

(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2010-246906

(P2010-246906A)

(43) 公開日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A61B 1/00 (2006.01)</b>	A61B 1/00 300Y	2H040
<b>A61B 5/07 (2006.01)</b>	A61B 1/00 320B	2H087
<b>G02B 23/26 (2006.01)</b>	A61B 5/07	4C038
<b>G02B 13/00 (2006.01)</b>	G02B 23/26 C	4C061
<b>G02B 13/18 (2006.01)</b>	G02B 13/00	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 40 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-68737 (P2010-68737)  
 (22) 出願日 平成22年3月24日 (2010. 3. 24)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-71918 (P2009-71918)  
 (32) 優先日 平成21年3月24日 (2009. 3. 24)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-74546 (P2009-74546)  
 (32) 優先日 平成21年3月25日 (2009. 3. 25)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 306037311  
 富士フイルム株式会社  
 東京都港区西麻布2丁目26番30号  
 (74) 代理人 100075281  
 弁理士 小林 和憲  
 (72) 発明者 馬場 智之  
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324  
 番地 フジノン株式会社内  
 (72) 発明者 宮野 俊  
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324  
 番地 フジノン株式会社内  
 Fターム(参考) 2H040 BA02 CA23 DA01

最終頁に続く

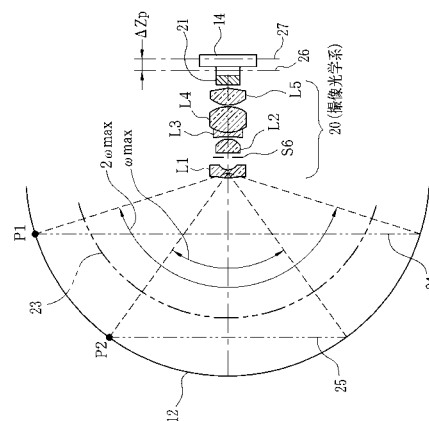
(54) 【発明の名称】 カプセル型内視鏡用撮像光学系

(57) 【要約】

【課題】画角を広くするとともに、画角全域において像面を撮像面付近に揃える。

【解決手段】カプセル型内視鏡10は、凹状半球面の物体面12を撮像する撮像光学系20を備えている。撮像光学系20は  $-5 < Z_r / Z_p < 5$  を満たしている。ここで、最大半画角を  $\omega_{max}$  としたとき、 $Z_r$  は  $2_{\omega_{max}}$  の光束に対する実像面位置と、 $\omega_{max}$  の光束に対する実像面位置との差を示しており、 $Z_p$  は物体面12と  $2_{\omega_{max}}$  の主光線との交点P1を通り、光軸Xpに垂直な平面を仮想物体面24としたときの近軸像面位置と、被写体12と  $\omega_{max}$  の主光線との交点P2を通り、光軸Xpに垂直な平面を仮想物体面25としたときの近軸像面位置との差を示している。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

体内に飲み込まれるカプセルの内部に収容され、前記カプセルの一部を構成する球面状の透明カバーを通して体腔内部の撮像に用いるカプセル型内視鏡用撮像光学系において、凹状の曲面形状の物体面に正対させて撮像したとき、

$$- 5.0 < Z_r / Z_p < 5.0$$

を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡用撮像光学系。

ただし、前記  $Z_r$  は最大画角  $2 \theta_{max}$  の光束に対する実像面位置と半画角  $\theta_{max}$  の光束に対する実像面位置との差を表し、前記  $Z_p$  は前記物体面と  $2 \theta_{max}$  の主光線との交点を通り光軸に垂直な平面を仮想物体面としたときの近軸結像位置と、前記物体面と  $\theta_{max}$  の主光線との交点を通り光軸に垂直な平面を仮想物体面としたときの近軸結像位置との差を表す。

10

## 【請求項 2】

最大画角  $2 \theta_{max}$  が  $135^\circ$  以上であることを特徴とする請求項 1 記載のカプセル型内視鏡用撮像光学系。

## 【請求項 3】

最大画角  $2 \theta_{max}$  が  $120^\circ$  以上であり、かつ  $-0.5 < Z_r / Z_p < 0.5$  であることを特徴とする請求項 1 記載のカプセル型内視鏡用撮像光学系。

## 【請求項 4】

任意の画角  $\theta$  に対する像高を  $Y(\theta)$ 、任意の画角  $\theta + \Delta\theta$  の微小変化量を  $\Delta Y$  とするとき、

$$0.7 < (Y(\theta + \Delta\theta) - Y(\theta)) / Y(\theta)$$

を満たすことを特徴とする請求項 2 または 3 記載のカプセル型内視鏡用撮像光学系。

20

## 【請求項 5】

前記物体面に最も近い位置に物体面に凸面を向けた負レンズ、像面側に最も近い位置に正レンズを有し、前記負レンズの少なくとも像面側の面と、前記正レンズのいずれか一方の面とが非球面であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか記載のカプセル型内視鏡用撮像光学系。

## 【請求項 6】

前記負レンズよりも像面側に、複数のレンズで構成され全体として正の正レンズ群を有し、前記正レンズ群の中で、最も物体面側に位置するレンズと最も像面側に位置するレンズとが正レンズであることを特徴とする請求項 5 記載のカプセル型内視鏡用撮像光学系。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、体内に飲み込まれて使用されるカプセル型内視鏡の撮像光学系に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年の医療分野においては、長い挿入部の先端に撮像装置を設けた挿入型内視鏡のほか、カプセル内に撮像装置を収納したカプセル型内視鏡を利用した診断が行われている。カプセル型内視鏡は、被検者が飲み込むことができるサイズであるため、挿入型内視鏡のように、挿入部を飲み込む際の患者の負担や挿入部を長時間体内に挿入し続けることによる患者の負担が無くなるという利点を有する。

40

## 【0003】

カプセル型内視鏡は、体内に飲み込まれた後に管状の経路に沿って進行しやすいように、先頭部分の透明カバーがドーム状に整形され、この透明カバーに円筒状のカプセル本体部が連ねられている。撮像光学系の光軸は透明カバーの中心を通るように設計されるのが通常で、したがって撮像光学系には光軸に近い光束だけでなく透明カバーの周辺部を通して大きな入射角をもった光束も入射する。そして、光軸上では物体（被写体）距離が遠く

50

なり、撮像の画角が大きくなるほど物体距離が近くなる傾向をもつため、平面状の被写体を光軸に垂直な平面状の撮像面に結像させる通常の撮像光学系では良好な結像を得ることができる範囲が非常に限られてしまう。

【0004】

こうした事情から、特許文献1で知られるように広画角の撮像光学系が知られているが、被写体の周辺部分にピントが合うように光学設計すると中心部分が被写界深度の範囲外になってボケてしまい、逆に中心部分を重視してピントを合わせると周辺部分が被写界深度の範囲外になって周辺部分がボケてしまう。この問題に対して、特許文献2及び3に示される撮像光学系は、画面中心及び最大画角において像面を撮像面付近に揃えることによって、被写体の中心部分だけでなく周辺部分を含む被写体全体を被写界深度内に収めるように工夫されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-61438号公報

【特許文献2】特許4128504号公報

【特許文献3】特許4128505号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

カプセル型内視鏡では、必ずしも光軸近傍からの光束だけでなく、透明カバーの周辺部を通して光軸に大きな角度で入射してくる光束も診断上で有益な情報を多く含むことから、撮像光学系には広画角化が要求される。この点、上記特許文献2及び3の撮像光学系は、カプセル型内視鏡に要求される画角と物体距離との関係が最適化されてはいるが、画角が最大でも $113.6^\circ$ と未だ不十分である。また、上記先行文献記載の光学系はフロント絞りを採用しているため、物体側のレンズの外径を小さく抑えるうえでは有利であるが、絞りの厚みによって光線にケラレが生じ、あるいは絞り直後のレンズ面の曲率半径が大きいことから、より広角化した際の光量ロスが大きくなるという欠点がある。

20

【0007】

撮像光学系に凹面を向けた物体面を光軸に垂直な平面状の撮像面に結像させるには、光学系としては負の像面湾曲を発生させればよい。また、このように像面湾曲をコントロールするには三次収差係数でペッツパール和を正の値で大きくすればよい。こうした負の像面湾曲をもつ光学系を得るには、光学系を構成する正レンズに低屈折率材を用い、負レンズに高屈折率材を用いるのが一般である。しかし、ワнтаムユースを基本とするカプセル型内視鏡の撮像光学系にはローコスト化のためにプラスチックレンズが用いられることを考慮すると、高屈折率材が得にくくなってペッツパール和の調整が難しくなる。なお、レンズ枚数を増やしてペッツパール和の調整に自由度をもたせることは可能であるが、光学系の全長が長くなってカプセルの長大化が避けられず、飲み込み使用されるカプセル型内視鏡には採用し難い。

30

【0008】

本発明は、以上の背景を考慮してなされたものであり、画角を広くするとともに、画角全域において像面を光軸に垂直な撮像面の近傍に揃えることによって、撮像光学系に向けて凹面状に湾曲した物体面全体をほぼ被写界深度内に収めることができるようにしたカプセル型内視鏡用撮像光学系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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の撮像光学系は、撮像対象となる物体面を凹面状とし、この物体面に正対させて撮像したとき、 $-5.0 < Z_r / Z_p < 5.0$ の条件を満たすように構成されている。ただし、前記  $Z_r$  は、最大画角  $2 \text{ max}$  の光束に対する実像面位置と半画角  $\text{max}$  の光束に対する実像面位置との差を表し、また前記  $Z_p$  は

50

、前記物体面と  $2 \text{ max}$  の主光線との交点を通り光軸に垂直な平面を仮想物体面としたときの近軸結像位置と、前記物体面と  $\text{max}$  の主光線との交点を通り光軸に垂直な平面を仮想物体面としたときの近軸結像位置との差を表すものである。この条件は、好ましくは最大画角  $2 \text{ max}$  を  $135^\circ$  以上にした光学系に適している。一方、光学系の最大画角  $2 \text{ max}$  を  $120^\circ$  にする場合には、先の条件の上・下限値を  $-0.5 \text{ Zr} / \text{Zp} > 0.5$  と狭めておくことが望ましい。

#### 【0010】

このように  $\text{Zr} / \text{Zp}$  の値について条件が変わる理由は以下のとおりである。撮像光学系の被写界深度は一般に錯乱円の径によって定義される。しかし、実際には遠距離の物体ほど像面上では小サイズの画像となって細かい解像力が要求されるのに対し、近距離の物体ほど像倍率が大きくなるため遠距離側ほどの解像力は要求されない。本発明の撮像光学系は、物体距離が近くなるほど光線の入射角が大きくなり、物体距離が遠くなるほど光線の入射角が小さくなるというカプセル内視鏡特有の使用形態を考慮した設計となっている。したがって、撮影画角が狭くなるほど撮像画面内には遠距離物体が多く含まれ、高い解像力も要求されることになるから、上記  $\text{Zr} / \text{Zp}$  の条件は狭くしておく必要がある。

10

#### 【0011】

ディストーションをマイナス側に大きくして光学系の広画角化を図ることは可能であるが、本発明のように画像周辺部の近距離物体を良好に撮像しようとしても、ディストーションにより画像が大きく歪み像倍率も低下してしまうため、入射角が大きい近距離物体からの光束に対する結像性能を十分に高めることが難しくなる。この点、本発明の撮像光学系においては、任意の画角  $\theta$  に対する像高を  $Y(\theta)$ 、画角  $\theta$  の微小変位量を  $d\theta$  としたとき、 $0.7 < (Y(\theta + d\theta) - Y(\theta)) / Y(\theta)$  の関係が満たされるようにしてあるから、ディストーションによる画像の歪みも実用上問題ない程度に抑えられ、良好な結像性能が得られている。

20

#### 【0012】

本発明の撮像光学系特有の像面湾曲を得るには、最も物体面側に近い位置に物体に凸面を向けた負レンズを用いるのが好ましく、少なくともその物体側の面を非球面にするとともに、最も像面側に近い位置に設けた正レンズの少なくともいずれかの面を非球面しておくのがコスト面、光学系全長の短縮化の点で有利となる。なお、前記負レンズの物体面側に向けられた凸面としては、必ずしも頂点が最も突出した凸面でなくてもよく、例えば近軸領域では凹面であっても外周側が像面側に近づくように湾曲した非球面であってもよい。

30

#### 【0013】

最も物体面側にこのような負レンズを用いることによって、周辺から大きな角度で入射した光線も最初の負パワーにより光軸に対して小さな角度で出射して絞りへの入射角も小さくなるから、フロント絞りをもち光学系と比較して絞りの厚みによる光量ロスも抑えられるようになる。この負レンズの背後には、複数のレンズで構成され全体で正のパワーをもつ正レンズ群が設けられるが、この正レンズ群の中の最も物体側に位置するレンズと最も像面側に位置するレンズとを正レンズで構成して正のパワーを分散させておくと、前記負レンズで発生した収差を補正しながら像面湾曲を容易に調整することが可能となる。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明によれば、画角を広くするとともに、画角全域において像面を光軸に垂直な撮像面近傍に揃えることによって被写体全体を被写界深度内に収めることができ、病変部が被写体のどの位置にあってもボケがない鮮明な病変部の画像を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0015】

【図1】本発明のカプセル型内視鏡を示す断面図である。

【図2】図1のカプセル型内視鏡を光軸回りに  $90^\circ$  回転させたときの断面図である。

50

- 【図 3】カプセル内の 4 個の LED の配置を示す平面図である。
- 【図 4】[ 数 1 ] に関する説明図である。
- 【図 5】( A ) は凹状半球面の被写体上に付された同心円を、( B ) ~ ( E ) は ( A ) の同心円を撮像したときの画像を表す説明図である。
- 【図 6】実施例 1 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 7】実施例 1 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 8】実施例 1 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 9】実施例 2 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 10】実施例 2 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 11】実施例 2 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。 10
- 【図 12】実施例 3 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 13】実施例 3 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 14】実施例 3 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 15】実施例 4 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 16】実施例 4 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 17】実施例 4 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 18】実施例 5 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 19】実施例 5 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 20】実施例 5 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 21】実施例 6 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。 20
- 【図 22】実施例 6 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 23】実施例 6 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 24】実施例 7 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 25】実施例 7 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 26】実施例 7 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 27】実施例 8 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 28】実施例 8 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 29】実施例 8 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 30】実施例 9 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 31】実施例 9 の撮像光学系の収差図である。 30
- 【図 32】実施例 9 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 33】実施例 10 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 34】実施例 10 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 35】実施例 10 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 36】実施例 11 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 37】実施例 11 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 38】実施例 11 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 39】実施例 12 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 40】実施例 12 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 41】実施例 12 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。 40
- 【図 42】実施例 13 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 43】実施例 13 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 44】実施例 13 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 45】実施例 14 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 46】実施例 14 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 47】実施例 14 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【図 48】実施例 15 の撮像光学系を示すレンズ構成図である。
- 【図 49】実施例 15 の撮像光学系の収差図である。
- 【図 50】実施例 15 の撮像光学系のディストーションを示すグラフである。
- 【発明を実施するための形態】 50

## 【 0 0 1 6 】

図 1 では先頭部分だけを表しているが、カプセル型内視鏡 1 0 は被検者が容易に飲み下すことができるように、直径が 1 0 ミリ前後、長さが 2 0 数ミリ程度のサイズのカプセル状にまとめられ、被検者が飲み込んでから体外へ排出するまでの間に、胃や腸の内部などを一定の時間毎に撮像する。カプセル型内視鏡 1 0 に組み込まれた本発明の撮像光学系は、物体面（被写体面）1 2 が凹状の半球面であることを想定し、その物体面を光軸に垂直な平面に良好に結像させる機能を有している。なお、物体面 1 2 は必ずしも正確な凹状の半球面でなくてもよく、その他の凹状の曲面形状であってもよい。

## 【 0 0 1 7 】

図 2 はカプセル型内視鏡 1 0 を中心軸の回りに 9 0 ° 回転させた状態を表す。図 1 及び図 2 に示すように、カプセル型内視鏡 1 0 は、後端側が塞がれた不透明なカプセル本体 2 2 の前端側をドーム状の透明カバー 2 3 で塞いだカプセル 1 3 が外装となり、その内部にカバーガラス 2 1 で前面が覆われたエリア型の撮像素子 1 4 と、照明光源となる第 1 ~ 第 4 L E D (Light Emitting Diode) 1 5 ~ 1 8 と、撮像光学系 2 0 とが組み込まれている。カプセル 1 3 内には、さらに撮像素子 1 4 を駆動する電池や撮像素子 1 4 で得られた画像信号を被検者の周囲に取り付けた受信器に送信するアンテナ（いずれも図示省略）などが収納されている。撮像光学系 2 0 は、パワーのない透明カバー 2 3 を通して得られた被写体光を撮像素子 1 4 の撮像面上に結像させる。

10

## 【 0 0 1 8 】

カプセル型内視鏡 1 0 を透明カバー 2 3 を通して正面視した様子を図 3 に示す。図 3 に示すように、第 1 ~ 第 4 L E D 1 5 ~ 1 8 は撮像光学系 2 0 の周りに約 9 0 ° ピッチで離間して設けられている。第 2 及び第 4 L E D 1 6 , 1 8 は、撮像光学系 2 0 の光軸 X P の方向に関し、第 1 及び第 3 L E D 1 5 , 1 7 よりも撮像素子 1 4 側にずらされている。第 1 及び第 3 L E D 1 5 , 1 7 は、その照明光軸 X 1 , X 3 が撮像光学系 2 0 の光軸 X P と平行になるように設けられており、主として被写体 1 2 の中心及びその周辺を含む被写体 1 2 の中心部分を照明する。また、第 2 及び第 4 L E D 1 6 , 1 8 は、その照明光軸 X 2 , X 4 が撮像光学系 2 0 の光軸 X P に対して一定の角度で斜めになるように設けられており、主として被写体 1 2 の中心部分から端部までを含む被写体 1 2 の周辺部分を照明する。これにより、凹状半球面の被写体 1 2 のほぼ全体にわたって、照明光をムラなく均一に照射することができる。加えて、カプセル 1 3 内で各 L E D 1 5 ~ 1 8 から光を照射して

20

30

## 【 0 0 1 9 】

図 4 に示すように、撮像光学系 2 0 は、被写体 1 2 側から順に、第 1 レンズ L 1、開口絞り S 6、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 から構成されている。なお、図 4 では図面の複雑化を避けるために L E D 1 5 ~ 1 8 については図示を省略し、透明カバー 2 3 についてはその表面を二点鎖線で示した。この撮像光学系 2 0 は負の像面湾曲を有し、凹面状の物体面 1 2 を光軸 X p に垂直な撮像面上に良好に結像させる作用をもつ。このような結像性能を得るために、撮像光学系 2 0 は基本的に第一レンズ L 1 が物体面 1 2 に凸面を向けた負レンズで構成され、好ましくはこの第一レンズ L 1 の少なくとも物体側の面が非球面として設計され、また第 5 レンズ L 5 のいずれかの面

40

## 【 0 0 2 0 】

さらに、最大画角 ( 2 m a x ) の光束に対する光軸 X p 上での実像面位置と、最大半画角 ( m a x ) の光束に対する光軸 X p 上での実像面位置との差が小さいほど結像性能としては好ましく、また物体面 1 2 と最大画角 2 m a x の主光線との交点 P 1 を通り光軸 X p に垂直な仮想平面 2 4 の近軸結像位置 2 6 , 2 7 のいずれか一方と、物体面 1 2 と最大半画角 m a x の主光線との交点 P 2 を通り光軸 X p に垂直な仮想平面 2 5 の近軸結像位置 2 6 , 2 7 のいずれか他方との差が小さいほど結像性能として好ましい。特に、撮像光学系 2 0 の最大画角 ( 2 m a x ) が 1 2 0 ° 以上であるときには、以下の [ 数 1 ] を満たすように設計される。

50

【 0 0 2 1 】

【 数 1 】

$$-0.5 \leq \frac{\Delta Z_r}{\Delta Z_p} \leq 0.5$$

[ 数 1 ] 式中の  $Z_r$ 、 $Z_p$  は、撮像光学系 2 0 の最大画角を  $2 \text{ max}$ 、最大半画角を  $\text{max}$  としたとき、以下を表す。

10

$Z_r$  :  $2 \text{ max}$  の光束に対する実像面位置と、 $\text{max}$  の光束に対する実像面位置との差

$Z_p$  : 被写体 1 2 と  $2 \text{ max}$  の主光線との交点 P 1 を通り、光軸 X P に垂直な平面を仮想物体面 2 4 としたときの近軸像面位置と、被写体 1 2 と  $\text{max}$  の主光線との交点 P 2 を通り、光軸 X P に垂直な平面を仮想物体面 2 5 としたときの近軸像面位置との差

【 0 0 2 2 】

撮像光学系 2 0 が [ 数 1 ] 式を満たすことにより、像面湾曲が十分に補正されるとともに、凹状半球面の中心部分と周辺部分とを含む物体面 1 2 の全体が撮像光学系 2 0 の被写界深度内となる。したがって、画像の中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像を撮像することができるから、画像の周辺部分に病変部があったとしても、病変部を確実に発見することができる。

20

【 0 0 2 3 】

$Z_r / Z_p$  が - 0 . 5 よりも小さくなると、撮像光学系 2 0 の像面湾曲の影響により、 $2 \text{ max}$  の光束による実像面位置が  $\text{max}$  の光束による実像面位置よりも物体側に大きくずれてしまう。一方、 $Z_r / Z_p$  が 0 . 5 よりも大きくなると、物体面 1 2 が凹状の曲面形状である影響により、 $2 \text{ max}$  の光束による実像面位置が、 $\text{max}$  の光束による実像面位置よりも物体面と反対側に大きくずれてしまう。いずれの場合も、 $2 \text{ max}$  の光束による実像面と、 $\text{max}$  の光束による実像面とが光軸 X p 方向に大きくずれてしまうため、その双方を光軸 X p に垂直な撮像平面上に良好に結像させることができなくなるから、最大画角 ( $2 \text{ max}$ ) が  $120^\circ$  以上の撮像光学系 2 0 では、A B S ( $Z_r / Z_p$ ) 0 . 5 の条件を満たすようにするのがよい。なお、A B S は ( ) 内の値の絶対値を表す。

30

【 0 0 2 4 】

撮像光学系 2 0 の最大画角 ( $2 \text{ max}$ ) をさらに広げ、これを  $135^\circ$  以上にする場合には、A B S ( $Z_r / Z_p$ ) の値を緩和することが可能となり、次の数式 [ 数 2 ] を満たす範囲内で設計することもできる。

【 0 0 2 5 】

【 数 2 】

$$-5.0 \leq \frac{\Delta Z_r}{\Delta Z_p} \leq 5.0$$

40

なお、上式における  $Z_r$ 、 $Z_p$  が表す意味は、前掲の [ 数 1 ] と共通である。そして、 $Z_r / Z_p$  が下限値 - 5 . 0 よりも小さくなった場合、あるいは  $Z_r / Z_p$  が上限値 5 . 0 よりも大きくなった場合には、[ 数 1 ] における  $Z_r / Z_p$  が下限値 - 0 . 5 よりも小さくなった場合、 $Z_r / Z_p$  が上限値よりも大きくなった場合とそれぞれ共通の傾向を示すから、最大画角 ( $2 \text{ max}$ ) が  $135^\circ$  以上の撮像光学系 2 0 では、A B S ( $Z_r / Z_p$ ) 5 . 0 の条件を満たすようにするのがよい。

50

## 【 0 0 2 6 】

また、撮像光学系 20 は、最大画角 (  $2 \text{ max}$  ) が  $120^\circ$  以上あるいは  $135^\circ$  以上のいずれの場合であっても、画角  $\omega$  のときの像高を  $Y(\omega)$  としたとき、以下の [ 数 3 ] 式を満たすように設計されている。なお、画角  $45^\circ$  以下の条件下で、[ 数 3 ] を満たすようにしてもよい。

## 【 数 3 】

$$0.7 < \frac{Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)}{Y(\Delta\omega)}$$

10

## 【 0 0 2 7 】

[ 数 3 ] の「  $Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)$  」は、画角を  $\omega$  から  $\omega + \Delta\omega$  だけ微小変化させた画角  $\omega + \Delta\omega$  のときの像高  $Y(\omega + \Delta\omega)$  と、画角  $\omega$  のときの像高  $Y(\omega)$  との差分を示している。また、[ 数 3 ] の「  $Y(\Delta\omega)$  」は、画角を  $0^\circ$  から  $\Delta\omega$  だけ微小変化させた画角  $\Delta\omega$  のときの像高  $Y(\Delta\omega)$  と、画角  $0^\circ$  のときの像高  $Y(0)$  との差分  $Y(\Delta\omega) - Y(0)$  を示しており、 $Y(0) = 0$  であることから  $Y(\Delta\omega) - Y(0) = Y(\Delta\omega)$  となる。したがって、[ 数 3 ] の「  $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$  」は、画像の中心部分に対して画像の周辺部分にどの程度の歪曲 ( ディストーション ) を生じさせるかを表す。

20

## 【 0 0 2 8 】

ここで、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$  を歪曲指数  $Q$  とし、 $Q$  の値が「 1 . 0 」、「 0 . 7 」、「 0 . 5 」、「 0 . 3 」となるように撮像光学系 20 を設計した場合に、それぞれの撮像光学系で得られた画像に現れる歪曲の度合を評価する。評価に際しては、図 5 ( A ) に示すように、半径が「  $r$  」、「  $2r$  」、「  $3r$  」、「  $4r$  」、「  $5r$  」の複数の円 ( 同心円 ) 30 a ~ 30 e を、その中心が光軸  $X_p$  に一致するように物体面 12 に設定し、これらの同心円をそれぞれの撮像光学系 20 を通して撮像する。そして、撮像で得られた画像の周辺部分における同心円相互の間隔がどのように変化しているかに基づいて画像の周辺部分の歪曲の程度を評価する。

30

## 【 0 0 2 9 】

図 5 ( B ) は、 $Q = 1 . 0$  となるように設計した撮像光学系 20 で撮像したときの画像を示している。この画像が示すように、被写体 12 に設けた複数の円 30 a ~ 30 e の間隔と同様、画像上における各円の間隔は距離  $r$  である。このように、画像の中心部分における円の間隔と、画像の周辺部分における円の間隔とが同じであるということは、画像の周辺部分にディストーションが生じていないことを表している。したがって、このような撮像光学系 20 を組み込んだカプセル型内視鏡 10 で被検者の体内を撮像すれば、画像の周辺部分に写し出される画像にもほとんど歪曲が現れることがなく、病変部の視認が容易になる。

## 【 0 0 3 0 】

図 5 ( C ) の画像は、 $Q = 0 . 7$  となるように設計した撮像光学系 20 で撮像したときの画像を示している。この画像が示すように、画像の中心部分の円の間隔は  $r$  よりもわずかに大きく、また画像の周辺部分における円の間隔は  $r$  よりもわずかに小さくなっている。ただし、その差はわずかであるため画像としては中心部分と周辺部分とで大きな歪みとして観察されることはなく、この撮像光学系 20 を用いた場合でも画像診断の上では実用的には満足できる範囲内のものと言うことができる。

40

## 【 0 0 3 1 】

図 5 ( D ) の画像は、 $Q = 0 . 5$  で設計した撮像光学系 20 で撮像したときの画像を示している。この画像からは、円の間隔が中心部分では広く、周辺部分では狭いことが容易に観察できる。この傾向は広画角の撮像光学系がもつ一般的な特徴であるが、この程度ま

50

で歪曲が現れると医療診断用の画像としては適切でなく、特に画像の周辺部分では病変部があっても見落とされる可能性も高まる。さらに、 $Q = 0.3$ の撮像光学系で撮像した画像を図5(E)に示す。この画像では、画像の中心部分での円の間隔が広く、周辺部分では狭くなっていることが顕著に観察され、医療診断には適していないことが明らかで実用にはならない。

#### 【0032】

以上から、最大画角( $2 \max$ )が $120^\circ$ 以上、 $135^\circ$ 以上のいずれであっても、歪曲指数 $Q$ の値、すなわち $(Y(+)-Y(-))/Y(0)$ の値が $0.7$ を越えるように撮像光学系を設計すれば、画像の周辺部分におけるディストーションを実用上問題にならない程度まで抑えられることがわかる。このようにディストーションを抑えておけば、画像の周辺部分であっても病変部の見落としを確実に防ぐことができ、画像診断の信頼性を高めることが可能となる。なお、歪曲指数 $Q$ の値としては、 $0.7$ より大きく $1.3$ よりも小さいことが望ましく、 $0.8 < Q < 1.2$ の範囲にすることがより好ましい。

10

#### 【0033】

また、撮像光学系20を第1～第5レンズの5枚で構成しておくことにより、中心部分と周辺部分を含む物体面12の全体が撮像光学系20の被写界深度内に収められる。したがって、中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像が得られ、また画像の周辺部分におけるディストーションもほとんど問題にならない。なお、このような撮像光学系20は、必ずしも5枚構成に限られず、第1～第4レンズの4枚で構成した場合でもほぼ同様の効果を得ることが可能である。さらに本発明の撮像光学系は、体腔内に飲み込まれた後に、外部からの制御信号に応じて体腔内の位置や撮影の姿勢を制御できるようにしたカプセル型内視鏡用の撮像光学系にも用いることができる。

20

#### 【実施例】

#### 【0034】

カプセル型内視鏡に搭載した撮像光学系について、以下の実施例1～15及び比較例1～6において具体的な数値を示すことによって、本発明を更に詳細に説明する。

#### 【0035】

#### [実施例1]

図6に示すように、実施例1の撮像光学系20は5枚の第1～第5レンズ $L_1 \sim L_5$ と開口絞り $S_6$ とを備え、カプセル13内において、凹状半球面の物体面12側から、第1レンズ $L_1$ 、開口絞り $S_6$ 、第2レンズ $L_2$ 、第3レンズ $L_3$ 、第4レンズ $L_4$ 、第5レンズ $L_5$ の順に配置されている。第3レンズ $L_3$ と第4レンズ $L_4$ とは貼り合わせレンズとなっている。

30

#### 【0036】

物体面を $S_1$ とし、透明カバー23も含めた上で像面側に向かって面番号 $S_i$ を付して撮像光学系20の各面を表すと、透明カバー23の表面が $S_2$ 、その裏面が $S_3$ となる。以後、第1レンズ $L_1 \sim$ 第5レンズ $L_5$ の表裏面、カバーガラス21の裏面 $S_{15}$ まで順に面番号 $S_i$ を割り当てる。なお、第3レンズ $L_3$ の裏面と第4レンズ $L_4$ の表面とは接合面 $S_{10}$ で共通となり、カバーガラス21の裏面 $S_{15}$ は撮像素子14の撮像面と一致する。また、撮像光学系20の光軸方向に対する面 $S_i$ と面 $S_{i+1}$ との間隔(面間隔)は、 $D_i$ として表され、面 $S_1$ と面 $S_2$ との面間隔は $D_1$ 、面 $S_2$ と面 $S_3$ との面間隔は $D_2$ 、そして面 $S_{14}$ と面 $S_{15}$ との面間隔 $D_{14}$ まで同様に表される。

40

#### 【0037】

撮像光学系20は、以下の表1に示すレンズデータに基づいて設計される。

#### 【0038】

【表 1】

f = 1.0	Fno = 1.4	2 $\omega$ max = 120°		
面	曲率半径	面間隔	N <sub>d</sub>	$\nu_d$
OBJ	37.3880	24.3625		
2	13.0255	1.9297	1.57500	32.2
3	11.0958	9.8032		
4*	4.5962	1.2061	1.53039	55.2
5*	0.7626	1.8407		
絞り	$\infty$	0.6628		
7*	29.9508	1.9689	1.53039	55.2
8*	-2.0294	0.2413		
9	-29.3124	0.7236	1.92286	18.9
10	4.8243	3.7077	1.72916	54.7
11	-5.0041	0.2412		
12*	4.2899	2.4120	1.53039	55.2
13*	-2.6662	0.4704		
14	$\infty$	1.3146	1.55920	53.9
15	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

表 1 において、「OBJ」は凹状半球面の物体面 12 を、「絞り」は開口絞り S6 を、「IMG」は撮像素子 14 の撮像面を、「曲率半径」は各面 S<sub>i</sub> の曲率半径 (mm) を、「面間隔」は各面間隔 D<sub>i</sub> (mm) を、「N<sub>d</sub>」は d 線 (波長 587.6 nm) に対する屈折率を、「 $\nu_d$ 」はアッペ数を、「f」は撮像光学系 20 全体としての焦点距離を、「Fno」は撮像光学系 20 の F 値 F を、「2 max」は最大画角を表している。

20

## 【0039】

また、表 1 の面番号欄に \* で示すように、第 1 レンズの両面 S4, S5、第 2 レンズの両面 S7, S8、第 5 レンズの両面 S12, S13 は非球面となっている。これら非球面形状は、曲率 (近軸曲率半径 R の逆数) c、円錐定数 K、光軸からの距離 ( $\rho^2 = x^2 + y^2$ )、i 次の非球面次数を用いて、以下の [数 4] の式で数値的に表される。面 S4、S5、S7、S8、S12、S13 の円錐定数 K 及び非球面定数 A<sub>i</sub> を表 2 に示す。なお、後述する実施例 2 ~ 15 においても、レンズデータの表記や、非球面の形状を決める [数 4] の式は共通に用いられる。

30

## 【0040】

## 【数 4】

$$z = \frac{c\rho^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2\rho^2}} + \sum_i A_i \rho^i \quad (\rho^2 = x^2 + y^2)$$

## 【0041】

40

【表 2】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	
4	-1.0000	-3.1911E-02	-1.3237E-02	2.6667E-03	1.0090E-03	1.6604E-04	-4.8482E-06	
5	-1.0000	-7.2213E-01	1.0601E+00	-3.2718E-01	-4.1593E-01	-3.5206E-02	2.3279E-01	
7	-1.0000	6.5178E-03	-6.7047E-05	-5.3129E-02	6.9474E-03	3.5489E-02	-8.0267E-05	
8	-1.0000	-3.8364E-03	1.5483E-02	-1.0465E-02	1.2919E-03	-7.6095E-03	2.6037E-03	
12	-1.0000	-3.5805E-02	4.6875E-02	-1.4934E-02	-8.0459E-04	7.4194E-04	1.4060E-04	
13	-1.0000	7.1495E-02	1.7164E-03	-8.3989E-04	-1.0037E-03	-4.0258E-04	-9.5516E-05	
面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>	10
4	-1.4417E-05	-5.8184E-06	-1.5724E-06	-1.6519E-07	7.8017E-08	5.7448E-08	1.9743E-08	
5	1.6234E-01	-5.0788E-02	-1.4257E-01	5.1202E-02	1.3674E-02	-5.5570E-03	-5.0334E-05	
7	-1.2559E-02	-8.5493E-03	5.9519E-04	1.6546E-02	-1.0997E-02	1.7577E-03	1.2639E-04	
8	1.1487E-03	8.7078E-04	2.4020E-05	-8.3396E-04	-1.2885E-04	2.9420E-04	-2.4577E-05	
12	-9.2904E-06	-9.8806E-06	-3.2675E-06	-7.1004E-07	-3.9997E-08	3.3395E-08	2.5653E-08	
13	1.9474E-05	3.7285E-05	6.2802E-07	3.3755E-07	-1.8678E-07	-1.3249E-07	-4.0694E-08	
面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>			20
4	1.3443E-09	-2.2787E-09	-4.9358E-10	1.4347E-10	1.6018E-13			
5	1.6869E-17	6.9935E-19	-9.2841E-17	-5.1143E-16	-2.1203E-17			
7	-1.4320E-07	4.9356E-09	3.4281E-17	9.1722E-19	3.8025E-20			
8	-1.2654E-05	-1.4738E-07	4.9787E-10	1.2020E-21	5.8918E-20			
12	1.1006E-08	3.1808E-09	-4.5905E-10	-3.1571E-10	-1.5121E-11			
13	-8.1148E-09	1.3025E-09	2.9595E-09	-1.6047E-10	-9.2263E-11			

【0042】

図7は、この撮像光学系20により、透明カバー23及び撮像素子前面のカバーガラス21を通して物体面12を撮像面に結像させたときの球面収差、非点収差、倍率色収差を示している。球面収差はd線（波長587.6nm）のものを実線で、F線（波長486.13nm）のものを第1破線で、C線（波長656.27nm）のものを、各線の長さが第1破線よりも大きい第2破線で示している。また、非点収差はサジタル方向のものを実線で、タンジェンシャル方向のものを第1破線で示している。また、倍率色収差は、F線（波長486.13nm）のものを第1破線で、C線（波長656.27nm）のものを、各線の長さが第1破線よりも大きい第2破線で示している。なお、透明カバー23及びカバーガラス21を通して物体面12を撮像面に結像させること、そのときの球面収差、非点収差、倍率色収差を同様に表記することは、後述する実施例2～15においても共通である。

【0043】

実施例1の撮像光学系20では、Zrは-0.001であり、Zpは0.020である。したがって、最大画角2maxが120°であるこの撮像光学系20は、Zr/Zpが[数2]はもとより[数1]の範囲内でもあるから、像面湾曲が十分に補正されるとともに、中心部分と周辺部分とを含む物体面12の全体が撮像光学系20の被写界深度内に収められる。これにより、画像の中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像が写し出され、画像の周辺部分に病変部があったとしても、病変部を確実に発見することができる。

【0044】

図8に示すように、(Y(+)-Y(-))/Y(0)は、半画角の全範囲で0.7よりも大きくなっている。したがって、この撮像光学系20は[数3]式を満たし、画像の周辺部分におけるディストーションを抑えることができる。したがって、画像の周辺部分に病変部が写し出されたとしても、病変部は見落としする程歪曲しないため、病変部を確実に発見することができる。

【0045】

【実施例2】

図9に示すように、実施例2の撮像光学系30は4枚の第1～第4レンズL1～L4と

開口絞り S 8 とを備え、カプセル 1 3 内において、凹状半球面の物体面 1 2 側から、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、開口絞り S 8、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4 の順に配置されている。この撮像光学系 3 0 は、以下の [ 表 3 ] に示すレンズデータとなっている。

【 0 0 4 6 】

【 表 3 】

f = 1.0	Fno = 2.0	$2\omega_{\max} = 130^\circ$			
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$	
OBJ	39.5606	25.7782			
2	13.7824	2.0418	1.57500	32.2	10
3	11.7406	12.1829			
4*	5.0795	0.7657	1.59988	61.1	
5*	1.6044	3.4900			
6*	-3.3222	2.4804	1.62959	35.4	
7*	-2.7823	1.8455			
絞り	$\infty$	0.3889			
9*	5.1694	1.4993	1.49231	65.3	
10*	-4.1621	0.9778			
11*	5.9761	0.9368	1.62896	60.0	
12*	-3.3789	0.4856			
13	$\infty$	1.3910	1.55920	53.9	20
14	$\infty$	0.0000			
IMG	$\infty$				

表 3 の面番号欄に \* で示すように、第 1 レンズの両面 S 4 , S 5、第 2 レンズの両面 S 6 , S 7、第 3 レンズの両面 S 9 , S 1 0、第 4 レンズの両面 S 1 1 , S 1 2 は非球面となっている。これら面 S 4 , S 5 , S 6 , S 7 , S 9 , S 1 0 , S 1 1 , S 1 2 の円錐定数 K 及び非球面定数  $A_i$  を表 4 に示す。

【 0 0 4 7 】

【表 4】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	-2.0501E-02	6.4026E-04	5.6140E-05	1.7422E-06	6.7475E-08	3.6954E-10
5	-1.0000	-4.3069E-02	5.6383E-04	1.5408E-05	2.9559E-06	7.2531E-07	1.7534E-07
6	-1.0000	1.6453E-03	-1.4624E-03	-8.5712E-07	4.7656E-08	2.7950E-07	2.6414E-07
7	-1.0000	1.3316E-02	-1.4576E-03	3.8609E-06	7.3642E-06	1.7963E-06	4.2105E-07
9	-1.0000	3.1361E-03	-1.8619E-02	2.5537E-02	-2.7382E-03	-5.2721E-04	-1.5154E-02
10	-1.0000	-5.7329E-02	1.6786E-02	2.4299E-02	5.4677E-02	-2.1719E-01	1.7186E-01
11	-1.0000	-1.3975E-02	-1.9713E-03	-2.5743E-04	3.2253E-04	3.1503E-04	1.7658E-04
12	-1.0000	6.4008E-02	3.8239E-03	1.0578E-03	2.4858E-04	2.4932E-05	-2.8668E-06

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	-5.4165E-10	-1.7096E-10	-4.4965E-11	-8.2587E-12	-1.3975E-12	-2.3366E-13	-1.6504E-14
5	4.3091E-08	1.1113E-08	2.9617E-09	7.9249E-10	2.0786E-10	5.2447E-11	1.2383E-11
6	1.4935E-07	7.5671E-08	3.5467E-08	1.5719E-08	6.8059E-09	2.8850E-09	1.2116E-09
7	1.2531E-07	4.1332E-08	1.5972E-08	6.5313E-09	2.7188E-09	1.1161E-09	4.5007E-10
9	-1.6241E-02	9.3617E-03	7.1994E-03	-7.4710E-04	-3.2288E-06	-3.9856E-19	6.7351E-21
10	-3.4155E-03	1.3576E-02	-6.7705E-02	2.8537E-02	-1.2542E-04	-4.1614E-07	-8.9654E-20
11	1.2592E-04	1.0712E-04	-4.1601E-05	-2.0497E-04	-2.4984E-05	3.2249E-05	7.0371E-09
12	2.2412E-05	4.3447E-05	2.0654E-05	1.5589E-05	-2.5035E-07	-2.2463E-05	6.7575E-08

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	1.6164E-15	1.2950E-15	5.8032E-16	1.8130E-16	5.0782E-17
5	2.6242E-12	4.3402E-13	1.7618E-14	-2.8848E-14	-9.3040E-15
6	5.0839E-10	2.1381E-10	6.4088E-11	2.3582E-11	1.8866E-30
7	1.7812E-10	7.0028E-11	2.7138E-11	1.0078E-11	1.4585E-13
9	0.0000E+00	1.9589E-19	7.6750E-21	3.0071E-22	1.1782E-23
10	1.6664E-21	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0071E-22	1.1782E-23
11	2.8102E-21	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	1.1437E-20	-8.3818E-28	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

10

20

## 【0048】

図10に撮像光学系の球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。実施例2の撮像光学系30の最大画角は130°であり、 $Z_r$ は-0.005であり、 $Z_p$ は0.028である。したがって、 $Z_r/Z_p$ は-0.167で、[数2]はもとより[数1]の範囲内に収まっている。そのため、像面湾曲が十分に補正されるとともに、中心部分と周辺部分とを含む物体面12の全体が撮像光学系30の被写界深度内に収められる。これにより、画像の中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像が写し出され、画像の周辺部分に病変部があったとしても、病変部を確実に発見することができる。

30

## 【0049】

図11に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ は、半画角の全範囲で0.7よりも大きくなっている。したがって、撮像光学系30は[数3]式の範囲内であり、画像の周辺部分におけるディストーションを抑えることができる。したがって、画像の周辺部分に病変部が写し出されたとしても、病変部は見落とす程歪曲しないため、病変部を確実に発見することができる。

40

## 【0050】

## [実施例3]

図12に示すように、実施例3の撮像光学系40は5枚の第1～第5レンズL1～L5と開口絞りS6とを備え、カプセル13内において、凹状半球面の被写体12側から、第1レンズL1、開口絞りS6、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5の順に配置されている。この撮像光学系40のレンズデータは次の表5のとおりである。

## 【0051】

【表 5】

f = 1.0	Fno = 1.4	$2\omega_{\max} = 130^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	29.0646	18.3763		
2	10.6883	0.9376	1.58600	55.0
3	9.7507	9.0608		
4*	7.6427	0.9376	1.53039	55.2
5*	0.7890	1.0730		
絞り	$\infty$	0.1921		
7	5.8843	1.2083	1.72916	54.7
8	-2.3685	0.1875		
9	14.4343	0.5625	1.92286	18.9
10	3.1531	0.1875		
11	5.3173	1.4824	1.72916	54.7
12	-3.7807	0.1875		
13*	2.9814	1.7960	1.53039	55.2
14*	-1.6144	0.2585		
15	$\infty$	0.9376	1.55920	53.9
16	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

表 5 の面番号欄に \* で示すように、第 1 レンズ L 1 の両面 S 4 , S 5 、第 5 レンズ L 5 の両面 S 1 3 , S 1 4 は非球面となっている。これら面 S 4 , S 5 , S 1 3 , S 1 4 の円錐定数 K 及び非球面定数  $A_i$  を表 6 に示す。

20

【 0 0 5 2 】

【表 6】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	2.8635E-01	-1.3493E-01	-5.5162E-02	-4.7267E-03	7.8112E-03	5.4810E-03
5	-1.0000	1.3048E-01	1.2018E+00	-1.9042E+00	-3.8642E+00	7.2601E+00	6.0466E+00
13	-1.0000	2.6955E-02	3.1178E-02	-2.7344E-02	5.9775E-03	3.4712E-03	-3.7983E-04
14	-1.0000	3.4708E-01	5.3036E-02	-5.8731E-02	-3.0082E-02	-5.3533E-03	2.1681E-03
面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	2.1856E-03	4.3373E-04	-1.4517E-04	-2.2093E-04	-3.0188E-04	-2.2543E-04	2.2081E-04
5	-2.1930E+01	1.8094E+01	-1.9584E+00	-5.7833E+00	3.2192E+00	-4.4566E-01	-1.6772E-03
13	-7.2378E-04	-2.2372E-04	-1.9247E-05	4.7273E-05	2.9245E-05	1.0991E-05	-2.1717E-06
14	2.3301E-03	1.2452E-03	1.0549E-04	-5.5831E-05	-4.4047E-05	-8.4327E-05	1.5416E-06
面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$		
4	-2.4064E-05	3.2946E-06	-2.8705E-06	2.2033E-08	5.1511E-10		
5	7.3712E-16	3.9447E-17	9.1388E-11	4.0410E-12	2.1548E-13		
13	-2.8377E-06	-1.3897E-06	6.6916E-07	-1.6113E-08	-9.9746E-10		
14	8.9907E-06	2.3941E-06	-5.3968E-07	-1.1076E-08	-1.1041E-08		

30

40

【 0 0 5 3 】

図 1 3 は、同様にして撮像光学系 4 0 の球面収差、非点収差、倍率色収差を示すもので、 $Z_r$  は 0 . 0 0 3、 $Z_p$  は 0 . 0 3 6 である。したがって、最大画角  $2 \omega_{\max}$  が  $130^\circ$  のこの撮像光学系 4 0 の  $Z_r / Z_p$  の値は 0 . 0 8 1 となり、[ 数 2 ] の範囲はもとより [ 数 1 ] の範囲内でもある。そのため、像面湾曲が十分に補正されるとともに、被写体 1 2 の中心部分と周辺部分とを含む被写体 1 2 の全体が撮像レンズ 4 0 の被写界深度内に収められる。また、図 1 4 に示すように、 $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  は、半画角の領域のうちほとんどで 0 . 7 よりも大きく、ディストーションを抑えることができるから、画像の中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像が写し出され、画像の周辺部分に病变部があったとしても、病变部を確実に発見するこ

50

とができる。

【 0 0 5 4 】

[ 実施例 4 ]

実施例 4 の撮像光学系 5 0 は図 1 5 に示すとおりで、物体面 1 2 から順に、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、開口絞り S 8、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 と配置され、第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 とは貼り合わせレンズとなっている。これまでの実施例と同様に、表 7 にレンズデータ、表 8 に面番号欄に \* が付されたそれぞれの非球面のデータを示す。

【 0 0 5 5 】

【 表 7 】

面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	52.7239	33.3351		
2	19.3888	1.7008	1.58600	55.0
3	17.6880	17.0074		
4*	5.2946	1.5139	1.53159	55.4
5*	0.8891	2.0503		
6*	-5.9555	2.0397	1.63178	23.2
7*	-2.6434	0.1701		
絞り	$\infty$	1.7936		
9	36.1366	0.7325	1.84666	23.8
10	3.4022	2.9713	1.72916	54.7
11	-4.4544	0.1703		
12*	6.2668	2.0450	1.54378	55.7
13*	-2.5715	0.6555		
14	$\infty$	1.7008	1.55920	53.9
15	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

20

【 0 0 5 6 】

【 表 8 】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	-1.9923E-02	-4.6538E-03	6.6680E-04	1.7902E-04	2.1145E-05	-4.1897E-07
5	-1.0000	-4.5601E-01	4.1102E-01	-7.8056E-02	-7.8055E-02	-6.9739E-03	1.9975E-02
6	-1.0000	1.8433E-02	-5.1519E-02	3.8602E-03	1.0699E-02	4.0125E-03	-2.9932E-03
7	-1.0000	-1.4578E-02	3.2847E-02	-2.7181E-02	-2.6759E-03	3.1390E-03	2.2492E-03
12	-1.0000	-1.2298E-02	1.5591E-02	-3.7547E-03	-4.0691E-05	1.2236E-04	1.3086E-05
13	-1.0000	5.8994E-02	5.4660E-03	3.1128E-04	-2.8313E-04	-8.3211E-05	-1.3140E-05
面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	-9.0971E-07	-2.6137E-07	-4.7619E-08	-3.7807E-09	1.2921E-09	6.5989E-10	1.6005E-10
5	1.0245E-02	-2.2268E-03	-4.5038E-03	1.2009E-03	2.2592E-04	-6.8325E-05	-4.2745E-07
6	-5.0475E-03	1.1318E-03	1.1407E-03	-9.8276E-05	-1.2913E-04	2.0647E-05	1.0009E-06
7	1.2013E-04	1.0143E-04	-2.6607E-04	-3.5757E-04	1.9831E-04	-8.7066E-06	-3.7052E-07
12	-1.5159E-06	-9.8995E-07	-3.2232E-07	-2.8262E-08	7.9296E-10	6.6772E-09	2.3977E-09
13	-4.5317E-06	9.4782E-07	1.3032E-07	2.5212E-08	1.3574E-08	-2.3294E-08	8.1870E-09
面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$		
4	7.2856E-12	-9.4053E-12	-1.4375E-12	2.9615E-13	6.5820E-16		
5	1.1389E-11	2.8595E-21	-2.6919E-19	-1.0516E-18	-3.0915E-20		
6	-8.0772E-10	2.0205E-11	9.9243E-20	1.8830E-21	5.5361E-23		
7	-8.2954E-08	-4.9366E-10	1.4436E-12	-2.0632E-24	8.5817E-23		
12	-1.0292E-09	1.2059E-10	-3.6749E-12	-5.1734E-13	-1.1508E-14		
13	-2.7203E-09	4.2447E-10	8.4678E-12	-1.3572E-13	-1.3446E-13		

30

40

【 0 0 5 7 】

50

この撮像光学系 50 の最大画角は  $125^\circ$  で、その球面収差、非点収差、倍率色収差を図 16 に示す。  $Z_r$  は  $-0.005$ 、  $Z_p$  は  $0.018$  で、  $Z_r / Z_p$  は  $-0.279$  となるから、[数 2] の範囲を満たすだけでなく [数 1] の範囲をも満たしている。そのため、像面湾曲が十分に補正されるとともに、被写体 12 の中心部分と周辺部分とを含む被写体 12 の全体が撮像レンズ 50 の被写界深度内に収められる。これにより、画像の中心部分及び周辺部分ともにピントが合った鮮明な画像が写し出され、画像の周辺部分に病変部があったとしても、病変部を確実に発見することができる。また図 17 に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$  は、 $0.7$  よりも大きくなっている。したがって、撮像レンズ 50 は [数 3] 式の範囲内であり、画像の周辺部分におけるディストーションも良好に抑えられるようになる。

10

【0058】

[実施例 5]

実施例 5 の撮像光学系 60 の構成を図 18 に示す。上記実施例と同様に、表 9 にレンズデータ、表 10 に面番号 S4, S5, S11, S12 で用いられている非球面のデータ、図 19 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

【0059】

【表 9】

面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	29.0057	16.9570		
2	10.2579	1.4971	1.57500	32.2
3	8.7517	5.8627		
4*	21.0846	1.1291	1.53039	55.2
5*	1.2635	1.2642		
絞り	$\infty$	0.3829		
7	-21.3026	2.1301	1.80400	46.6
8	-3.0244	0.1873		
9	7.5453	1.4255	1.80400	46.6
10	-7.1995	0.1865		
11*	2.6921	1.5813	1.53039	55.2
12*	-4.0858	0.1806		
13	$\infty$	1.0199	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

20

30

【0060】

【表 1 0】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	1.1806E-03	6.0847E-04	1.1648E-04	1.1526E-05	-3.1849E-07	-5.5674E-07
5	-1.0000	3.0189E-02	2.9023E-02	-1.1704E-03	-1.1450E-04	3.8652E-03	4.5996E-03
11	-1.0000	6.2958E-03	-6.0490E-03	3.8647E-03	1.3835E-03	9.1107E-05	-1.2677E-04
12	-1.0000	4.0413E-02	1.1306E-02	2.8963E-03	1.6035E-03	9.4610E-04	4.0676E-04
面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	-1.9003E-07	-4.4059E-08	-6.2540E-09	3.8526E-10	6.0256E-10	1.8528E-10	1.0491E-11
5	3.2054E-03	1.5331E-03	4.4516E-04	-5.1892E-05	-2.0610E-04	-2.1831E-04	-1.9444E-04
11	-7.7351E-05	-2.3361E-05	-8.6265E-08	5.3226E-06	4.3320E-06	2.3286E-06	8.4037E-07
12	9.5714E-05	-3.5343E-05	-6.5696E-05	-5.5364E-05	-3.5172E-05	-1.7641E-05	-5.8258E-06
面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>		
4	-3.7667E-12	-6.3129E-13	-1.3027E-13	-2.5007E-15	3.8559E-15		
5	-3.3983E-05	-2.3424E-07	-1.2454E-07	0.0000E+00	3.9978E-20		
11	3.8252E-08	-2.8889E-07	-3.6116E-07	-1.7141E-08	0.0000E+00		
12	8.5904E-07	3.9596E-06	1.5778E-07	0.0000E+00	0.0000E+00		

10

## 【 0 0 6 1】

実施例 5 の撮像光学系 6 0 は最大画角が 1 7 0 ° であり、 Z r が - 0 . 0 1 8、 Z p が 0 . 2 0 2 である。そして、 Z r / Z p は - 0 . 0 8 8 となるから [ 数 2 ] はもとより [ 数 1 ] の範囲内でもある。また、図 2 0 に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$  は、0 . 7 よりも大きい。したがって、この撮像光学系 6 0 においても [ 数 3 ] の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面 1 2 の像を良好に被写界深度内に収めることができ、周辺部分も大きく歪ませることなく良好な結像が得られる。

20

## 【 0 0 6 2】

## [ 実施例 6 ]

実施例 6 の撮像光学系 7 0 の構成を図 2 1 に示す。上記実施例と同様に、表 1 1 にレンズデータ、表 1 2 に非球面のデータ、図 2 2 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

## 【 0 0 6 3】

## 【表 1 1】

f = 1.0	Fno = 2.0	2ωmax = 170°		
面	曲率半径	面間隔	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
OBJ	39.2626	25.3307		
2	13.9319	1.2665	1.57500	32.2
3	12.6654	12.6653		
4*	2.3143	0.7599	1.53039	55.2
5*	0.5932	2.0895		
6*	3.7646	1.8364	1.63178	23.2
7*	-2.8294	0.2100		
絞り	∞	0.4150		
9*	-4.2953	1.1591	1.54378	55.7
10*	-1.5655	0.2027		
11*	4.4560	1.0850	1.54378	55.7
12*	95.9486	0.3752		
13	∞	1.3805	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

30

40

## 【 0 0 6 4】

【表 1 2】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	-8.5871E-02	3.6445E-03	1.6849E-03	1.6308E-04	-2.0561E-06	-1.1407E-05
5	-1.0000	-2.4983E-01	1.3210E-01	-4.5289E-02	-2.1206E-02	-1.7203E-04	2.9919E-03
6	-1.0000	-5.7657E-02	1.2495E-01	-1.7895E-01	3.8306E-02	4.4622E-02	-4.6028E-03
7	-1.0000	-3.3529E-02	9.7090E-02	-5.4465E-02	-3.0452E-01	3.3397E-01	2.1034E-01
9	-1.0000	-2.7838E-02	2.9039E-02	-4.5048E-01	6.8552E-01	5.8352E-01	-3.0561E+00
10	-1.0000	-3.3155E-03	-8.1172E-02	-4.8750E-02	4.4822E-02	5.9125E-02	8.2984E-03
11	-1.0000	4.7961E-02	-1.4179E-01	7.9568E-03	6.7049E-02	-1.6987E-02	-1.5855E-02
12	-1.0000	3.2245E-03	1.5838E-01	-1.3194E-01	-3.4618E-02	2.5025E-02	9.9375E-03

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	-1.8690E-06	-2.1800E-07	1.0283E-08	1.9658E-08	5.3521E-09	1.2238E-09	2.2572E-10
5	1.5663E-03	6.2289E-04	5.3536E-05	-1.2433E-04	-1.0725E-04	-1.6269E-05	9.5627E-06
6	-1.4659E-02	-1.4456E-03	3.2012E-04	-9.3419E-04	1.9888E-03	8.0085E-05	-2.4483E-04
7	-2.5540E-01	-2.9877E-01	4.3697E-01	-1.6450E-01	1.0304E-02	3.2493E-03	1.2928E-05
9	3.5528E+00	-1.7717E+00	4.2167E-01	1.3244E-01	-1.7521E-01	1.4012E-02	-1.4045E-12
10	-4.6437E-02	-3.7424E-03	-2.0677E-03	5.1690E-03	7.3802E-03	-3.1672E-03	-5.5248E-06
11	5.6036E-03	4.9723E-03	-7.0489E-05	-4.5512E-03	6.8068E-04	1.1477E-03	-3.2732E-04
12	-1.0946E-04	-4.5074E-04	-7.6467E-04	-5.7872E-04	-3.4936E-04	3.4843E-04	2.0644E-05

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	-7.3024E-11	-2.8805E-11	-6.2984E-12	1.5460E-13	4.2817E-13
5	1.5117E-06	8.4478E-07	7.9212E-10	-1.9263E-15	-1.8374E-20
6	-1.0633E-05	-9.7077E-09	1.2517E-13	4.6920E-14	1.8045E-18
7	3.2298E-07	-3.3168E-12	-2.8899E-13	-1.0982E-14	-4.3186E-16
9	-1.7871E-10	-7.0560E-12	-2.7740E-13	-1.0951E-14	-4.3233E-16
10	-7.5648E-15	-7.0484E-12	-2.7852E-13	-1.0997E-14	-4.3233E-16
11	-1.8090E-07	5.6683E-11	-1.1790E-17	-4.6543E-19	-4.2827E-19
12	-2.0835E-05	1.5389E-11	-1.1790E-17	-4.6543E-19	-4.3366E-16

10

20

30

【 0 0 6 5 】

最大画角 170° のこの撮像光学系 70 では、 $Z_r$  が -0.015、 $Z_p$  が 0.186 であり、 $Z_r / Z_p$  は -0.080 となるから [数 2] はもとより [数 1] も満たしている。また、図 23 に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$  は、0.7 よりも大きい。したがって、この撮像光学系 70 においても [数 3] の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面 12 の像を良好に被写界深度内に収めることができ、周辺部分も大きく歪ませることなく良好な結像が得られる。

【 0 0 6 6 】

[ 実施例 7 ]

実施例 7 の撮像光学系 80 の構成を図 24 に示す。上記実施例と同様に、表 13 にレンズデータ、表 14 に非球面のデータ、図 25 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

【 0 0 6 7 】

【表 1 3】

f = 1.0	Fno = 2.0	2 $\omega$ max = 150°		
面	曲率半径	面間隔	N <sub>d</sub>	$\nu_d$
OBJ	31.0156	20.0101		
2	11.0055	1.0005	1.57500	32.2
3	10.0050	9.8197		
4*	7.1731	0.6003	1.63000	60.0
5*	1.5111	2.5494		
6*	1.9237	1.1366	1.62357	35.6
7*	-3.1228	0.0243		
絞り	$\infty$	0.2293		
9*	-0.8388	0.7189	1.63000	60.0
10*	-0.7951	0.2032		
11*	2.1379	0.6093	1.55906	62.7
12*	2.6310	0.3509		
13	$\infty$	1.0906	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

【 0 0 6 8】

【表 1 4】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	0.0000E+00	-1.6851E-03	0.0000E+00	-1.4277E-04	0.0000E+00	-6.6804E-06
5	-1.0000	0.0000E+00	6.6842E-03	0.0000E+00	6.1982E-04	0.0000E+00	-5.5435E-04
6	-1.0000	0.0000E+00	7.0290E-02	0.0000E+00	-2.1519E-01	0.0000E+00	4.8451E-01
7	-1.0000	0.0000E+00	-9.3884E-02	0.0000E+00	-2.1391E-01	0.0000E+00	5.5458E-01
9	-1.0000	0.0000E+00	-4.8665E-01	0.0000E+00	-3.5296E-01	0.0000E+00	1.4686E+00
10	-1.0000	0.0000E+00	-5.1686E-02	0.0000E+00	-1.0823E-01	0.0000E+00	6.7602E-02
11	-1.0000	0.0000E+00	-1.6545E-02	0.0000E+00	-2.4301E-02	0.0000E+00	2.1117E-03
12	-1.0000	0.0000E+00	-1.0026E-01	0.0000E+00	-7.6680E-03	0.0000E+00	-4.4835E-03

20

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	0.0000E+00	-5.9563E-08	0.0000E+00	7.1999E-08	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	0.0000E+00	4.1171E-05	0.0000E+00	-1.5114E-06	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	-5.5780E-01	0.0000E+00	1.6068E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	0.0000E+00	-4.5109E-01	0.0000E+00	9.4952E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	0.0000E+00	-7.3422E-01	0.0000E+00	5.4092E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
10	0.0000E+00	-2.6969E-01	0.0000E+00	3.2478E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
11	0.0000E+00	2.2571E-03	0.0000E+00	-1.7515E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	0.0000E+00	1.2691E-03	0.0000E+00	-2.2466E-04	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

30

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
11	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

40

【 0 0 6 9】

最大画角 150° のこの撮像光学系 80 では、 $Z_r$  が 0.010、 $Z_p$  が 0.075 であり、 $Z_r / Z_p$  は 0.128 となるから [数 1]、[数 2] の範囲内である。また、図 26 に示すように、 $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  は、0.7 よりも大きい。したがって、この撮像光学系 80 においても [数 3] の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面 12 の像を良好に被写界深度内に収めることができ、周辺

50

部分も大きく歪ませることなく良好な結像が得られる。

【 0 0 7 0 】

[ 実施例 8 ]

実施例 8 の撮像光学系 9 0 の構成を図 2 7 に示す。上記実施例と同様に、表 1 5 にレンズデータ、表 1 6 に非球面のデータ、図 2 8 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

【 0 0 7 1 】

【 表 1 5 】

面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$	
f = 1.0	Fno = 2.0	$2\omega_{max} = 170^\circ$			
OBJ	52.3393	33.7673			10
2	18.5720	1.6884	1.58600	55.0	
3	16.8836	16.8837			
4*	2.0691	1.0130	1.53039	55.2	
5*	0.7157	4.2191			
絞り	$\infty$	0.3312			
7*	5.9517	1.1875	1.63178	23.2	
8*	7.6999	0.4004			
9*	2.1836	2.0415	1.54378	55.7	
10*	-13.7488	0.3339			
11*	-15.8602	1.6064	1.54378	55.7	
12*	-1.4551	0.4670			20
13	$\infty$	1.8403	1.55920	53.9	
14	$\infty$	0.0000			
IMG	$\infty$				

【 0 0 7 2 】

【 表 1 6 】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	
4	-1.0000	-3.5700E-02	-3.1703E-03	-3.2383E-04	-4.8301E-05	-1.8810E-06	5.7872E-06	
5	-1.0000	-4.4213E-01	2.8306E-01	-7.1316E-02	-2.6700E-02	4.0634E-03	7.3417E-03	
7	-1.0000	-2.3697E-02	-1.7459E-01	6.7293E-01	-6.9440E-01	-3.9297E-01	8.4036E-01	30
8	-1.0000	1.9655E-03	-2.4355E-01	-1.7837E-02	5.0926E-01	-4.4819E-01	-8.2505E-02	
9	-1.0000	-6.2772E-02	3.1543E-02	-2.4815E-01	-1.0694E-01	6.2314E-01	-2.1044E-01	
10	-1.0000	-1.1759E-01	3.8284E-02	-3.0955E-02	-5.3022E-04	1.1277E-02	4.8678E-04	
11	-1.0000	5.1705E-02	-6.7555E-02	3.7561E-03	1.7082E-02	-2.6104E-03	-1.9276E-03	
12	-1.0000	2.6587E-01	3.9872E-02	-5.5335E-02	-1.0392E-02	4.7938E-03	1.6785E-03	
面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$	
4	3.0860E-06	1.1347E-06	1.5734E-07	-9.2745E-08	-6.6930E-08	1.4174E-08	-3.6178E-10	
5	1.9461E-03	-3.4371E-03	1.0520E-03	-1.5511E-04	3.3157E-05	-6.6938E-06	2.1328E-07	
7	5.9985E-02	-4.9133E-01	1.9195E-01	-1.4455E-02	3.3205E-04	1.1280E-05	-4.3752E-06	
8	2.4562E-01	-9.0588E-02	7.7982E-03	1.1247E-04	-7.9737E-05	7.4969E-05	2.3102E-07	
9	-5.0565E-01	4.8359E-01	-1.5089E-01	1.5231E-02	-9.7760E-04	3.7414E-04	-2.5098E-14	
10	-1.9928E-03	5.7040E-04	-3.6120E-04	-2.3859E-04	2.5806E-04	-5.1325E-05	5.8702E-07	40
11	6.3326E-04	3.9993E-04	9.4593E-06	-1.9412E-04	1.7265E-05	2.3622E-05	-4.6939E-06	
12	1.3692E-04	4.2750E-06	-3.9195E-05	-2.7301E-05	-1.3288E-05	7.5612E-06	5.7693E-07	
面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$			
4	4.9531E-10	-6.9814E-11	-1.4761E-11	1.7343E-12	6.5058E-14			
5	2.3416E-08	6.3586E-09	5.9754E-12	-1.0901E-17	2.8332E-20			
7	-1.4254E-07	-9.7621E-11	9.7661E-16	2.6648E-16	3.6479E-20			
8	4.3296E-09	-3.3337E-14	-2.1795E-15	-6.1172E-17	-1.8044E-18			
9	-2.3957E-12	-7.0940E-14	-2.0921E-15	-6.0998E-17	-1.8064E-18			
10	-1.2963E-12	-7.0879E-14	-2.1010E-15	-6.2229E-17	-1.8064E-18			
11	3.1130E-08	5.6029E-13	-2.8777E-15	-2.6338E-21	-1.8180E-21			
12	-3.0597E-07	-1.3901E-10	-6.8780E-15	-2.6338E-21	-1.8409E-18			

【 0 0 7 3 】

この撮像光学系 9 0 は最大画角が 1 7 0 ° で、 Z r が - 0 . 0 3 1、 Z p が 0 . 1 3 3 である。 Z r / Z p は - 0 . 2 3 5 となるから [ 数 2 ] および [ 数 1 ] の範囲内である。また、図 2 9 に示すように、 ( Y ( + ) - Y ( ) ) / Y ( ) は、 0 . 7 よりも大きい。したがって、この撮像光学系 8 0 においても [ 数 3 ] の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面 1 2 の像を良好に被写界深度内に収めることができ、周辺部分も大きく歪ませることなく良好な結像が得られる。

【 0 0 7 4 】

[ 実施例 9 ]

実施例 9 の撮像光学系 1 0 0 の構成を図 3 0 に示す。上記実施例と同様に、表 1 7 にレンズデータ、表 1 8 に非球面のデータ、図 3 1 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

10

【 0 0 7 5 】

【 表 1 7 】

f = 1.0 Fno = 1.4 2ωmax = 170°

面	曲率半径	面間隔	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
OBJ	35.6520	22.5413		
2	13.1108	1.1501	1.58600	55.0
3	11.9607	9.5059		
4*	-35.5208	1.1501	1.53039	55.2
5*	0.8801	0.7764		
絞り	∞	0.2300		
7	33.8004	2.2672	1.74320	49.3
8	-2.5557	0.2300		
9	8.6484	0.6900	1.92286	18.9
10	2.5557	2.3001	1.72916	54.7
11	-11.8213	0.2300		
12*	3.8788	2.3001	1.53039	55.2
13*	-1.3291	0.3245		
14	∞	1.1501	1.55920	53.9
15	∞	0.0000		
IMG	∞			

20

30

【 0 0 7 6 】

【 表 1 8 】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	5.5091E-02	-2.7558E-02	-2.1981E-03	4.7034E-04	4.6228E-04	2.6092E-04
5	-1.0000	-3.4084E-01	1.6403E+00	-2.0923E+00	-1.1442E+00	2.7202E+00	2.1544E+00
12	-1.0000	-1.2527E-02	2.7986E-02	-1.2837E-02	1.1054E-03	9.1051E-04	1.3628E-05
13	-1.0000	1.0704E-01	4.6420E-02	-8.9891E-03	-6.3406E-03	-1.1914E-03	2.5164E-04

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	1.1739E-04	3.7681E-05	4.8817E-06	-6.8767E-06	-1.0520E-05	-1.5643E-05	1.1646E-05
5	-3.8604E+00	1.3620E+00	-7.4332E-01	1.1473E-01	2.6608E-01	-1.3595E-02	-9.6052E-05
12	-7.9323E-05	-1.9703E-05	-9.1654E-07	3.5337E-06	1.6433E-06	5.3936E-07	-1.2937E-07
13	3.0147E-04	1.4918E-04	1.1106E-05	-7.8818E-06	-6.2716E-06	-2.5610E-06	-4.8456E-07

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	-1.7979E-06	-4.9008E-08	1.9276E-08	5.3897E-10	1.0622E-11
5	3.4414E-17	1.5014E-18	-8.6529E-15	-1.5707E-15	-6.8715E-17
12	-1.2455E-07	-5.0324E-08	2.1537E-08	-2.3263E-10	-1.9503E-11
13	1.5747E-07	1.1910E-07	7.2352E-09	-2.8018E-10	-2.2769E-10

40

【 0 0 7 7 】

この撮像光学系 9 0 は最大画角が 1 7 0 ° で、 Z r が 0 . 0 3 6、 Z p が 0 . 1 6 8

50

であり、 $Z_r / Z_p$ は0.215となるから[数2]はもとより[数1]の範囲内でもある。また、図32に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ は、0.7よりも大きい。したがって、この撮像光学系80においても[数3]の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面12の像を良好に被写界深度内に収めることができ、周辺部分も大きく歪ませることなく良好な結像が得られる。

【0078】

[実施例10]

実施例10の撮像光学系110の構成を図33に示す。上記実施例と同様に、表19にレンズデータ、表20に非球面のデータ、図34に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。

【0079】

【表19】

f = 1.0	Fno = 1.6	$2\omega_{\max} = 155^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	42.9914	27.1817		
2	15.8097	1.3868	1.58600	55.0
3	14.4229	13.8681		
4*	-271.3132	1.2463	1.53159	55.4
5*	1.2736	2.1234		
6	5.0379	0.8775	1.84666	23.8
7	-42.2078	0.3893		
絞り	$\infty$	0.5793		
9	-3.2395	0.7814	1.72916	54.7
10	-2.7196	0.1387		
11	10.3913	1.0834	1.72916	54.7
12	-8.5087	0.1387		
13*	4.0002	1.5744	1.54378	55.7
14*	-2.3765	0.4205		
15	$\infty$	1.3868	1.55920	53.9
16	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

20

30

【0080】

【表20】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	1.1845E-01	-2.6035E-02	-3.9981E-03	5.0211E-05	1.2748E-04	3.2446E-05
5	-1.0000	1.8659E-01	-1.0512E-01	5.6801E-02	-1.4380E-02	-1.4481E-02	-2.3922E-03
13	-1.0000	1.9628E-02	4.5078E-03	4.7745E-03	-4.8268E-03	-8.8612E-04	4.0639E-04
14	-1.0000	6.2929E-02	1.2675E-01	-4.8654E-02	-1.2880E-02	9.2601E-04	1.6500E-03
面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	4.9233E-06	2.4863E-07	-9.2028E-08	-5.0714E-08	-1.4201E-08	-2.7915E-09	-3.2091E-10
5	1.5344E-03	1.2218E-03	4.0802E-04	3.4527E-06	-7.6706E-05	-4.2800E-05	-8.2857E-07
13	2.6232E-04	4.8332E-05	-1.3376E-05	-1.1747E-05	-3.5147E-06	-1.6990E-07	3.0642E-07
14	6.0678E-04	7.0560E-05	-5.3653E-05	-3.9547E-05	-9.3269E-06	1.3794E-06	1.6722E-06
面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$		
4	2.8702E-11	3.8175E-11	1.0979E-11	1.3070E-12	-6.2270E-13		
5	5.1190E-06	6.7286E-09	2.6366E-11	3.1970E-12	1.3166E-13		
13	1.4844E-07	-2.6644E-08	2.4159E-11	1.1222E-15	0.0000E+00		
14	3.9199E-07	-1.5382E-07	-9.6897E-24	0.0000E+00	0.0000E+00		

40

【0081】

この撮像光学系110は最大画角が $155^\circ$ で、 $Z_r$ が-0.020、 $Z_p$ が0.0

50

69である。そして、 $Z_r / Z_p$ は-0.295となるから[数2]はもとより[数1]の範囲内でもある。また、図35に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ は、0.7よりも大きい。したがって、この撮像光学系80においても[数3]の条件が満たされ、中心部分及び周辺部分を含め、物体面12の像を良好に被写界深度内に収めることができ、ディストーションについても抑えることができ、良好な結像性能が得られる。

【0082】

[実施例11]

実施例11の撮像光学系120の構成を図36に示す。上記実施例と同様に、表21にレンズデータ、表22に非球面のデータ、図37に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。また、同様に $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ の値に基づくディストーションの程度を表すグラフを図38に示す。

10

【0083】

【表21】

f = 1.0	Fno = 1.4	$2\omega_{\max} = 160^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	28.2332	19.4022		
2	10.1884	1.4572	1.57500	32.2
3	7.8196	6.2476		
4*	-117.6982	0.3795	1.53039	55.2
5*	1.5604	0.9144		
6*	-3.3005	1.1967	1.53039	55.2
7*	-1.3610	0.0054		
絞り	$\infty$	1.1230		
9*	-4.3483	1.2890	1.53039	55.2
10*	-1.8179	0.1822		
11*	1.8940	1.5094	1.53039	55.2
12*	-4.3858	0.1714		
13	$\infty$	0.9927	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

20

30

【0084】

【表 2 2】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	6.4662E-03	-1.0823E-03	1.2994E-03	1.2777E-03	-8.3443E-04	-2.3103E-04
5	-1.0000	4.3222E-02	1.2853E-02	5.3203E-03	-5.3685E-03	-3.5806E-03	2.6181E-03
6	-1.0000	-5.0859E-03	-3.4693E-02	-1.3680E-02	-3.1221E-02	-4.7545E-03	-3.3105E-03
7	-1.0000	5.8988E-03	-1.7335E-02	1.1859E-02	-1.8205E-02	4.2313E-03	-2.8733E-04
9	-1.0000	2.1280E-02	4.9107E-03	2.8814E-02	-1.7732E-02	1.3438E-05	-1.4280E-03
10	-1.0000	-2.3316E-02	2.6397E-03	2.5619E-03	4.5554E-04	-3.3893E-04	-8.8711E-04
11	-1.0000	-2.7029E-02	5.8249E-03	2.6211E-04	-3.8849E-03	1.9742E-03	7.5091E-05
12	-1.0000	1.2528E-02	-4.9044E-03	2.6159E-03	-5.5300E-04	-7.6048E-04	7.9145E-05

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	1.5397E-04	1.5083E-06	1.3272E-08	3.5637E-10	1.9565E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
5	7.1885E-06	2.8852E-07	5.6322E-09	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
6	-6.5527E-06	-4.0152E-08	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
7	1.9037E-06	1.0417E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
9	3.4946E-04	4.5382E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
10	-5.6674E-04	1.5669E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
11	-6.1615E-04	7.6879E-05	3.0862E-07	3.1680E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14
12	4.1644E-04	1.1190E-04	4.3744E-08	3.1388E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
5	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
6	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
7	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
9	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
10	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
11	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
12	2.8521E-15	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20

## 【0085】

この最大画角 160° のこの撮像光学系 120 では、 $Z_r$  が 0.117、 $Z_p$  が 0.119 であり、 $Z_r / Z_p$  は 0.981 となって [数 1] の範囲外になる。しかし、撮像光学系 120 の最大画角 ( $2 \text{ max}$ ) は 135° 以上であるから、[数 2] の範囲内であれば物体面 12 の画像を中央部分、周辺部分とも被写界深度内に収めることができる。また、図 38 に示すように、 $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  は、0.7 よりも大きい。したがって、この撮像光学系 80 においても [数 3] の条件が満たされ、ディストーションについても問題ない程度まで抑えることが可能となる。

## 【0086】

## [実施例 12]

実施例 12 の撮像光学系 130 の構成を図 39 に示す。上記実施例と同様に、表 23 にレンズデータ、表 24 に非球面のデータ、図 40 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。また、同様に  $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  の値に基づくディストーションの程度を表すグラフを図 41 に示す。

## 【0087】

10

20

30

40

【表 2 3】

f = 1.0	Fno = 1.7	$2\omega_{\max} = 150^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	34.3542	22.1640		
2	12.1902	1.1082	1.58600	55.0
3	11.0820	11.0820		
4*	-142.3518	0.6649	1.63178	23.2
5*	0.9780	0.6649		
絞り	$\infty$	0.1108		
7*	2.6830	0.7776	1.63178	23.2
8*	2.1249	0.1108		
9*	0.7361	1.5045	1.49023	57.5
10*	-1.4812	0.1108		
11*	-2.1419	0.7758	1.63178	23.2
12*	-1.2326	0.3369		
13	$\infty$	1.2079	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

【 0 0 8 8】

【表 2 4】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	2.5557E-01	-7.9966E-02	1.0669E-01	-9.0104E-02	-1.0062E-01	-2.0955E-02
5	-1.0000	-7.5229E-01	4.9965E+00	-8.4921E+00	3.2770E+00	2.1598E+00	-1.5407E+00
7	-1.0000	2.4035E-01	-1.6417E+00	4.3919E+00	-4.3015E+00	-5.5651E+00	1.3940E+01
8	-1.0000	-2.6174E-01	-1.8006E-01	-1.2237E+00	5.1226E+00	-5.5367E+00	-2.0503E+00
9	-1.0000	-9.6486E-01	1.7197E+00	-1.9499E+00	-2.8688E+00	9.6102E+00	-2.8151E+00
10	-1.0000	-1.5172E-01	1.9389E-01	-1.8857E-01	9.4593E-02	1.7075E-01	-3.3295E-02
11	-1.0000	4.4724E-01	-3.6165E-01	-5.8004E-03	1.2899E-01	-3.5795E-02	-4.1157E-02
12	-1.0000	4.5402E-01	4.0102E-01	-4.3849E-01	-1.4621E-01	7.8715E-02	5.8889E-02

20

面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	3.4790E-02	4.0433E-02	1.5542E-02	-1.0541E-02	-1.7026E-02	3.2111E-03	2.0588E-03
5	6.4680E-01	2.7222E+00	-3.8597E+00	2.9405E-01	6.1719E-01	1.3215E-02	8.3660E-05
7	5.9263E-01	-2.0418E+01	1.6047E+01	-1.9003E+00	-1.4448E+00	2.6873E-03	-1.5880E-03
8	6.9866E+00	-3.8309E+00	6.5949E-01	-2.6596E-02	-5.8372E-02	2.9629E-02	8.3852E-05
9	-1.5372E+01	2.0573E+01	-1.0293E+01	1.8423E+00	6.0120E-02	-2.5181E-02	8.9775E-05
10	-9.7080E-02	1.7761E-02	-1.5813E-02	-1.4972E-02	4.7029E-02	-1.8587E-02	7.3900E-04
11	2.9275E-02	2.4140E-02	-7.6758E-04	-2.2347E-02	1.9912E-03	6.1478E-03	-1.7187E-03
12	1.3945E-02	-2.5645E-03	-8.0562E-03	-5.4726E-03	-1.4975E-03	3.3380E-03	-1.3232E-04

30

面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$
4	3.2114E-05	-3.5101E-08	-1.7829E-08	3.4054E-09	2.0020E-10
5	1.2917E-05	5.3212E-06	7.8094E-09	-6.0477E-15	7.7327E-16
7	-7.8824E-05	-8.2243E-08	1.6316E-12	5.3637E-13	7.9755E-16
8	2.3942E-06	-2.8086E-11	-2.7975E-12	-1.1963E-13	-4.6868E-15
9	-1.3247E-09	-5.9765E-11	-2.6853E-12	-1.1928E-13	-4.6928E-15
10	-5.6077E-14	-5.9713E-11	-2.6967E-12	-1.2169E-13	-5.3817E-15
11	4.4605E-05	4.8021E-10	-1.1415E-16	-5.1503E-18	-5.4162E-18
12	-2.1244E-04	-1.1737E-07	-1.1415E-16	-5.1503E-18	-5.4843E-15

40

【 0 0 8 9】

この撮像光学系 1 3 0 の最大画角は  $150^\circ$  で、 $Z_r$  が  $0.078$ 、 $Z_p$  が  $0.069$  であり、 $Z_r / Z_p$  は  $1.120$  となる。撮像光学系 1 3 0 の最大画角は  $135^\circ$  以上であるから、[数 2] を満たしていれば充分である。したがって、物体面 1 2 の画像を中央部分、周辺部分とも被写界深度内に収めることができる。また、図 4 1 に示すように、 $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  は、 $0.7$  よりも大きく、[数 3] の条

50

件を満たしているから、ディストーションについても問題ない程度まで抑えることができる。

【 0 0 9 0 】

[ 実施例 1 3 ]

実施例 1 3 の撮像光学系 1 4 0 の構成を図 4 2 に示す。上記実施例と同様に、表 2 5 にレンズデータ、表 2 6 に非球面のデータ、図 4 3 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。また、同様に  $(Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$  の値に基づくディストーションの程度を表すグラフを図 4 4 に示す。

【 0 0 9 1 】

【表 2 5】

面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	46.6412	29.4893		
2	17.1519	1.5046	1.58600	55.0
3	15.6474	15.0454		
4*	5.6650	1.3154	1.53039	55.2
5*	0.9640	1.9412		
6	-2.5360	1.2129	1.83481	42.7
7	-3.1101	0.3722		
絞り	$\infty$	0.1505		
9	4.8912	0.8689	1.84666	23.8
10	2.8994	1.6847	1.72916	54.7
11	-10.9280	0.8151		
12*	3.9733	2.5848	1.53039	55.2
13*	-1.6180	0.5921		
14	$\infty$	1.5046	1.55920	53.9
15	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

20

【 0 0 9 2 】

【表 2 6】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	2.4676E-02	-8.1846E-03	-7.7721E-04	-3.9881E-05	1.4596E-05	8.1674E-06
5	-1.0000	-4.4807E-01	6.1677E-01	-2.1560E-01	-1.8633E-01	1.0018E-01	8.1013E-02
12	-1.0000	-2.2403E-02	1.5209E-02	-3.2990E-03	-1.8254E-04	2.2860E-05	-2.9215E-05
13	-1.0000	7.7484E-02	8.8811E-03	-1.2276E-03	-4.5699E-04	-9.8416E-05	-7.8836E-05
面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	2.8924E-06	7.3839E-07	1.2637E-07	-1.4413E-08	-3.0817E-08	-3.1909E-08	1.4808E-08
5	-9.0741E-02	4.0095E-02	-9.4795E-03	1.7820E-04	3.5069E-04	-2.3948E-05	-2.0663E-07
12	1.1397E-07	4.9438E-06	-3.8706E-06	-1.8050E-06	1.4052E-07	-2.7694E-07	1.3671E-07
13	-2.8019E-05	-2.4746E-06	-1.0287E-06	6.2823E-08	-3.9567E-08	1.3990E-07	6.4277E-08
面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$		
4	-1.5122E-09	-5.6318E-11	8.5521E-12	3.5661E-13	-5.1576E-15		
5	8.0736E-11	1.0538E-21	-2.6589E-18	-2.9992E-19	-8.1304E-21		
12	-1.1583E-10	6.3221E-11	7.8895E-12	-5.3503E-14	-2.3142E-15		
13	-1.4935E-08	-6.0131E-12	2.0056E-12	-1.8060E-13	-2.7019E-14		

30

40

【 0 0 9 3 】

この撮像光学系 1 4 0 では、 $Z_r$  が - 0 . 0 3 6、 $Z_p$  が 0 . 0 3 4 であり、 $Z_r / Z_p$  は - 1 . 0 4 8 となる。撮像光学系 1 4 0 の最大画角 ( $2 \text{ max}$ ) は 1 4 0 ° であるから、[ 数 2 ] を満たしていればよい。したがって、物体面 1 2 の画像を中央部分、周辺部分とも被写界深度内に収めることができる。また、図 4 4 に示すように、 $(Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$  は、0 . 7 よりも大きく [ 数 3 ] の条件を満たして

50

いるから、周辺部分に生じやすいディストーションを問題ない程度まで抑えることができる。

【 0 0 9 4 】

[ 実施例 1 4 ]

実施例 1 4 の撮像光学系 1 5 0 の構成を図 4 5 に示す。上記実施例と同様に、表 2 7 にレンズデータ、表 2 8 に非球面のデータ、図 4 6 に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。また、同様に  $(Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$  の値に基づくディストーションの程度を表すグラフを図 4 7 に示す。

【 0 0 9 5 】

【 表 2 7 】

10

f = 1.0	Fno = 2.0	$2\omega_{\max} = 150^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	39.1116	24.7286		
2	14.3830	1.2617	1.58600	55.0
3	13.1213	12.6165		
4*	2.5983	0.7570	1.53039	55.2
5*	0.6700	1.7472		
6*	3.8888	1.4805	1.65112	20.8
7*	-4.2960	0.2581		
絞り	$\infty$	0.5254		
9*	-2.5149	0.9367	1.54378	55.7
10*	-1.4944	0.1713		
11*	3.0622	1.6348	1.54378	55.7
12*	-3.3309	0.3740		
13	$\infty$	1.2617	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

20

【 0 0 9 6 】

【表 2 8】

面	K	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
4	-1.0000	-7.0949E-02	2.6436E-03	1.1982E-03	1.0817E-04	-7.4701E-07	-6.1587E-06
5	-1.0000	-1.9524E-01	1.0890E-01	-3.1541E-02	-1.4199E-02	-5.0886E-04	1.4185E-03
6	-1.0000	-4.6955E-02	1.0027E-01	-1.2395E-01	2.6934E-02	2.7848E-02	-4.3172E-03
7	-1.0000	-2.8435E-02	1.0106E-01	-9.8759E-02	-1.4502E-01	1.6489E-01	1.1418E-01
9	-1.0000	-3.8830E-02	5.8665E-02	-3.3679E-01	4.0474E-01	3.4398E-01	-1.6802E+00
10	-1.0000	2.1049E-02	-9.8121E-02	-5.2708E-02	2.3560E-02	3.2595E-02	9.5777E-03
11	-1.0000	5.0913E-02	-1.1043E-01	6.2833E-03	4.4177E-02	-9.8649E-03	-8.5029E-03
12	-1.0000	2.0349E-02	1.2216E-01	-9.1841E-02	-2.1712E-02	1.5465E-02	5.7070E-03

面	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	A <sub>15</sub>
4	-9.4155E-07	-9.8605E-08	4.1903E-09	7.0984E-09	1.8698E-09	2.0378E-10	6.9033E-11
5	6.6602E-04	2.4417E-04	1.1144E-06	-5.1744E-05	-3.5573E-05	2.4435E-07	3.8157E-06
6	-6.9136E-03	-2.1159E-03	3.3713E-04	-2.8675E-04	5.1859E-04	1.9055E-04	-7.4627E-05
7	-9.6373E-02	-1.7127E-01	1.9418E-01	-5.8590E-02	1.4298E-03	1.0553E-03	3.8930E-06
9	1.9344E+00	-1.0255E+00	2.9017E-01	4.2899E-02	-6.2657E-02	4.5990E-03	8.6106E-10
10	-1.9910E-02	3.1645E-04	1.2392E-03	2.9498E-03	1.8471E-03	-1.0435E-03	-1.6559E-06
11	2.9868E-03	2.3984E-03	5.4571E-06	-1.7626E-03	2.4514E-04	3.7410E-04	-1.0246E-04
12	4.9041E-05	-1.6938E-04	-3.2234E-04	-2.2391E-04	-1.2641E-04	1.1258E-04	5.0652E-06

面	A <sub>16</sub>	A <sub>17</sub>	A <sub>18</sub>	A <sub>19</sub>	A <sub>20</sub>
4	-2.2709E-11	-6.6762E-12	-2.8483E-12	1.4725E-13	2.6989E-13
5	3.9818E-07	2.1441E-07	1.8432E-10	-5.9132E-14	-3.6062E-21
6	-2.9403E-06	-2.4613E-09	3.6838E-14	-2.2143E-14	3.5417E-19
7	8.9134E-08	-7.7981E-11	-6.7323E-14	-2.3482E-15	-8.4759E-17
9	-4.9416E-11	-1.7909E-12	-6.4623E-14	-2.7919E-15	-1.0149E-16
10	-1.4093E-10	-1.7889E-12	-6.4884E-14	-2.3514E-15	-8.4851E-17
11	-6.2740E-08	1.1976E-11	-3.0546E-13	-7.0885E-14	9.3052E-16
12	-6.0662E-06	-1.0767E-09	2.8315E-13	-7.3306E-15	-2.7237E-15

10

20

## 【0097】

この撮像光学系150では、 $Z_r$ が-0.034、 $Z_p$ が0.060であり、 $Z_r / Z_p$ は-0.566となる。撮像光学系150の最大画角( $2 \text{ max}$ )は150°であるから、[数2]を満たしていれば充分である。したがって、物体面12の画像を中央部分、周辺部分とも被写界深度内に収めることができる。また、図47に示すように、 $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ は、0.7よりも大きく[数3]の条件を満たしているから、周辺部分に生じやすいディストーションを問題ない程度まで抑えることができる。

30

## 【0098】

## [実施例15]

実施例15の撮像光学系160の構成を図48に示す。上記実施例と同様に、表29にレンズデータ、表30に非球面のデータ、図49に球面収差、非点収差、倍率色収差を示す。また、同様に $(Y(+)-Y(-))/Y(+)$ の値に基づくディストーションの程度を表すグラフを図50に示す。

40

## 【0099】

【表 2 9】

f = 1.0	Fno = 1.4	$2\omega_{\max} = 170^\circ$		
面	曲率半径	面間隔	$N_d$	$\nu_d$
OBJ	29.0057	16.9570		
2	10.2579	1.4971	1.57500	32.2
3	8.7517	5.8627		
4*	21.0846	1.1291	1.53039	55.2
5*	1.2635	1.2642		
絞り	$\infty$	0.3829		
7	-21.3026	2.1301	1.80400	46.6
8	-3.0244	0.1873		
9	7.5453	1.4255	1.80400	46.6
10	-7.1995	0.1865		
11*	2.6921	1.5813	1.53039	55.2
12*	-4.0858	0.1806		
13	$\infty$	1.0199	1.55920	53.9
14	$\infty$	0.0000		
IMG	$\infty$			

10

【 0 1 0 0 】

【表 3 0】

面	K	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
4	-1.0000	1.1806E-03	6.0847E-04	1.1648E-04	1.1526E-05	-3.1849E-07	-5.5674E-07
5	-1.0000	3.0189E-02	2.9023E-02	-1.1704E-03	-1.1450E-04	3.8652E-03	4.5996E-03
11	-1.0000	6.2958E-03	-6.0490E-03	3.8647E-03	1.3835E-03	9.1107E-05	-1.2677E-04
12	-1.0000	4.0413E-02	1.1306E-02	2.8963E-03	1.6035E-03	9.4610E-04	4.0676E-04

20

面	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$
4	-1.9003E-07	-4.4059E-08	-6.2540E-09	3.8526E-10	6.0256E-10	1.8528E-10	1.0491E-11
5	3.2054E-03	1.5331E-03	4.4516E-04	-5.1892E-05	-2.0610E-04	-2.1831E-04	-1.9444E-04
11	-7.7351E-05	-2.3361E-05	-8.6265E-08	5.3226E-06	4.3320E-06	2.3286E-06	8.4037E-07
12	9.5714E-05	-3.5343E-05	-6.5696E-05	-5.5364E-05	-3.5172E-05	-1.7641E-05	-5.8258E-06

30

面	$A_{16}$	$A_{17}$	$A_{18}$	$A_{19}$	$A_{20}$
4	-3.7667E-12	-6.3129E-13	-1.3027E-13	-2.5007E-15	3.8559E-15
5	-3.3983E-05	-2.3424E-07	-1.2454E-07	0.0000E+00	3.9978E-20
11	3.8252E-08	-2.8889E-07	-3.6116E-07	-1.7141E-08	0.0000E+00
12	8.5904E-07	3.9596E-06	1.5778E-07	0.0000E+00	0.0000E+00

【 0 1 0 1 】

この撮像光学系 1 6 0 では、 $Z_r$  が - 0 . 0 1 8、 $Z_p$  が 0 . 2 0 2 であり、 $Z_r / Z_p$  は - 0 . 0 8 8 となる。撮像光学系 1 6 0 の最大画角 ( $2 \omega_{\max}$ ) は  $170^\circ$  であるが、[数 1] 及び [数 2] のいずれをも満たしている。したがって、物体面 1 2 の画像を中央部分、周辺部分とも被写界深度内に収めることができる。また、図 5 0 に示すように、 $(Y(+)) - Y(-) / Y(+)$  は、0 . 7 よりも大きく [数 3] の条件を満たしているから、周辺部分に生じやすいディストーションを問題ない程度まで抑えることができる。

40

【 0 1 0 2 】

[ 比較例 1 ]

特許文献 2 の「添付光学系データ 1」に示される撮像光学系で、光学的なパワーを持たない透明カバーを通して、撮像レンズの入射瞳位置を中心とした球面状の物体面を撮像すると、 $Z_r$  は - 0 . 1 0 9 となり、 $Z_p$  は 0 . 0 1 6 となる。したがって、この撮像光学系では最大画角が  $120^\circ$  未満であるにもかかわらず、 $Z_r / Z_p$  は - 6 . 6 8 3 となって [数 1] の範囲外となる。そのため、 $2 \omega_{\max}$  の光束に対する実像面位置が、 $\omega_{\max}$  の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれてしまい、撮像により得ら

50

れる画像の一部が被写界深度外となって良好な結像を得ることができない。

【0103】

[比較例2]

同様に、特許文献2の「添付光学系データ2」に示される撮像光学系で、光学的なパワーを持たない透明カバーを通して、撮像レンズの入射瞳位置を中心とした球面状の物体面を撮像すると、 $Z_r$ は-0.010、 $Z_p$ は0.017となる。したがって、最大画角が $120^\circ$ 未満であるのに $Z_r / Z_p$ は-0.594となって、やはり[数1]の範囲外となる。そのため、 $2_{max}$ の光束に対する実像面位置が、 $max$ の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれてしまい、撮像により得られる画像の一部が被写界深度外となって良好な結像を得ることができない。

10

【0104】

[比較例3]

同様に、特許文献2の「添付光学系データ3」に示される撮像光学系で、光学的なパワーを持たない透明カバーを通して、撮像レンズの入射瞳位置を中心とした球面状の物体面を撮像すると、 $Z_r$ は-0.158、 $Z_p$ は0.015となる。したがって、最大画角が $120^\circ$ 未満であるのに $Z_r / Z_p$ は-10.849となって[数1]の範囲外である。そのため、 $2_{max}$ の光束に対する実像面位置が、 $max$ の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれてしまい、撮像により得られる画像の一部が被写界深度外となって良好な結像を得ることができない。

20

【0105】

[比較例4]

同様にして特許文献2の「添付光学系データ4」に示される撮像光学系を用いた場合でも、 $Z_r$ は-0.024、 $Z_p$ は0.035であり、 $Z_r / Z_p$ は-0.687となる。最大画角が $120^\circ$ 未満であっても[数1]の範囲外になり、 $2_{max}$ の光束に対する実像面位置が、 $max$ の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれてしまう。この結果、画像の一部が被写界深度外となって良好な結像を得ることができない。

【0106】

[比較例5]

特許文献3の「添付光学系データ1」に示される撮像光学系を同様にして用いた場合には、 $Z_r$ は-0.021、 $Z_p$ は0.031となるから、 $Z_r / Z_p$ は-0.691となる。やはり最大画角 $120^\circ$ 未満であるにもかかわらず[数1]の範囲外となり、 $2_{max}$ の光束に対する実像面位置が、 $max$ の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれ、良好な結像性能を得ることはできない。

30

【0107】

[比較例6]

特許文献3の「添付光学系データ2」に示される撮像光学系を用いた場合も同様で、 $Z_r$ は-0.024、 $Z_p$ は0.036となるから、最大画角が $120^\circ$ 未満であるにもかかわらず $Z_r / Z_p$ は-0.666となって[数1]の範囲外である。そのため、 $2_{max}$ の光束に対する実像面位置が、 $max$ の光束に対する実像面位置よりも物体側に大きくずれ、良好な結像性能を得ることはできない。

40

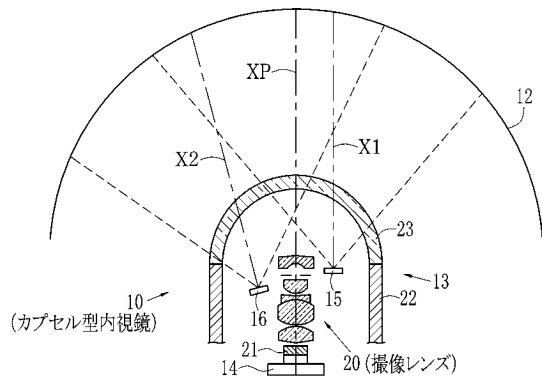
【符号の説明】

【0108】

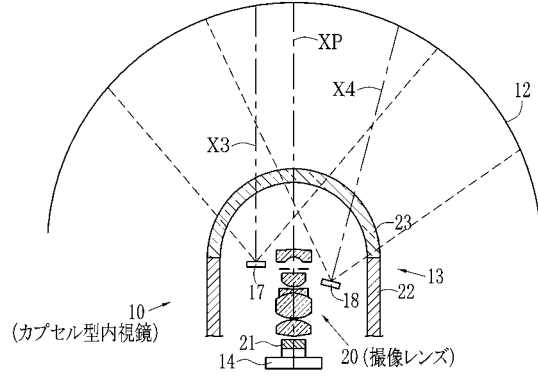
- 10 カプセル型内視鏡
- 20 撮像レンズ
- L1 第1レンズ
- L2 第2レンズ
- L3 第3レンズ
- L4 第4レンズ
- L5 第5レンズ

50

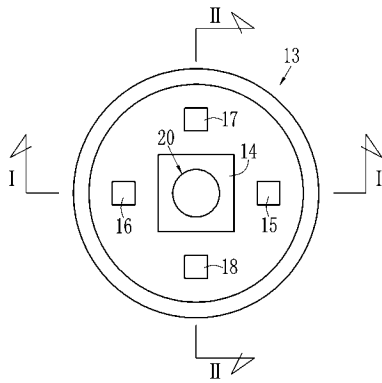
【 図 1 】



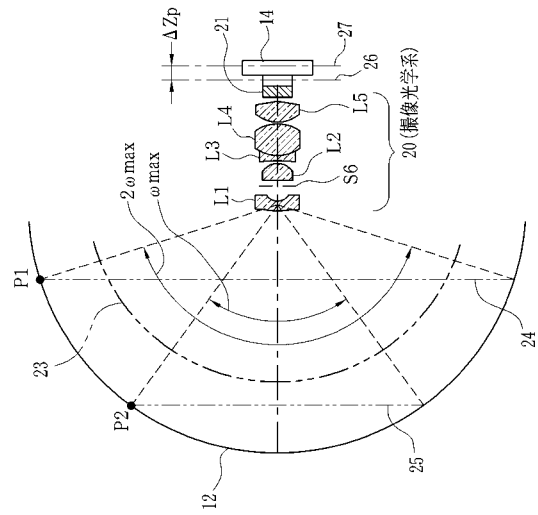
【 図 2 】



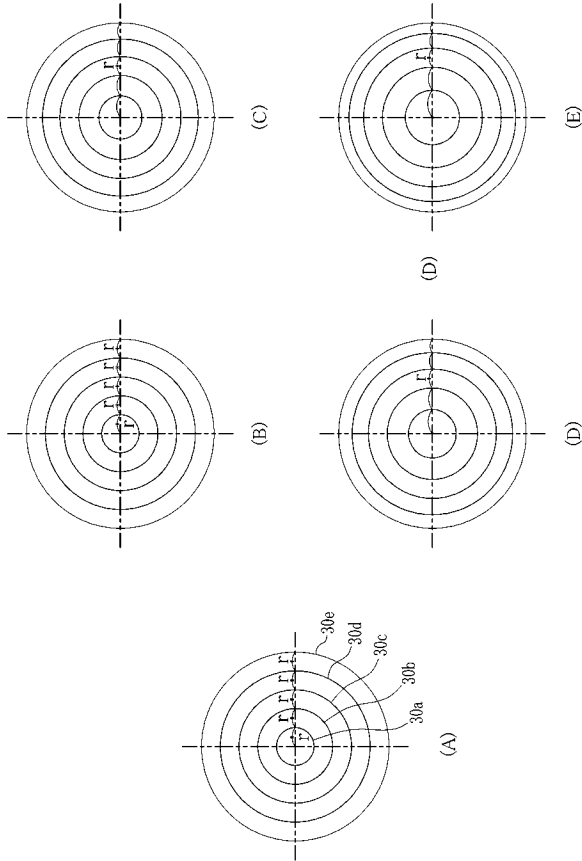
【 図 3 】



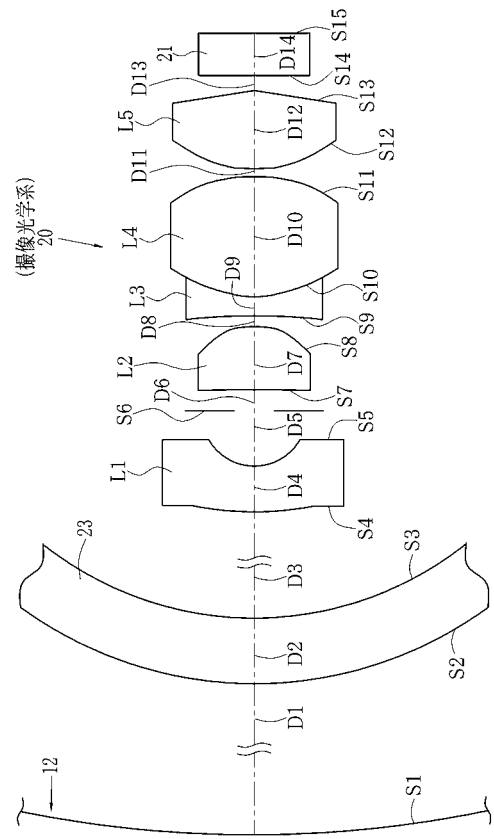
【 図 4 】



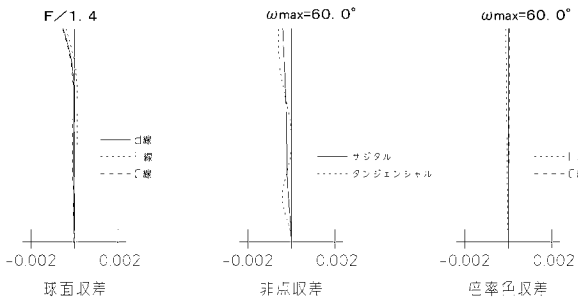
【図5】



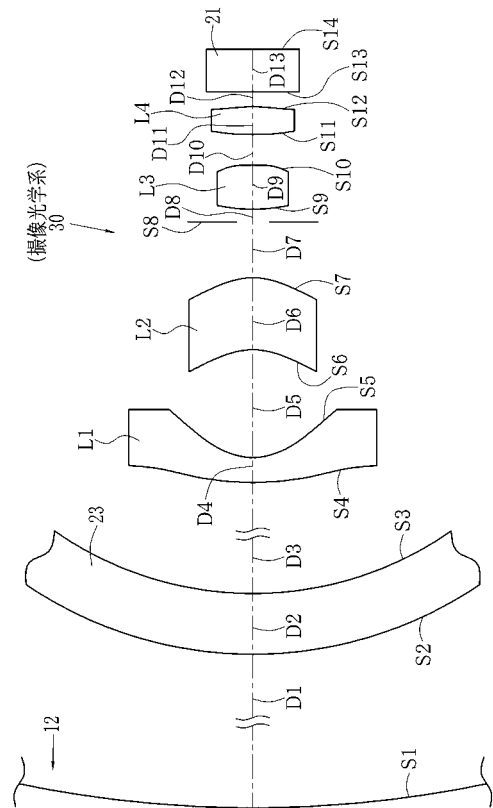
【図6】



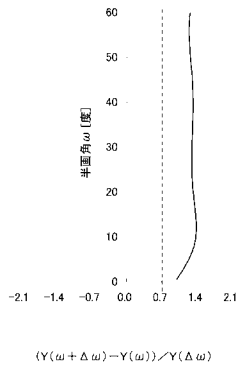
【図7】



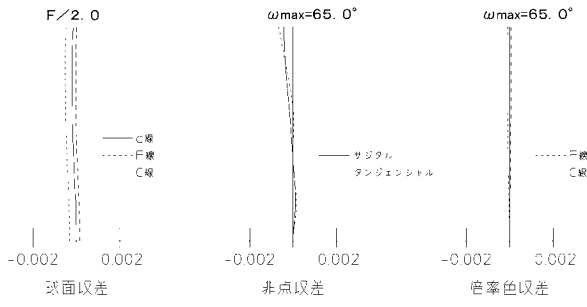
【図9】



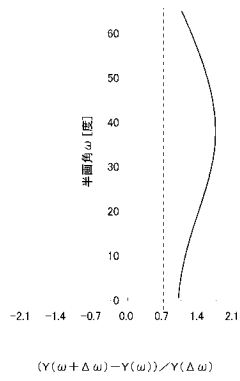
【図8】



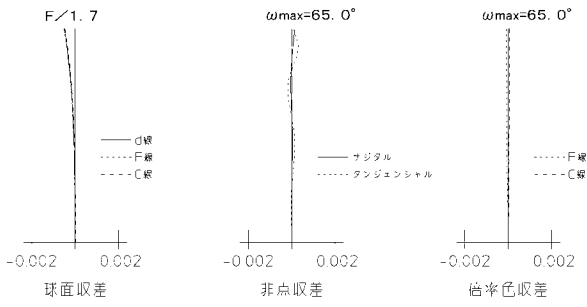
【図10】



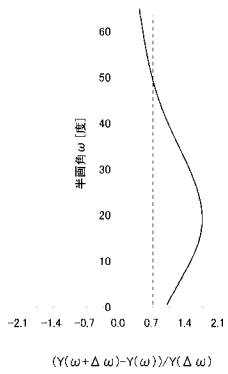
【図11】



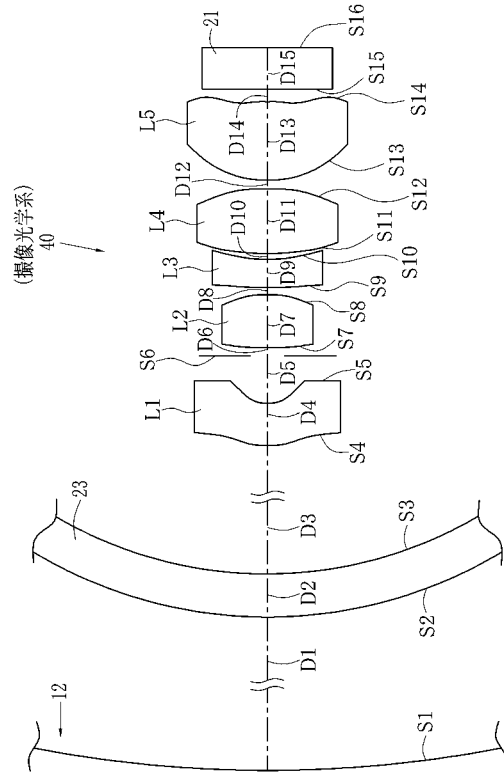
【図13】



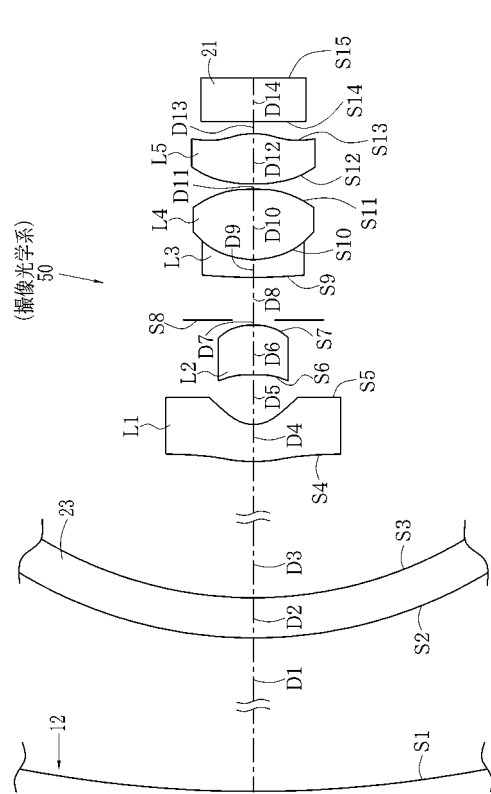
【図14】



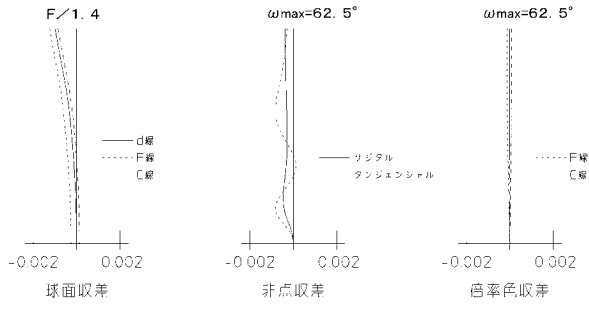
【図12】



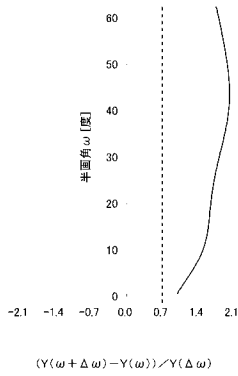
【図15】



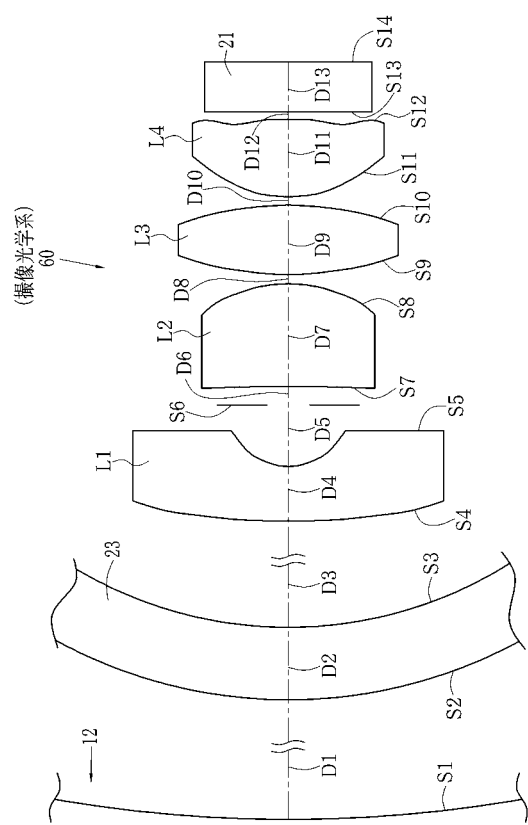
【図16】



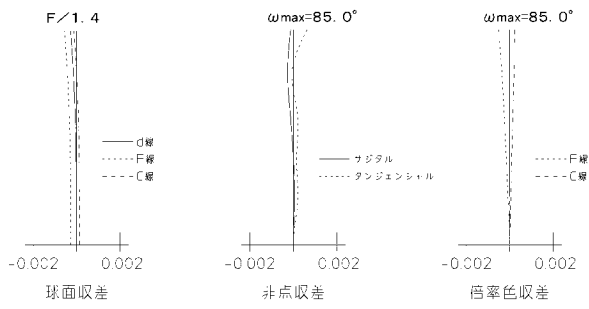
【図17】



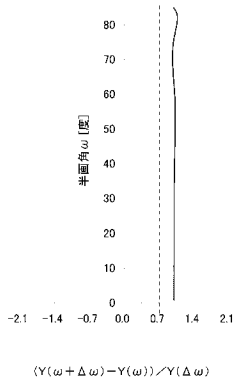
【図18】



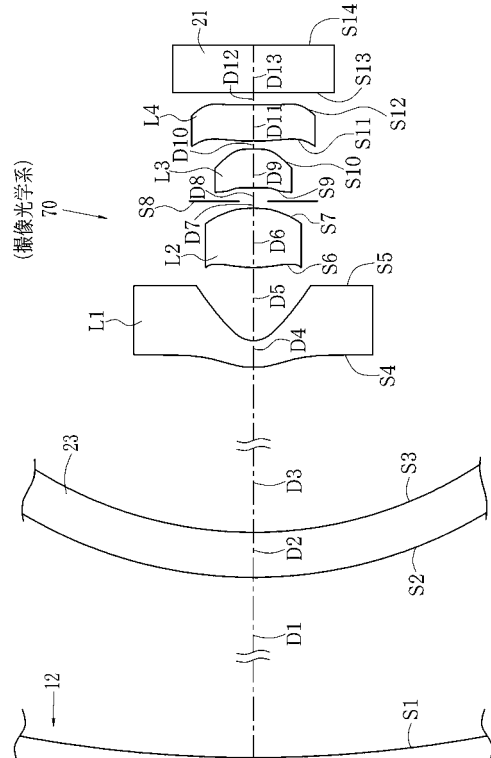
【図19】



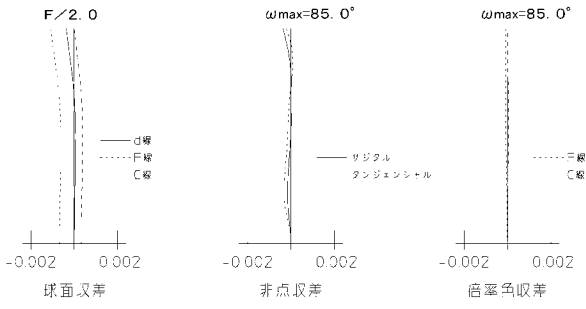
【図20】



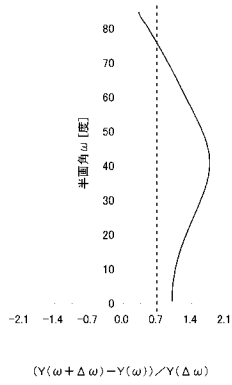
【図21】



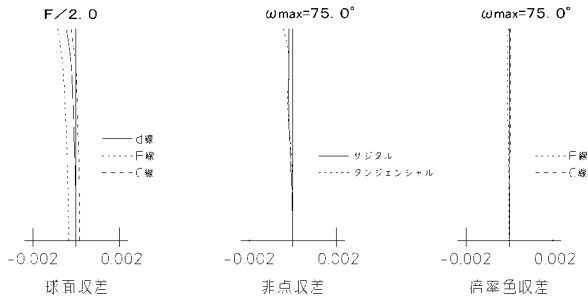
【図 2 2】



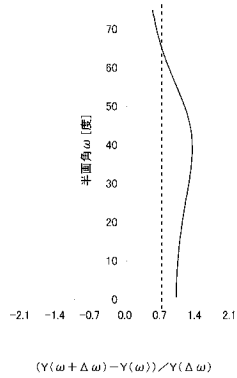
【図 2 3】



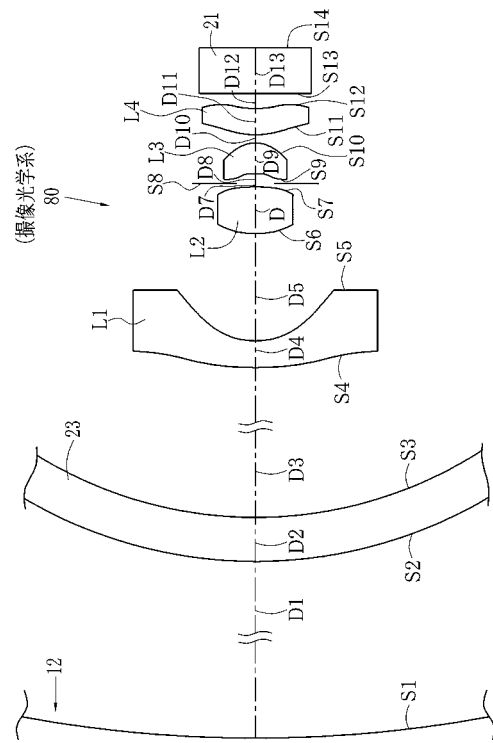
【図 2 5】



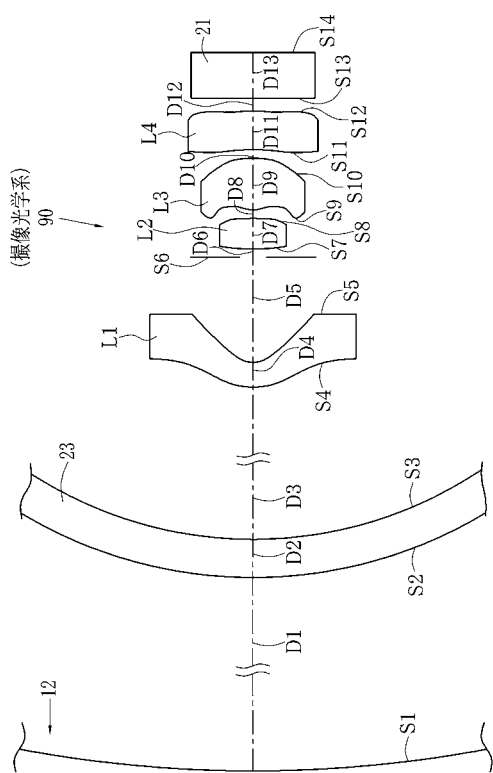
【図 2 6】



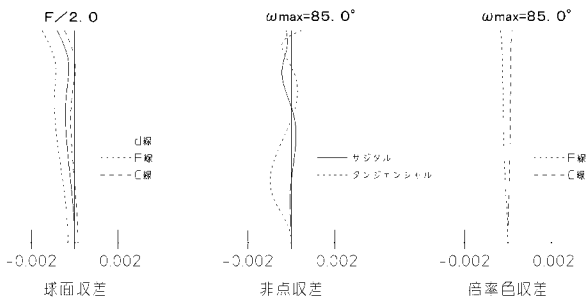
【図 2 4】



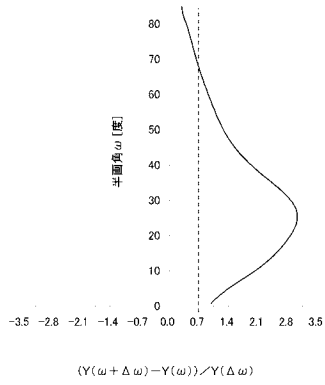
【図 2 7】



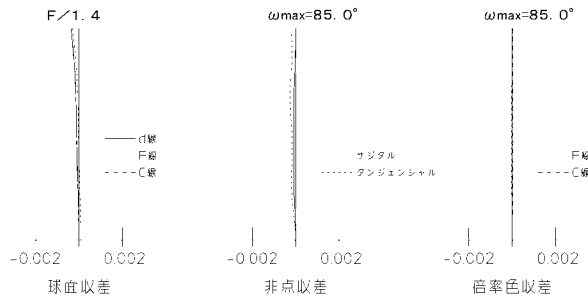
【図28】



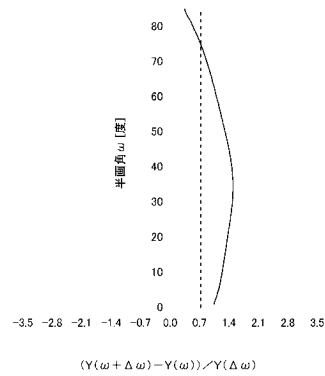
【図29】



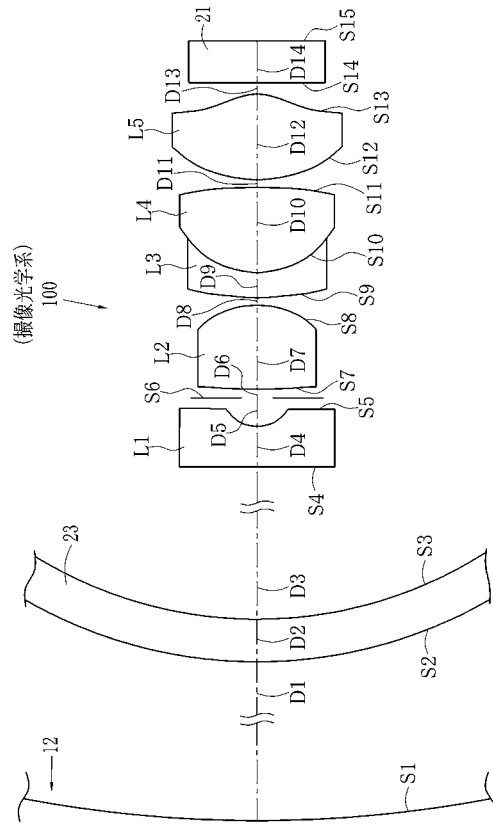
【図31】



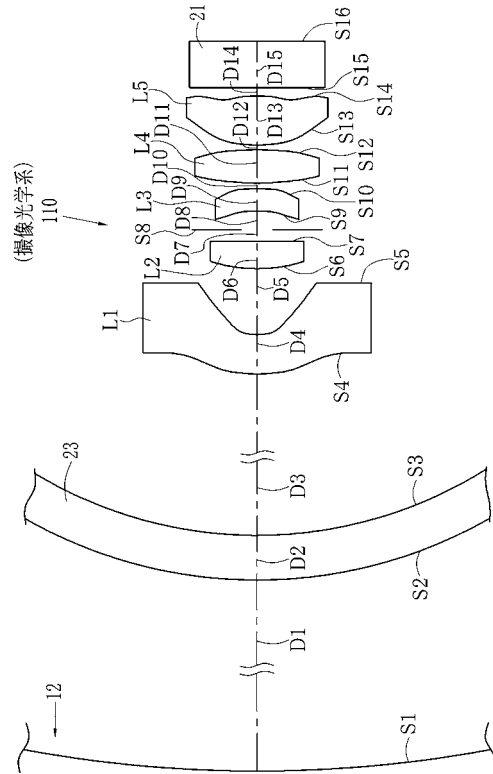
【図32】



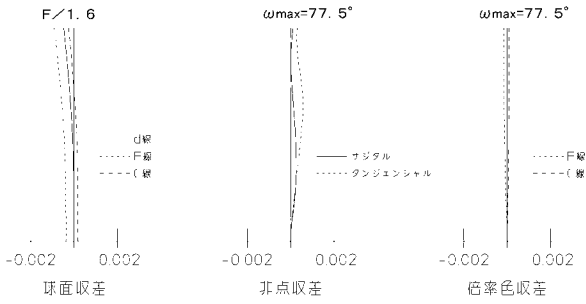
【図30】



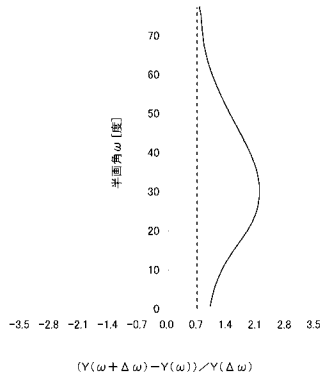
【図33】



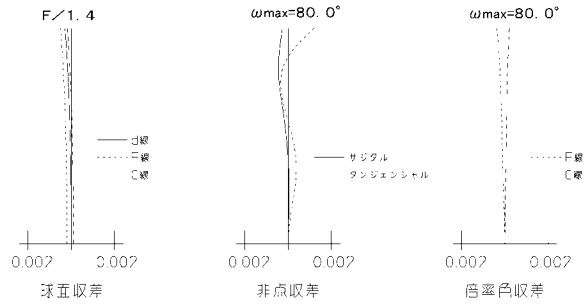
【図34】



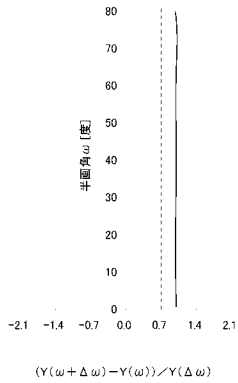
【図35】



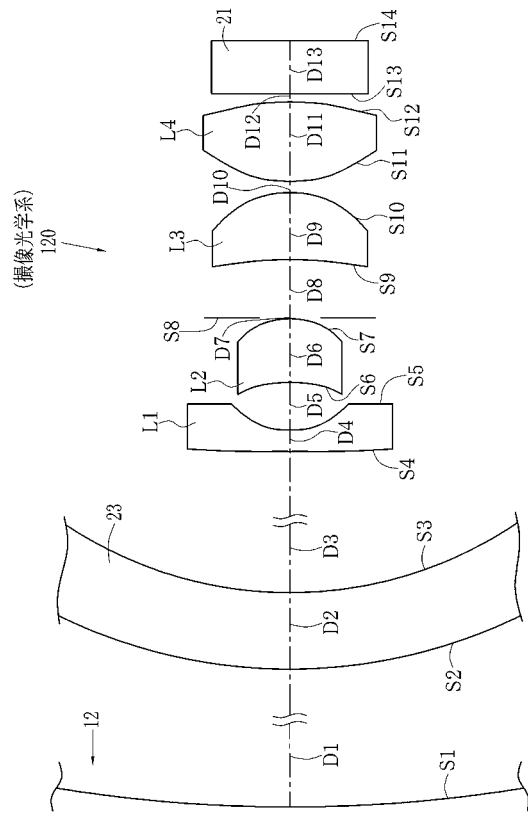
【図37】



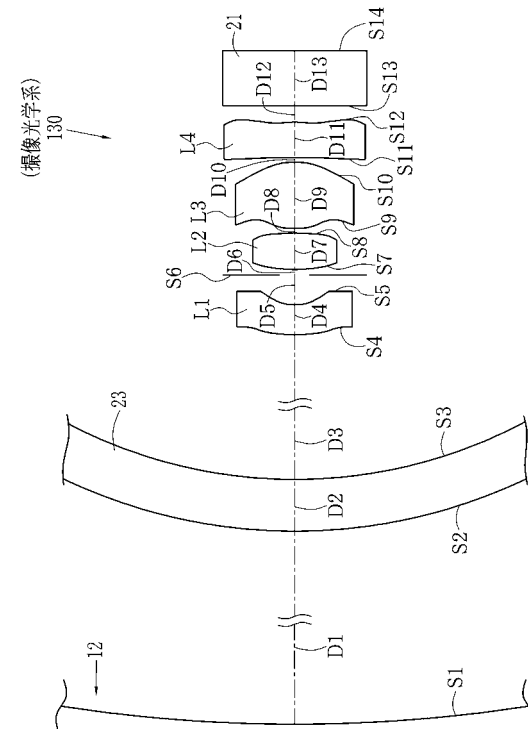
【図38】



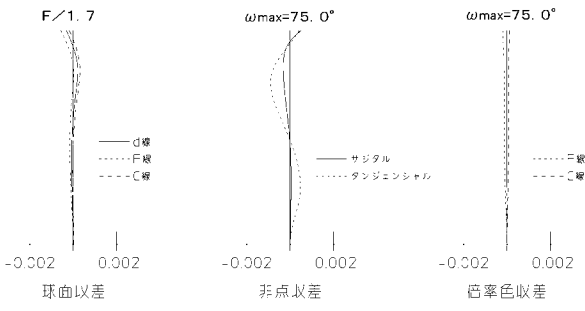
【図36】



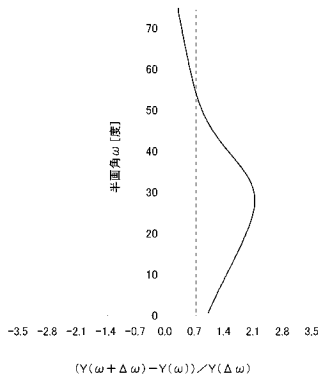
【図39】



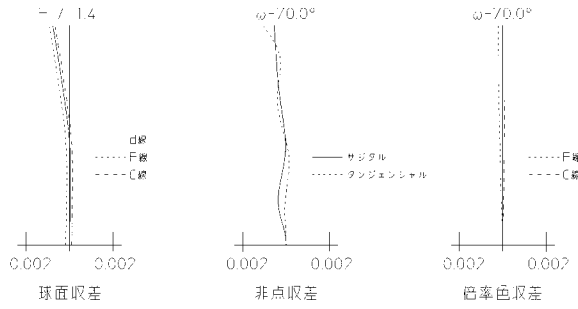
【図40】



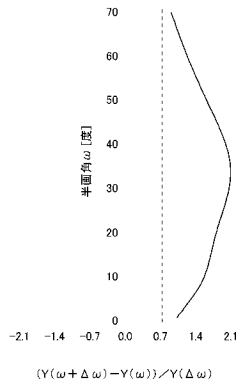
【図41】



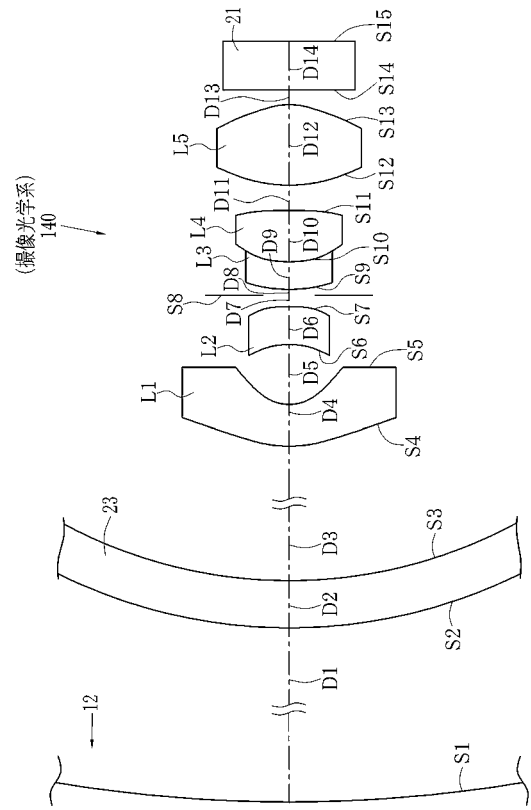
【図43】



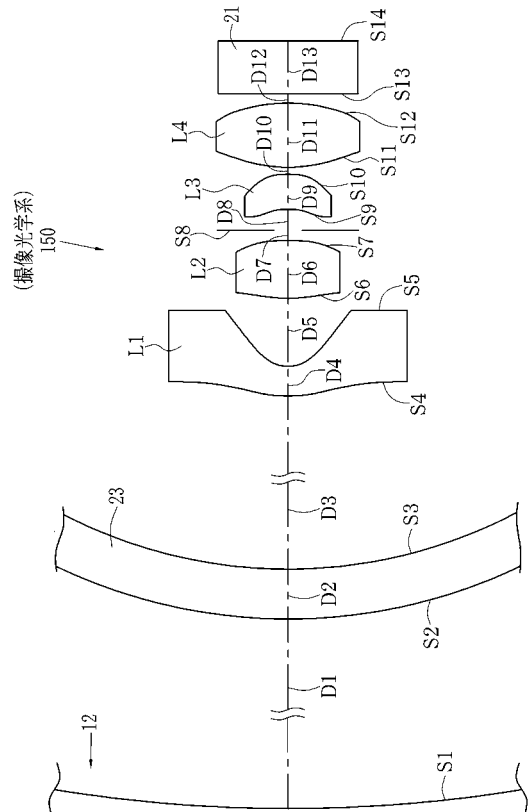
【図44】



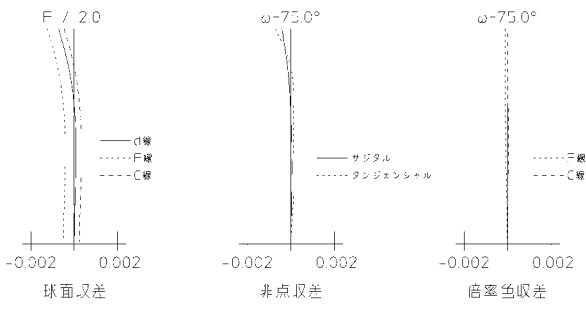
【図42】



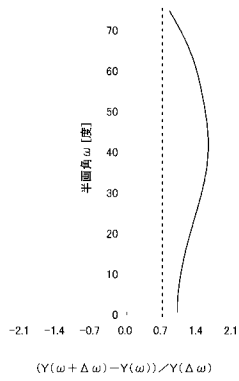
【図45】



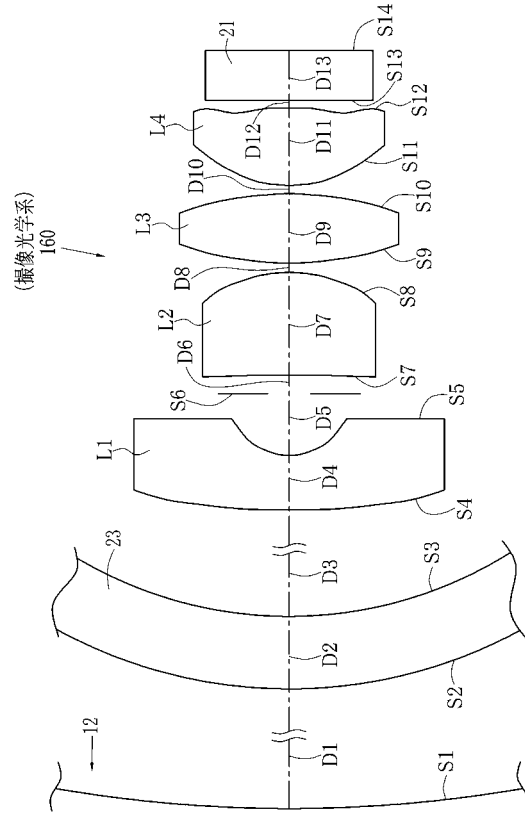
【 図 4 6 】



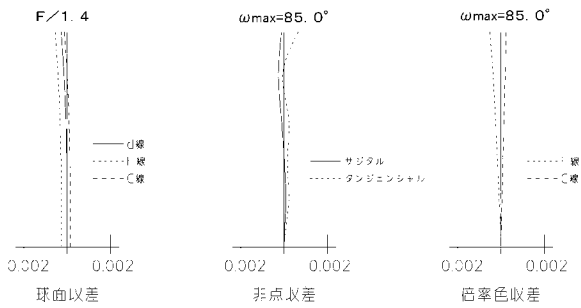
【 図 4 7 】



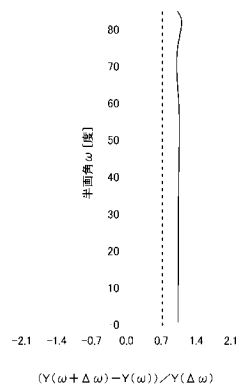
【 図 4 8 】



【 図 4 9 】



【 図 5 0 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 13/18

Fターム(参考) 2H087 KA10 LA01 PA04 PA05 PA17 PA18 PB05 PB06 QA02 QA06  
QA07 QA17 QA22 QA25 QA32 QA34 QA41 QA42 QA45 QA46  
RA05 RA12 RA13 RA32 RA42  
4C038 CC03  
4C061 CC06 DD10 FF40

专利名称(译)	胶囊内窥镜成像光学系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2010246906A</a>	公开(公告)日	2010-11-04
申请号	JP2010068737	申请日	2010-03-24
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	馬場智之 宮野俊		
发明人	馬場 智之 宮野 俊		
IPC分类号	A61B1/00 A61B5/07 G02B23/26 G02B13/00 G02B13/18		
CPC分类号	G02B3/00 A61B1/00096 A61B1/00188 A61B1/041 A61B1/05 A61B1/0607 A61B1/0676 A61B1/0684 A61M2039/0279 G02B13/06 G02B23/243		
FI分类号	A61B1/00.300.Y A61B1/00.320.B A61B5/07 G02B23/26.C G02B13/00 G02B13/18 A61B1/00.C A61B1/00.610 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA23 2H040/DA01 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA04 2H087/PA05 2H087/PA17 2H087/PA18 2H087/PB05 2H087/PB06 2H087/QA02 2H087/QA06 2H087/QA07 2H087/QA17 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA32 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/QA46 2H087/RA05 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/RA42 4C038/CC03 4C061/CC06 4C061/DD10 4C061/FF40 4C161/CC06 4C161/DD07 4C161/DD10 4C161/FF40		
代理人(译)	小林和典		
优先权	2009071918 2009-03-24 JP 2009074546 2009-03-25 JP		
其他公开文献	JP5412348B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：扩大视场角，并允许在整个视场角上将图像平面放置在图像捕获区域附近。解决方案：胶囊内窥镜10设置有用于图像捕获光学系统20的图像捕获光学系统20。捕获凹形半球形表面的物体表面12的图像。图像捕获光学系统20满足 $-5 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 5$ ，其中 $\Delta Z_r$ 表示实像平面相对于 $2\omega_{max}$ 的光通量的位置与实像平面相对于光的位置之间的差。当最大半场角由 $\omega_{max}$ 表示时 $\omega_{max}$ 的通量， $\Delta Z_p$ 表示当通过物体表面12的交点P1的平面与 $2\omega_{max}$ 和垂直的主光线时的近轴像平面的位置之间的差。光轴XP被定义为虚拟物体表面24，并且当通过物体12的交点P2的平面与 $\omega_{max}$ 的主光线垂直于光轴Xp的平面被定义为近轴像面时的位置被定义为虚拟物体表面25。

