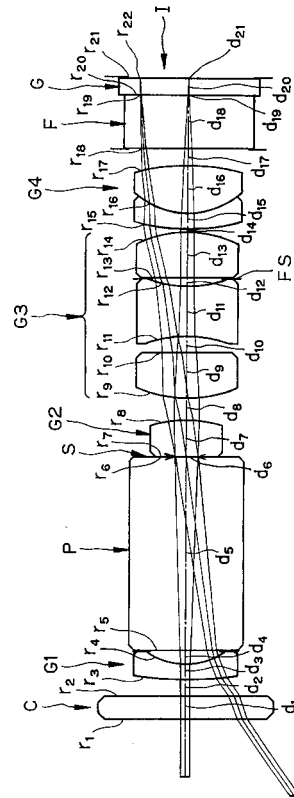
【図 3】



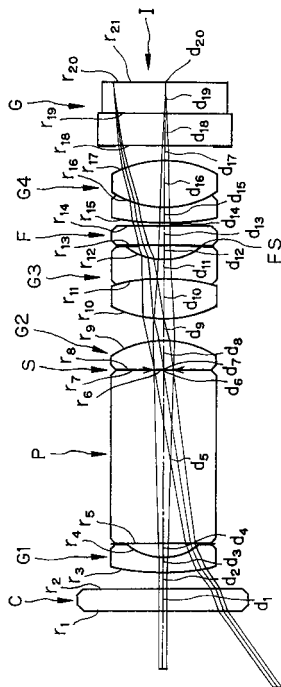
【図 4】



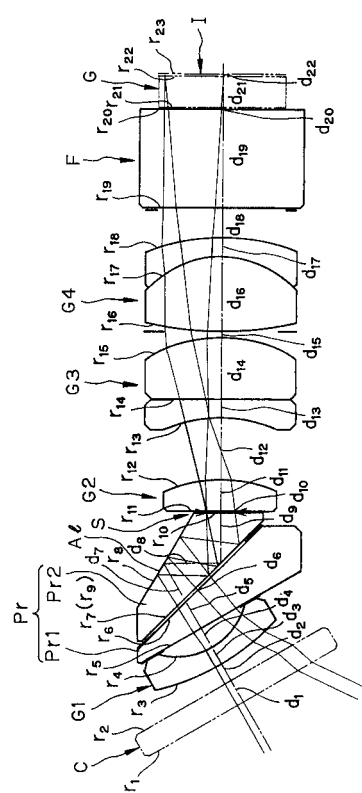
【図 5】



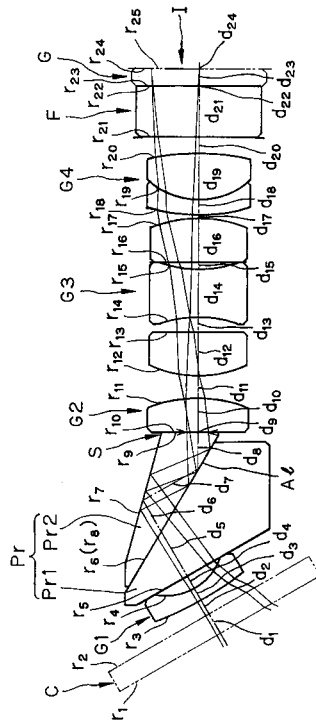
【図 6】



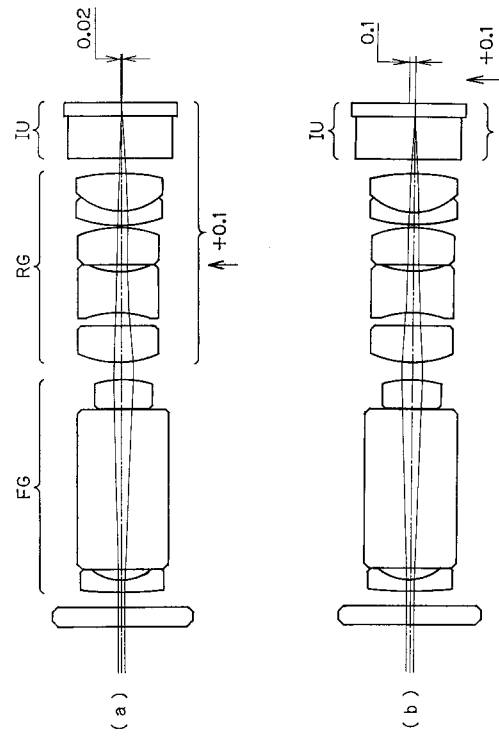
【図 7】



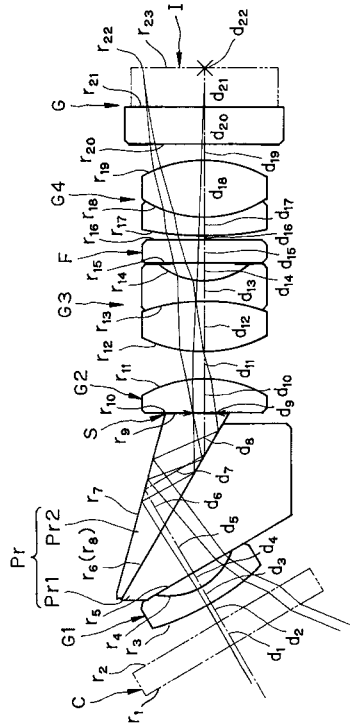
【図 8】



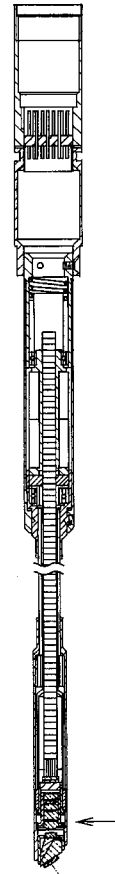
【図 9】



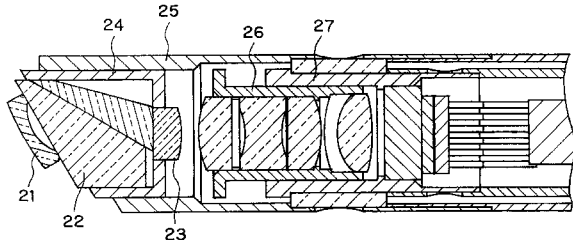
【図 10】



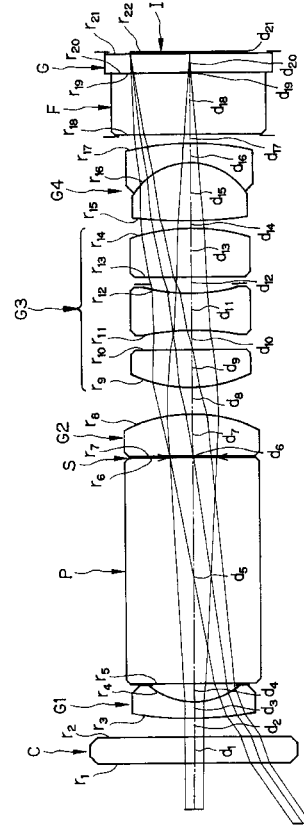
【図 11】



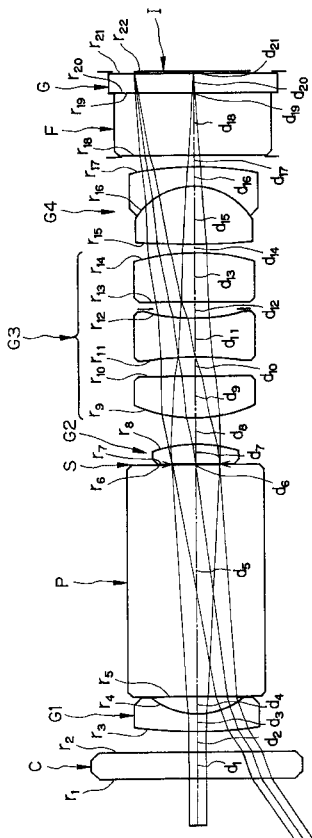
【図 1 2】



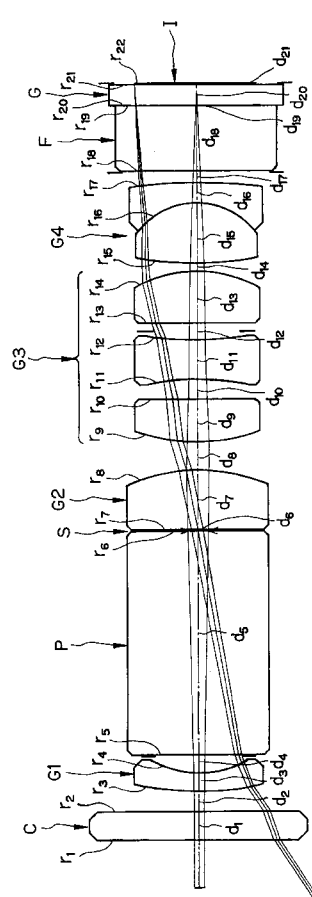
【図 1 3】



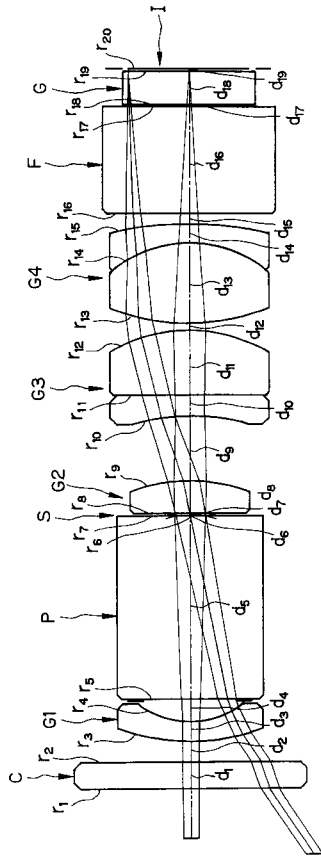
【図 1 4】



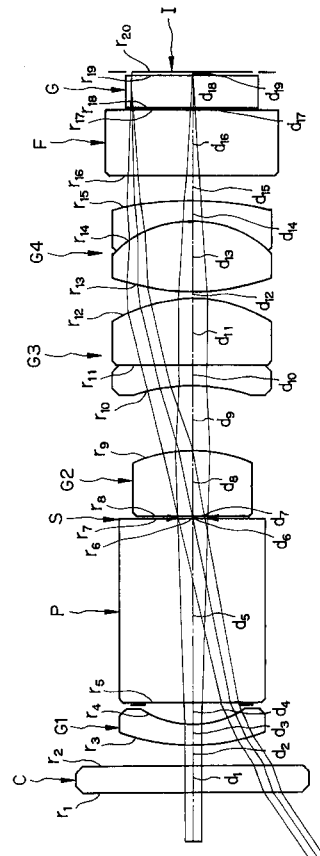
【図 1 5】



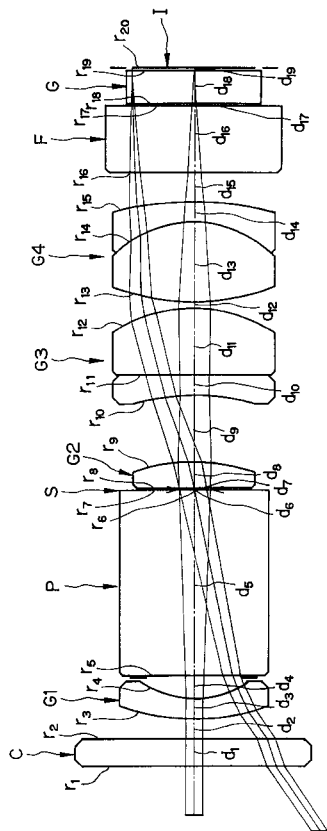
【図 16】



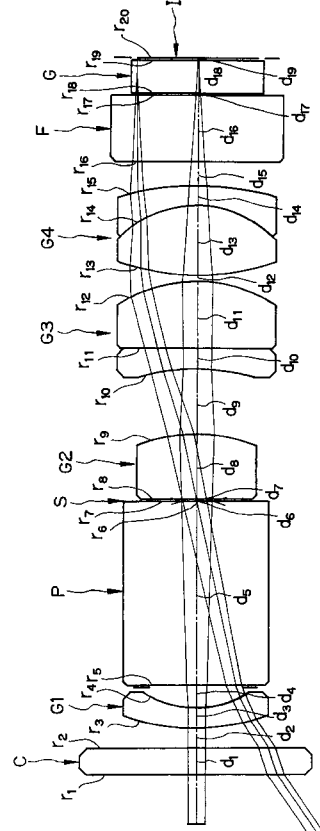
【図 17】



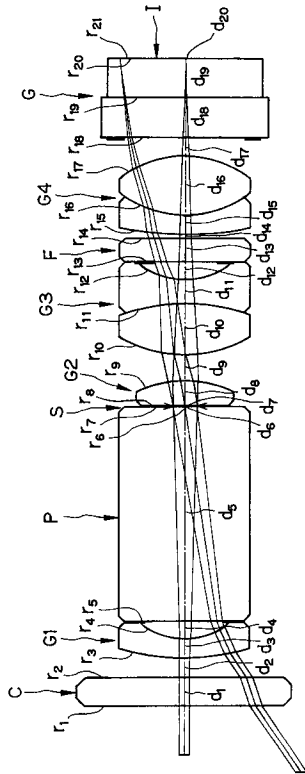
【図 18】



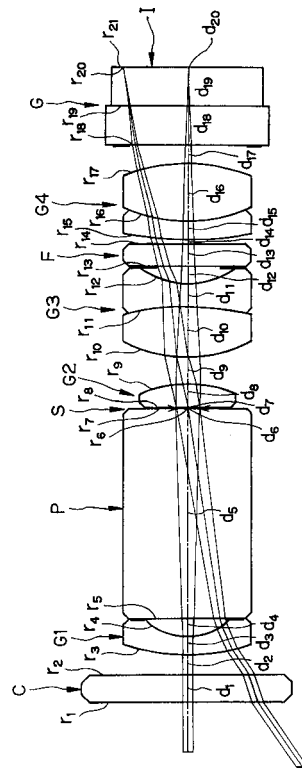
【図 19】



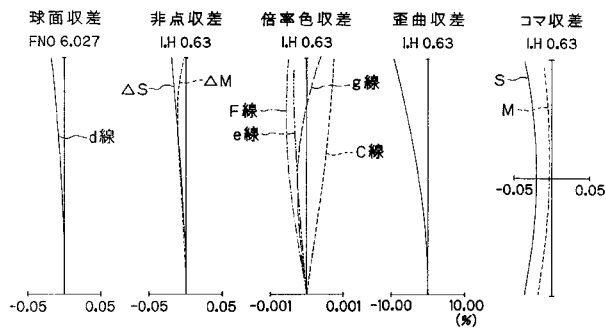
【図 20】



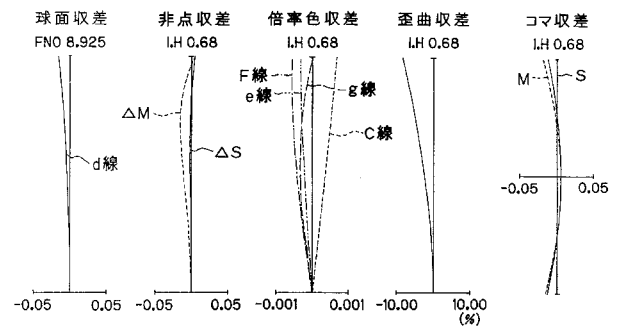
【図 21】



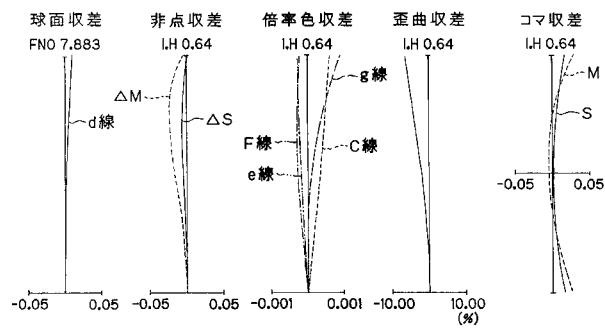
【図 22】



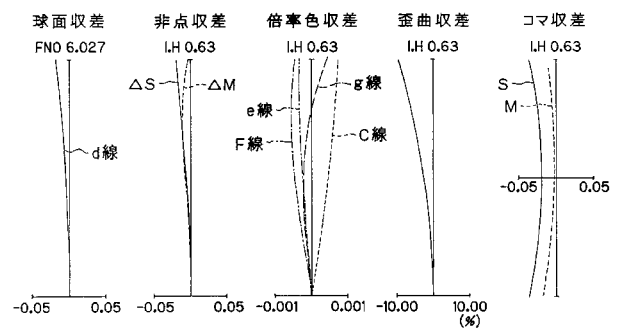
【図 24】



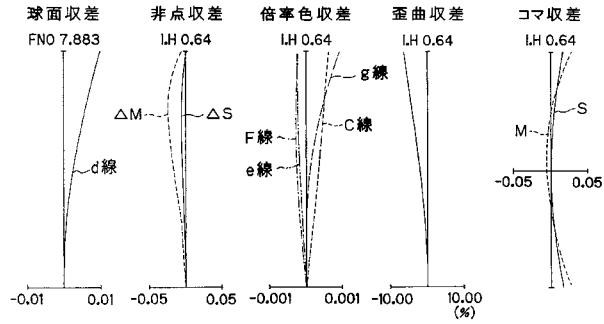
【図 23】



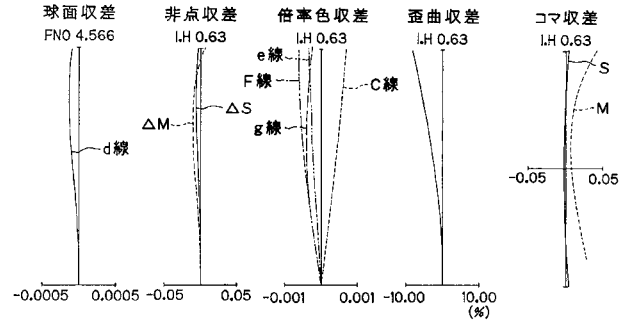
【図 25】



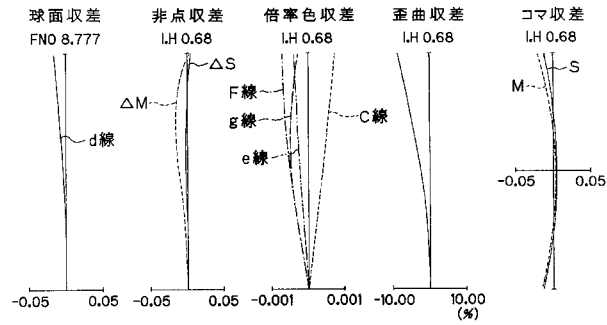
【図 26】



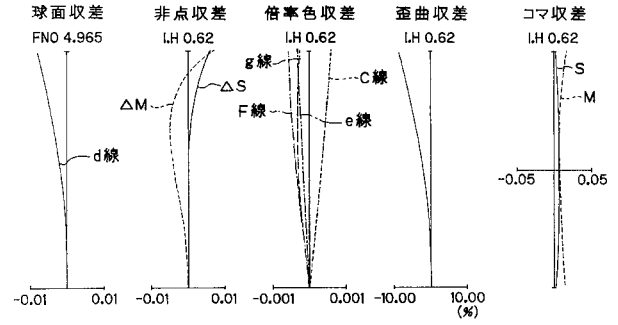
【図 28】



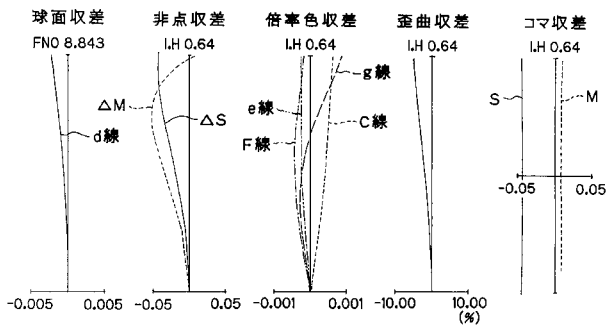
【図 27】



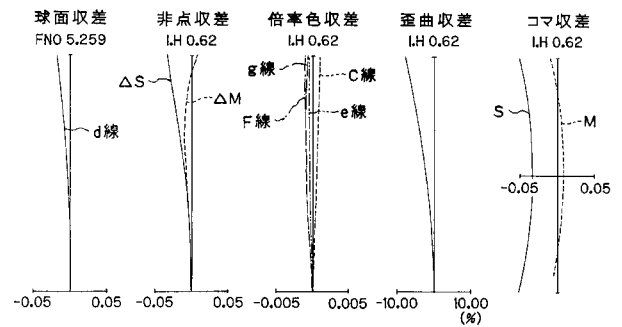
【図 29】



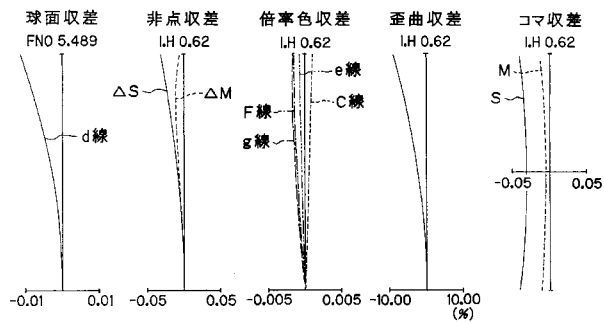
【図 30】



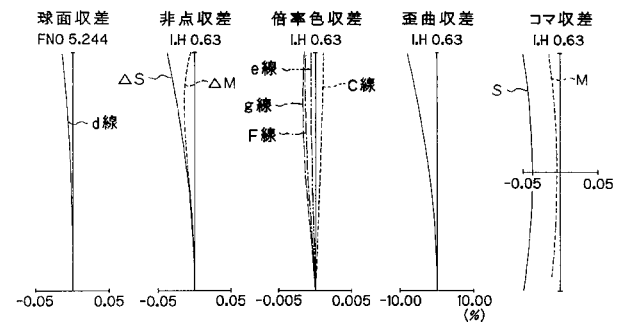
【図 32】



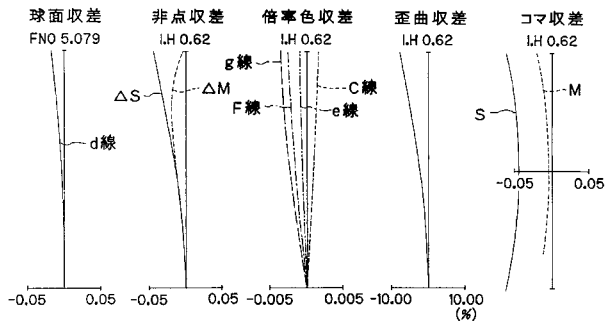
【図 31】



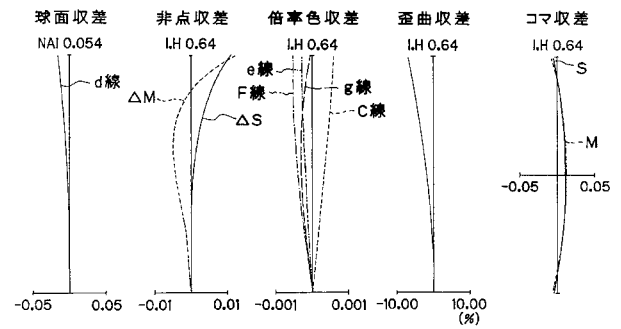
【図 33】



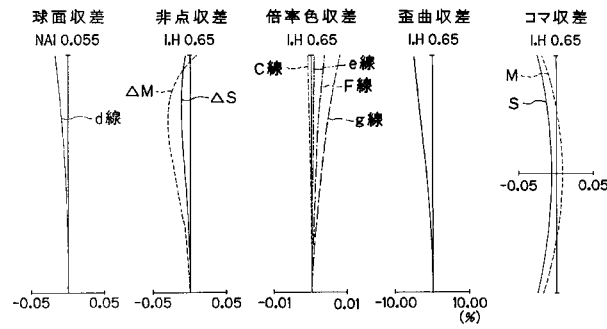
【図 3 4】



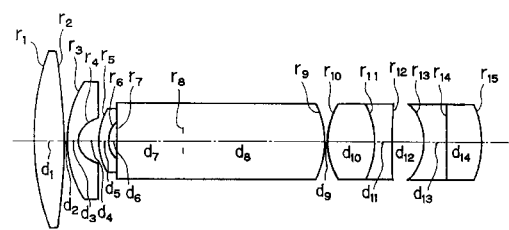
【図 3 6】



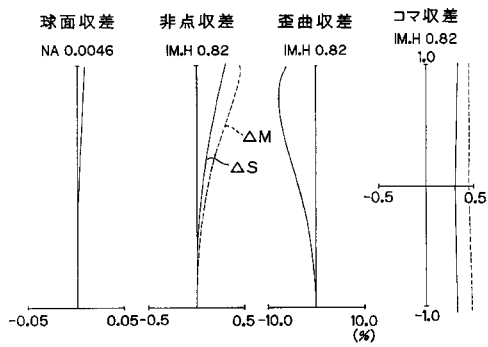
【図 3 5】



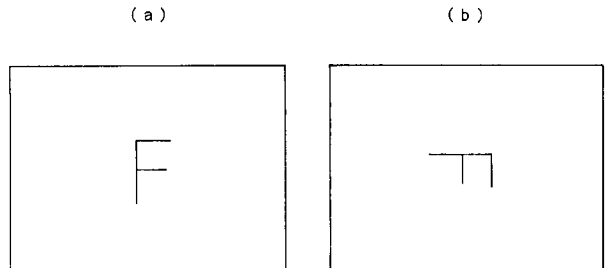
【図 3 7】



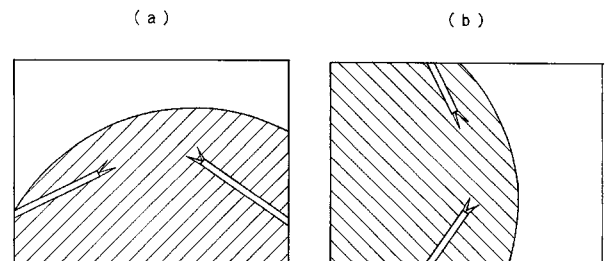
【図 3 8】



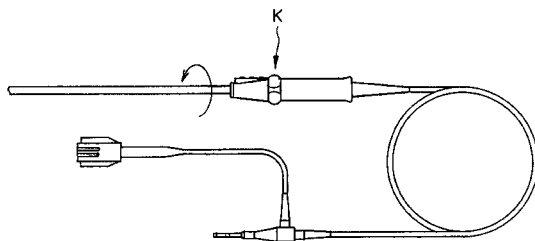
【図 4 0】



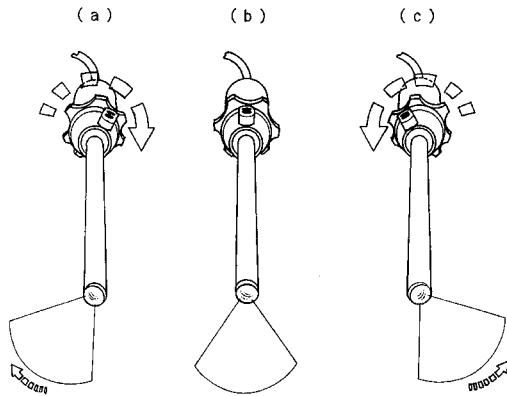
【図 4 1】



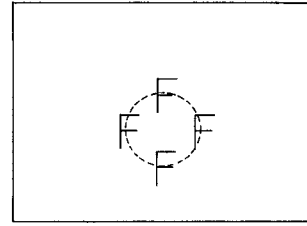
【図 3 9】



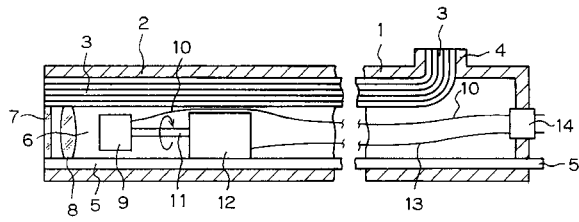
【図 4 2】



【図 4 4】



【図 4 3】



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 河西 研

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリシパス株式会社内

Fターム(参考) 2H040 BA04 CA23 CA24 GA02

2H087 KA10 LA03 NA02 PA04 PA05 PA06 PA07 PA18 PA19 PB06

PB07 PB08 QA02 QA07 QA21 QA25 QA26 QA34 QA37 QA41

QA42 QA45 QA46 RA32 RA41 RA42 TA01 TA04

4C061 CC06 FF40 FF47 LL02

专利名称(译)	内窥镜物镜光学系统和使用其的成像设备		
公开(公告)号	JP2006039259A	公开(公告)日	2006-02-09
申请号	JP2004219901	申请日	2004-07-28
[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		
[标]发明人	河西研		
发明人	河西 研		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00 G02B13/22 G02B17/08 G02B23/26		
FI分类号	G02B13/04.D A61B1/00.300.Y G02B13/22 G02B17/08.A G02B23/26.C A61B1/00.731 A61B1/00.735		
F-TERM分类号	2H040/BA04 2H040/CA23 2H040/CA24 2H040/GA02 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/NA02 2H087/PA04 2H087/PA05 2H087/PA06 2H087/PA07 2H087/PA18 2H087/PA19 2H087/PB06 2H087/PB07 2H087/PB08 2H087/QA02 2H087/QA07 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA26 2H087/QA34 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/QA46 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA42 2H087/TA01 2H087/TA04 4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/LL02 2H087/QA17 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/LL02		
代理人(译)	青木健二 米泽 明		
其他公开文献	JP4827391B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种低成本的内窥镜物镜光学系统，特别是仅具有广角，小畸变，小场曲率和球面透镜的视频内窥镜物镜光学系统。 解决方案：第一组G1由负弯月形透镜组成，其凸表面指向物方，孔径光阑S；第二组G2，由第二正透镜组成，正透镜具有指向物方的平坦表面，并且至少一个表面 整体上具有正屈光力的第三组G3包括凹面折射表面，并且具有正屈光力的第四组G4由负弯月形透镜和双凸透镜的胶合透镜组成，第一组至G1 经由第四组G4在图像传感器I上形成图像的内窥镜物镜光学系统，其中主光线在第二光阑G2的正透镜的凸面的作用下沿远离光轴的方向折射。 系统。 [选择图]图4

