

(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2009-136385

(P2009-136385A)

(43) 公開日 平成21年6月25日(2009.6.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B	2 H 0 4 0
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y	2 H 0 8 7
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G 0 2 B 23/24 B	4 C 0 6 1
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 23/26 C	
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-313692 (P2007-313692)
 (22) 出願日 平成19年12月4日 (2007. 12. 4)

(71) 出願人 000005430
 フジノン株式会社
 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4
 番地
 (74) 代理人 100075281
 弁理士 小林 和憲
 (74) 代理人 100095234
 弁理士 飯嶋 茂
 (72) 発明者 馬場 智之
 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4
 番地 フジノン株式会社内
 F ターム(参考) 2H040 BA02 CA23 DA12 GA02

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像レンズ及びカプセル内視鏡

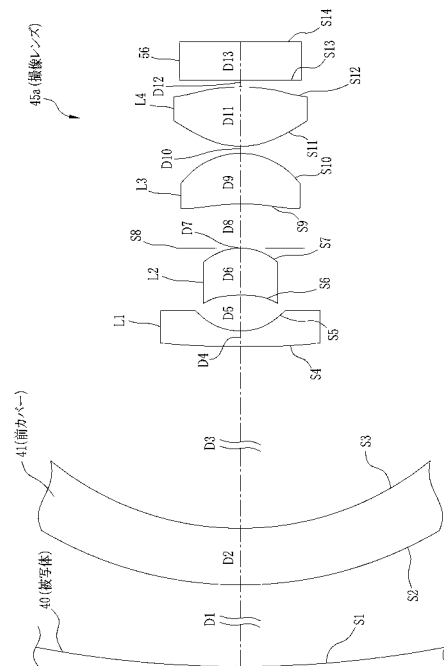
(57) 【要約】

【課題】 ディストーションを改善したカプセル内視鏡用の撮像レンズを提供する。

【解決手段】

カプセル内視鏡は、略球面状の被写体 4 0 を撮像面に平面状に結像させる撮像レンズ 4 5 a を備えている。撮像レンズ 4 5 a は、第 1 ~ 第 4 レンズ L 1 ~ L 4 と開口絞り S 7 とから構成され、これらの面形状や配置はカプセル内視鏡の前カバー 4 1 や撮像素子のカバーガラス 5 6 を考慮したもとなっている。さらに、撮像レンズは、ある半画角 に対しする像高 $Y(\quad)$ 、半画角 の微小変化量を とするとき、任意の半画角 について、 $0.7 < (Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$ を満足するように構成されている。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ドーム状の透明カバー内に配置されるカプセル内視鏡用の撮像レンズにおいて、
球面状の被写体を撮像したときに被写体の中心から最大画角までの全域における像を略
同一平面状に結像させ、かつ、前記撮像光学系のある半画角 に対する像高を $Y(\quad)$ 、
半画角 の微小変化量を とするときに、任意の半画角 について、

$$0.7 < (Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$$

を満足することを特徴とする撮像レンズ。

【請求項 2】

最大半画角を M_{MAX} とするときに、

$$2 M_{MAX} > 135 \quad (\text{度})$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の撮像レンズを備えることを特徴とするカプセル内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体内を検査する内視鏡に用いられる撮像レンズに関し、さらに詳しくは、
飲み込んで使用されるカプセル型の内視鏡に用いられる撮像レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、医療分野においては、内視鏡を利用した診断が盛んに行われている。この内視鏡
を利用した診断は、湾曲する方向を自在に操作可能に設けられたフレキシブルな挿入部を
、患者の体内に挿入して行われる。また、挿入部の先端には、照明装置、撮像レンズ、撮
像素子などからなる小型の撮像部が設けられている。したがって、挿入型の内視鏡は、医
師の操作により、撮像部は患者体内において所定範囲内で任意に向きを変えられ、病変の
疑いのある部位を的確に撮像することができ、正確な診断や病変の早期発見等、的確な医
療診断の助けとなっている。

【0003】

挿入型の内視鏡は、挿入時の患者の負担を軽減するように形状等を工夫してつくられて
いるとはいえ、長い挿入部を体内に挿入することは患者にとっては大きな負担であり、こ
れを利用するには麻酔等が必要となるケースもある。

【0004】

近年ではさらに患者の負担を軽減するために、小型の撮像装置を嚥下可能なカプセルに
おさめたいわゆるカプセル型の内視鏡（以下、カプセル内視鏡）の開発が進められ、実用
化されつつある。このカプセル内視鏡は、容易に飲み込むことができる大きさにつくら
れるから、挿入型の内視鏡と比較すれば患者の負担は大きく軽減するが、体内での位置や向
きの制御が困難となる。

【0005】

したがって、体内での姿勢が好ましい状態でない場合にも病変部位を逃さず撮像するた
めに、カプセル内視鏡は広角の撮像レンズを搭載し、できるだけ広い範囲を撮影するこ
とが望ましい。

【0006】

こうしたことから、広い撮影範囲を確保しつつ、カプセルサイズを小型化したカプセル
内視鏡が知られている（特許文献 1）。また、小型化、広角化のみならず、例えば、最適
な被写界深度を達成するカプセル内視鏡（特許文献 2）や、円筒状構造を良好に照明する
カプセル内視鏡（特許文献 3）等も知られている。

【特許文献 1】特開 2005 - 80789 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 80790 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 61438 号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

カプセル内視鏡は、その飲み込みやすさが重視されるから、できるだけ小型化するために、従来のカプセル内視鏡ではできるだけ少ない構成のレンズ、例えば2群2枚構成の広角レンズを撮像レンズとして搭載している。

【0008】

上述のように、カプセル内視鏡には広角の撮像レンズを搭載することが望ましいが、他の撮像レンズ等と同様に、広角のレンズほどディストーションが顕著に現れてしまう。例えば、広角のレンズでよく見られるように、樽型のディストーションが生じていると、像が歪曲しているばかりか、得られた画像の周辺部分では像は小さくなってしまふ。

10

【0009】

カプセル内視鏡で撮影される画像は人体の体内の像であり、病変の有無等の診断を目的とした画像が取得されるが、病変の大きさはその種類や進行程度等によって異なり、極めて小さなものであることも多い。したがって、前述のように樽型のディストーションが生じた画像の周辺部分に、こうした小さな病変が写されていると、病変部位は実際よりもさらに小さくなるため見落とされてしまうという問題がある。

【0010】

一方、カプセル内視鏡はその飲み込みやすさが重視され、使い捨てられるものであるから、安価かつ小型化するために、できるだけ少ない構成のレンズ、例えば、2群2枚構成の広角レンズを撮像レンズとして搭載している。こうした従来のカプセル内視鏡の撮像レンズは、ディストーションを改善したものはなく、カプセルサイズを小さく保ちながらも、ディストーションを改善した撮像レンズが必要とされている。

20

【0011】

本発明は上述の問題点に鑑みてなされたものであり、飲み込みやすい大きさでありながらも、ディストーションが改善された広角レンズを搭載し、撮影範囲の全域で病変の見落としを防ぐカプセル内視鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の撮像レンズは、ドーム状の透明カバー内に配置されるカプセル内視鏡用の撮像レンズであり、球面状の被写体を撮像したときに被写体の中心から最大画角までの全域における像を略同一平面状に結像させ、かつ、前記撮像光学系のある半画角 に対する像高を $Y(\quad)$ 、半画角 の微小変化量を とするとき、任意の半画角 について、 $0.7 < (Y(\quad + \quad) - Y(\quad)) / Y(\quad)$ を満足することを特徴とする。

30

【0013】

また、最大半画角を M_{MAX} とするとき、 $2 M_{MAX} > 135$ (度) を満足することを特徴とする。

【0014】

本発明のカプセル内視鏡は、上述の撮像レンズを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

40

【0015】

本発明によれば、飲み込みやすい大きさでありながらも、ディストーションが改善された広角の撮像レンズと、これを搭載し、撮影範囲の全域で病変の見落としを防ぐカプセル内視鏡を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

図1に示すように、カプセル内視鏡による診断システム11は、カプセル内視鏡15、受信装置16、ワークステーション17とから構成される。

【0017】

カプセル内視鏡15は、シールドシャツ21を装着した患者22の口部から体内に嚥下

50

して使用され、体内管路を通過する際にその内壁面を撮像する。カプセル内視鏡 15 が撮像した画像データは電波にて受信装置 16 に無線送信される。こうした画像データの通信は、カプセル内視鏡 15 内に設けられた送信アンテナと、シールドシャツ 21 内に設けられた受信アンテナ 23 とを介して行われる。

【0018】

受信装置 16 は、各種設定画面を表示する LCD 24 や、各種設定操作を行うための操作部 26 を備えている。この受信装置 16 は、カプセル内視鏡 15 が患者 22 の体内にある検査時には、患者 22 に携帯され、前述のようにカプセル内視鏡 15 から無線送信される画像データを受信し、記憶する。一方、得られた画像データをもとに診断が行われる際には、診断用のワークステーション 17 に接続され、記憶した画像データを読み出される。

10

【0019】

ワークステーション 17 は、プロセッサ 27、キーボードやマウス等からなる操作部 28、ディスプレイ 31 等から構成される。プロセッサ 27 は、例えば USB ケーブル 32 で受信装置 16 と接続され、受信装置 16 に記憶された画像データを取得する。また、こうしてプロセッサ 27 に取得された画像データは、患者毎に蓄積、管理される。カプセル内視鏡 15 で得られた画像データに基づいて診断を行う際には、ワークステーション 17 は、操作部 28 による操作に基づいて蓄積された画像データからテレビ画像が生成し、ディスプレイ 31 に表示する。

20

【0020】

図 2 に示すように、カプセル内視鏡 15 の外形は、前カバー 41 と後カバー 42 とから形作られる。前カバー 41 は、前面がドーム状に形成されており、後カバー 42 と嵌合して端面がドーム状になった円筒状の水密な空間を形成する。この前カバー 41 の少なくとも前面は透明な材料からなり、被写体である患者 22 の体内（以下、単に被写体と称す）からの光を透過する。

【0021】

前カバー 41 と後カバー 42 とにより形成される空間内には、撮像レンズ 45、撮像素子 46、照明装置 47、送信アンテナ 48、ボタン電池 49 などが収容されている。すなわち、前カバー 41 と後カバー 42 とによって撮像レンズ 45 等の各部は水密に覆われている。

30

【0022】

照明装置 47 は、例えば白色の LED によって被写体を一様に照明する光学系であり、撮像レンズ 45 の周囲に複数設けられている。撮像レンズ 45 は、被写体からの光を撮像素子 46 に結像させる。この撮像レンズ 45 は、4 ~ 5 枚のレンズや開口絞り等から構成された広角のレンズとなっている。また、撮像素子 46 は、例えば CCD 型の撮像素子であり、撮像レンズ 45 によって撮像面に結像された被写体の像を光電変換し、画像データを生成する。

【0023】

送信アンテナ 48 は、撮像素子 46 によって生成された画像データを前述の受信装置 16 に随時送信する。ボタン電池 49 は、カプセル内視鏡 15 が患者 22 の体内にある検査時に、照明装置 47、撮像素子 46、送信アンテナ 48 等へ電力を供給する。また、こうした電力の供給は、電力供給回路によって行われる。

40

【0024】

図 3 に示すように、撮像レンズ 45 は、球面状の被写体 40 からの光を、平面である撮像素子 46 の撮像面に結像させるように構成されている。すなわち、撮像レンズ 45 は、球面状の被写体を撮像したときに被写体の中心から周辺までの全域における像が略同一平面状に結像するように構成されている。この撮像レンズ 45 は、光軸 Z1 からの撮影範囲の角度、すなわち半画角 が最大 85 度程度、全画角 2θ が最大 170 度程度と広角になっており、球面状に形成された前カバー 41 の略全域からの光を撮像素子 46 に結像させる。

50

【 0 0 2 5 】

カプセル内視鏡 1 5 が患者 2 2 の体内にあるときには、その姿勢を制御することは容易でないために、病変部位を確実に撮像するためにも可能な限り広画角の撮像レンズを搭載していることが好ましい。したがって、撮像レンズ 4 5 は、最大の半画角を $M A X$ とするとき、 $2 M A X > 1 3 5$ (度) を満たすように構成されていることが好ましい。 $2 M A X$ が 1 3 5 度を下回ると、患者 2 2 の体内で姿勢を制御することが容易でないカプセル内視鏡の撮像レンズとしては不適當であり、撮影箇所にも漏れが生じる可能性がある。

【 0 0 2 6 】

さらに、この撮像レンズ 4 5 は、ある画角 ω の点における像高を $Y(\omega)$ とし、この画角 ω の点からの画角の微小変化量を $\Delta\omega$ とするとき、任意の画角 ω で下記数 1 の条件を満たすように構成されている。

【 0 0 2 7 】

【 数 1 】

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

【 0 0 2 8 】

この条件式は、球面状の被写体を平面に結像させる撮像レンズ 4 5 で生じるディストーションの程度を定めるものであり、下限を下回るとディストーションが大きくなり、撮像した画像の周辺部分では像高が小さくなり過ぎ、ここに写された病変は診断時に見落とされてしまう恐れが生じる。

【 0 0 2 9 】

等間隔に円環状の模様がある球面状の被写体を、撮像レンズ 4 5 を用いて撮像すると、図 4 (A) に示すように、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\Delta\omega)) / Y(\Delta\omega) = 1.0$ の場合には、等間隔に同心円状の模様 5 1 a ~ e が写し出される。このとき、最小の円模様 5 1 a の半径を r とすると、円模様 5 1 b ~ e の半径はそれぞれ $2r, 3r, 4r, 5r$ であり、隣り合う円模様の間隔は何れも r となっている。すなわち、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\Delta\omega)) / Y(\Delta\omega) = 1.0$ の場合にはディストーションは生じておらず、撮影した画像の周辺部分に写し出された病変の像は、これを正面から撮像した場合と同じ大きさ、形状に写し出される。

【 0 0 3 0 】

一方、図 4 (B) に示すように、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\Delta\omega)) / Y(\Delta\omega) = 0.7$ の場合には、撮影画角が一定のため最も径の大きい円模様 5 1 e はディストーションのない場合と同じ大きさ、形状に写し出される。しかし、これよりも径の小さい円模様 5 1 a ~ d は、何れもディストーションのない場合の像よりも拡大して写し出される。このとき、径が最小の円模様 5 1 a の半径は r よりも大きく、円模様 5 1 a と円模様 5 1 b との間隔は r よりも大きい。また、円模様 5 1 b と円模様 5 1 c との間隔は r に等しい。一方で、円模様 5 1 c と円模様 5 1 d との間隔は r よりも小さく、円模様 5 1 d と円模様 5 1 e との間隔はさらに小さくなる。

【 0 0 3 1 】

しかし、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\Delta\omega)) / Y(\Delta\omega) = 0.7$ 程度のディストーションであれば、画像の周辺部分に病変が写し出されている場合にも、この病変の見落としにつながるほど像が縮小歪曲されてしまうことはない。

【 0 0 3 2 】

図 4 (C) に示すように、 $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\Delta\omega)) / Y(\Delta\omega) = 0.5$ になると、画像周辺部分における円模様間隔の縮小はより顕著となる。したがって、病変が画像の周辺部分に写し出されている場合には見落とされてしまう可能性が生じる。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

さらに、図4(D)に示すように、 $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta) = 0.3$ ともなると、画像の周辺部分における円模様間隔の縮小は極めて顕著となり、本来比較的大きく、正面から観察すれば容易に発見されるような病変であったとしても、画像の周辺部分に写し出された場合には極端に縮小、歪曲され見落とされてしまう可能性がある。

【0034】

このように、 $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta)$ の値が1.0と比較して小さいほど、画像周辺部分でのディストーションの影響が著しくなる。したがって、球面状の被写体を平面に結像させる撮像レンズ45では、前述の条件式(数1)を満たすことが好ましい。すなわち、 $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta)$ の値は、任意の半画角について0.7よりも大きな値であることが好ましい。また、任意の半画角 θ に対して、 $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta)$ の値は、0.7より大きく1.3より小さいことが好ましく、0.8より大きく1.2より小さいことがより好ましい。また、任意の半画角 θ に対して、 $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta)$ の絶対値が1.0にできる限り近い値となっていることが特に好ましい。

10

【0035】

以下に、前述の条件式を満たす撮像レンズ45の具体的な例を、4枚のレンズから構成されるものを実施例1及び2に、5枚のレンズから構成されるものを実施例3として説明する。

【0036】

[実施例1]

図5に示すように、撮像レンズ45aは、物体側(被写体側)から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1レンズL1、像側(撮像素子側)に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズL2、開口絞り、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第3レンズL3、両凸形状の第4レンズL4から構成される。また、これらのレンズL1~L4の面形状や配置は、前カバー41及び撮像素子46のカバーガラス56を考慮したものとなっている。

20

【0037】

また、球面状の被写体表面をS1、前カバー41の物体側の面をS2、前カバー41の像側の面をS3、第1レンズL1の物体側の面をS4、第1レンズL1の像側の面をS5、第2レンズL2の物体側の面をS6、第2レンズL2の像側の面をS7、開口絞りをS8、第3レンズL3の物体側の面をS9、第3レンズL3の像側の面をS10、第4レンズL4の物体側の面をS11、第4レンズL4の像側の面をS12、カバーガラス56の物体側の面をS13、カバーガラス56の像側の面をS14とし、面Si(面番号i=1~14)で表す。また、撮像素子46の撮像面は面S14と一致している。さらに、面Siとこれと隣り合う像側の面Si+1との光軸Z1上での間隔(面間隔)をDi(i=1~13)で表す。

30

【0038】

撮像レンズ45aのレンズデータとして、各面Siの曲率半径Ri、各面間隔Di、d線(波長587.6nm)に対する前カバー41、各レンズL1~L4、カバーガラス56の屈折率Nd及びアッペ数 dを表1に示す。また、表1の下段に、撮像レンズ45aのF値、焦点距離f、画角2 θ (度)を併せて示す。なお、このレンズデータ(表1)は、焦点距離fの値が1.0となるように規格化した場合のレンズデータとなっている。また、非球面形状の面Siを*で示す。

40

【0039】

また、非球面形状の面Siの具体的な形状は、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($r^2 = x^2 + y^2$)、i次の非球面係数Aiを用いて、下記の数2で表される。非球面状の面Siについては、円錐定数K及び各々の非球面係数Aiを表2に示す。なお、この非球面の形状を定める式は、後述する実施例2、3についても共通となっている。

【0040】

50

【表 1】

面番号i	R _i	D _i	N _d	ν _d
(被写体) 1	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		
(開口絞り) 8	∞	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	0.1761		
(カバーガラス) 13	∞	0.9927	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
(撮像面)	∞			

10

20

F値 1.4
 焦点距離f 1.0
 画角2ω(度) 168.0

【 0 0 4 1 】

【 数 2 】

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

30

【 0 0 4 2 】

【表 2】

面番号i	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
4	-1.0000	6.4662E-03	-1.0823E-03	1.2994E-03	1.2777E-03
5	-1.0000	4.3222E-02	1.2853E-02	5.3203E-03	-5.3685E-03
6	-1.0000	-5.0859E-03	-3.4693E-02	-1.3680E-02	-3.1221E-02
7	-1.0000	5.8988E-03	-1.7335E-02	1.1859E-02	-1.8205E-02
9	-1.0000	2.1280E-02	4.9107E-03	2.8814E-02	-1.7732E-02
10	-1.0000	-2.3316E-02	2.6397E-03	2.5619E-03	4.5554E-04
11	-1.0000	-2.7029E-02	5.8249E-03	2.6211E-04	-3.8849E-03
12	-1.0000	1.2528E-02	-4.9044E-03	2.6159E-03	-5.5300E-04

10

面番号i	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁
4	-8.3443E-04	-2.3103E-04	1.5397E-04	1.5083E-06	1.3272E-08
5	-3.5806E-03	2.6181E-03	7.1885E-06	2.8852E-07	5.6322E-09
6	-4.7545E-03	-3.3105E-03	-6.5527E-06	-4.0152E-08	5.7187E-09
7	4.2313E-03	-2.8733E-04	1.9037E-06	1.0417E-07	5.7187E-09
9	1.3438E-05	-1.4280E-03	3.4946E-04	4.5382E-07	5.7187E-09
10	-3.3893E-04	-8.8711E-04	-5.6674E-04	1.5669E-07	5.7187E-09
11	1.9742E-03	7.5091E-05	-6.1615E-04	7.6879E-05	3.0862E-07
12	-7.6048E-04	7.9145E-05	4.1644E-04	1.1190E-04	4.3744E-08

20

面番号i	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆
4	3.5637E-10	1.9565E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
5	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
6	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
7	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
9	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
10	3.1396E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
11	3.1680E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15
12	3.1388E-10	1.7236E-11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15

30

面番号i	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
5	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
6	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
7	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
9	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
10	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
11	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
12	1.5658E-16	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20

40

【0043】

さらに、撮像レンズ45aの球面収差、非点収差、倍率色収差を図6に示す。この各収差図は表1に示す前カバー41及びカバーガラス56を配置したものとなっている。なお、球面収差は、d線（波長587.6nm）についての実線で、F線（波長486

50

・13 nm) についてのものを破線で、C線(波長656.27 nm)についてのものを一点鎖線で示す。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破線で示す。倍率色収差は、F線についてのものを破線で、C線についてのものを一点鎖線で示す。これらの各収差図の表記は、後述する実施例2, 3についても同様である。

【0044】

この撮像レンズ45aは、図7に示すように、任意の画角について前述の条件式(数1)を満たし、半画角 = 0 ~ 84.0度の全範囲で $(Y(\theta + \alpha) - Y(\theta)) / Y(\theta)$ の値が0.7よりも大きく1.0に近い値となっている。したがって、この撮像レンズ45aを用いて球面状の被写体を撮影した画像は、周辺部分においても像の縮小、歪曲は小さい。すなわち、撮像レンズ45aは最大画角 $2\theta_{MAX}$ が168.0度にも及ぶ広角レンズであるにもかかわらず、これを用いて撮影した画像は、周辺部分を含めた全範囲で、病変の見落としが懸念されるほどのディストーションは生じない。

10

【0045】

[実施例2]

図8に示すように、撮像レンズ45bは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1レンズL1、開口絞り、像側に凸面を向けた第2レンズL2、両凸形状の第3レンズL3、両凸形状の第4レンズL4から構成される。また、これらのレンズL1~L4の面形状や配置は、前カバー41及び撮像素子46のカバーガラス56を考慮したものとなっている。

20

【0046】

また、球面状の被写体表面をS1、前カバー41の物体側の面をS2、前カバー41の像側の面をS3、第1レンズL1の物体側の面をS4、第1レンズL1の像側の面をS5、開口絞りをS6、第2レンズL2の物体側の面をS7、第2レンズL2の像側の面をS8、第3レンズL3の物体側の面をS9、第3レンズL3の像側の面をS10、第4レンズL4の物体側の面をS11、第4レンズL4の像側の面をS12、カバーガラス56の物体側の面をS13、カバーガラス56の像側の面をS14とし、面Si(面番号i=1~14)で表す。また、撮像素子46の撮像面は面S14と一致している。さらに、面Siとこれに隣り合う像側の面Si+1との光軸Z1上での間隔(面間隔)をDi(i=1~13)で表す。

30

【0047】

撮像レンズ45bのレンズデータとして、各面Siの曲率半径Ri、各面間隔Di、d線(波長587.6 nm)に対する前カバー41, 各レンズL1~L4, カバーガラス56の屈折率Nd及びアッペ数dを表3に示す。また、表3の下段に、撮像レンズ45bのF値、焦点距離f、画角2θ(度)を併せて示す。なお、この撮像レンズ45bのレンズデータ(表3)は、焦点距離fの値が1.0となるように規格化した場合のレンズデータとなっている。また、非球面形状の面Siを*で示す。

【0048】

また、非球面の具体的な形状は、前述の実施例1と同様の式(数2)で表され、非球面形状の面Siについては、円錐定数K及び各々の非球面係数Aiを表4に示す。

40

【0049】

【表 3】

面番号i	Ri	Di	N_d	ν_d
(被写体) 1	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		
(開口絞り) 6	∞	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	0.1871		
(カバーガラス) 13	∞	1.0199	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
(撮像面)	∞			

10

20

F値 1.4
 焦点距離f 1.0
 画角 2ω (度) 170.8

【 0 0 5 0 】

【表 4】

面番号 <i>i</i>	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
4	-1.0000	1.1806E-03	6.0847E-04	1.1648E-04	1.1526E-05
5	-1.0000	3.0189E-02	2.9023E-02	-1.1704E-03	-1.1450E-04
11	-1.0000	6.2958E-03	-6.0490E-03	3.8647E-03	1.3835E-03
12	-1.0000	4.0413E-02	1.1306E-02	2.8963E-03	1.6035E-03

面番号 <i>i</i>	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁
4	-3.1849E-07	-5.5674E-07	-1.9003E-07	-4.4059E-08	-6.2540E-09
5	3.8652E-03	4.5996E-03	3.2054E-03	1.5331E-03	4.4516E-04
11	9.1107E-05	-1.2677E-04	-7.7351E-05	-2.3361E-05	-8.6265E-08
12	9.4610E-04	4.0676E-04	9.5714E-05	-3.5343E-05	-6.5696E-05

面番号 <i>i</i>	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆
4	3.8526E-10	6.0256E-10	1.8528E-10	1.0491E-11	-3.7667E-12
5	-5.1892E-05	-2.0610E-04	-2.1831E-04	-1.9444E-04	-3.3983E-05
11	5.3226E-06	4.3320E-06	2.3286E-06	8.4037E-07	3.8252E-08
12	-5.5364E-05	-3.5172E-05	-1.7641E-05	-5.8258E-06	8.5904E-07

面番号 <i>i</i>	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-6.3129E-13	-1.3027E-13	-2.5007E-15	3.8559E-15
5	-2.3424E-07	-1.2454E-07	0.0000E+00	3.9978E-20
11	-2.8889E-07	-3.6116E-07	-1.7141E-08	0.0000E+00
12	3.9596E-06	1.5778E-07	0.0000E+00	0.0000E+00

【0051】

さらに、撮像レンズ45bの球面収差、非点収差、倍率色収差を図9に示す。この各収差図は、表3に示す前カバー41及びカバーガラス56を配置したものとなっている。なお、各収差の表記については前述の実施例1と同様である。

【0052】

この撮像レンズ45bは、図10に示すように、任意の画角について前述の条件式(数1)を満たし、半画角 = 0 ~ 85.4度の全範囲で $(Y(+\theta) - Y(-\theta)) / Y(0)$ の値が0.7よりも大きく、1.0に近い値となっている。したがって、この撮像レンズ45bを用いて球面状の被写体を撮影した画像は、周辺部分においても像の縮小、歪曲は小さい。すなわち、撮像レンズ45bは最大画角 $2\theta_{MAX}$ が170.8度にも及ぶ広角レンズであるにもかかわらず、これを用いて撮影した画像は、周辺部分を含めた全範囲で、病変の見落としが懸念されるほどのディストーションは生じない。

【0053】

[実施例3]

図11に示すように、撮像レンズ45cは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1レンズL1、開口絞り、両凸形状の第2レンズL2、両凹形状の第3レンズL3、両凸形状の第4レンズL4、両凸形状の第5レンズL5から構成される。また、第3レンズL3と第4レンズL4とは張り合わせられている。また、これらのレンズL1~L5の面形状や配置は、前カバー41及び撮像素子46のカバーガラス56を考慮したものとなっている。

【0054】

10

20

30

40

50

また、球面状の被写体の表面をS 1、前カバー4 1の物体側の面をS 2、前カバー4 1の像側の面をS 3、第1レンズL 1の物体側の面をS 4、第1レンズL 1の像側の面をS 5、開口絞りをS 6、第2レンズL 2の物体側の面をS 7、第2レンズL 2の像側の面をS 8、第3レンズL 3の物体側の面をS 9、第3レンズL 3と第4レンズL 4の張り合わせ面をS 10、第4レンズL 4の像側の面をS 11、第5レンズL 5の物体側の面をS 12、第5レンズL 5の像側の面をS 13、カバーガラス5 6の物体側の面をS 14、カバーガラス5 6の像側の面をS 15とし、面S_i（面番号i = 1 ~ 15）で表す。また、撮像素子4 6の撮像面は面S 15と一致している。さらに、面S_iとこれに隣り合う像側の面S_{i+1}との光軸Z 1上での間隔（面間隔）をD_i（i = 1 ~ 14）で表す。

【0055】

撮像レンズ4 5 cのレンズデータとして、各面S_iの曲率半径R_i、各面間隔D_i、d線（波長587.6nm）に対する前カバー4 1、各レンズL 1 ~ L 5、カバーガラス5 6の屈折率N_d及びアッベ数ν_dを表5に示す。また、表5の下段に、撮像レンズ4 5 cのF値、焦点距離f、画角2ω（度）を併せて示す。なお、この撮像レンズ4 5 cのレンズデータ（表5）は、焦点距離fの値が1.0となるように規格化した場合のレンズデータとなっている。また、非球面形状の面S_iを*で示す。

【0056】

また、非球面の具体的な形状は、前述の実施例1, 2と同様の式（数2）で表され、非球面形状の面S_iについては、円錐定数K及び各々の非球面係数A_iを表6に示す。

【0057】

【表5】

面番号i	R _i	D _i	N _d	ν _d
(被写体) 1	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		
(開口絞り) 6	∞	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		
11	-5.0041	0.2412	1.72916	54.7
12*	4.2899	2.4120		
13*	-2.6662	0.4646	1.53039	55.2
(カバーガラス) 14	∞	1.3146		
15	∞	0.0000	1.55920	53.9
(撮像面)	∞			

F値 1.4
 焦点距離f 1.0
 画角2ω(度) 168.2

【0058】

10

20

30

40

【表 6】

面番号i	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
4	-1.0000	-3.1911E-02	-1.3237E-02	2.6667E-03	1.0090E-03
5	-1.0000	-7.2213E-01	1.0601E+00	-3.2718E-01	-4.1593E-01
7	-1.0000	6.5178E-03	-6.7047E-05	-5.3129E-02	6.9474E-03
8	-1.0000	-3.8364E-03	1.5483E-02	-1.0465E-02	1.2919E-03
12	-1.0000	-3.5805E-02	4.6875E-02	-1.4934E-02	-8.0459E-04
13	-1.0000	7.1495E-02	1.7164E-03	-8.3989E-04	-1.0037E-03

10

面番号i	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁
4	1.6604E-04	-4.8482E-06	-1.4417E-05	-5.8184E-06	-1.5724E-06
5	-3.5206E-02	2.3279E-01	1.6234E-01	-5.0788E-02	-1.4257E-01
7	3.5489E-02	-8.0267E-05	-1.2559E-02	-8.5493E-03	5.9519E-04
8	-7.6095E-03	2.6037E-03	1.1487E-03	8.7078E-04	2.4020E-05
12	7.4194E-04	1.4060E-04	-9.2904E-06	-9.8806E-06	-3.2675E-06
13	-4.0258E-04	-9.5516E-05	1.9474E-05	3.7285E-05	6.2802E-07

20

面番号i	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆
4	-1.6519E-07	7.8017E-08	5.7448E-08	1.9743E-08	1.3443E-09
5	5.1202E-02	1.3674E-02	-5.5570E-03	-5.0334E-05	1.6869E-17
7	1.6546E-02	-1.0997E-02	1.7577E-03	1.2639E-04	-1.4320E-07
8	-8.3396E-04	-1.2885E-04	2.9420E-04	-2.4577E-05	-1.2654E-05
12	-7.1004E-07	-3.9997E-08	3.3395E-08	2.5653E-08	1.1006E-08
13	3.3755E-07	-1.8678E-07	-1.3249E-07	-4.0694E-08	-8.1148E-09

30

面番号i	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-2.2787E-09	-4.9358E-10	1.4347E-10	1.6018E-13
5	6.9935E-19	-9.2841E-17	-5.1143E-16	-2.1203E-17
7	4.9356E-09	3.4281E-17	9.1722E-19	3.8025E-20
8	-1.4738E-07	4.9787E-10	1.2020E-21	5.8918E-20
12	3.1808E-09	-4.5905E-10	-3.1571E-10	-1.5121E-11
13	1.3025E-09	2.9595E-09	-1.6047E-10	-9.2263E-11

【0059】

さらに、撮像レンズ45cの球面収差、非点収差、倍率色収差を図12に示す。この各収差図は、表5に示す前カバー41及びカバーガラス56を配置したものとなっている。なお、各収差の表記については、前述の実施例1,2と同様である。

40

【0060】

この撮像レンズ45cは、図13に示すように、任意の画角について前述の条件式(数1)を満たし、半画角 = 0 ~ 84.1度の全範囲で $(Y(+\theta) - Y(-\theta)) / Y(0)$ の値が0.7よりも大きく、さらに略全画角範囲で1.0に近い値となっている。したがって、この撮像レンズ45cを用いて球面状の被写体を撮影した画像は、周辺部分においても像の縮小、歪曲は小さい。すなわち、撮像レンズ45cは、最大画角 $2\theta_{MAX}$ が168.2度にも及ぶ広角レンズであるにもかかわらず、これを用いて撮影した画像は、周辺部分を含めた全範囲で、病変の見落としが懸念されるほどのディストーションは生じない。

50

【 0 0 6 1 】

以上のように、本発明のカプセル内視鏡は、前述の条件式（数１）を満たす撮像レンズを搭載することで、容易に嚥下される大きさに収まりながらも、十分な撮影範囲を保ち、かつ、撮影した画像の周辺部分においてもディストーションの影響が極めて少ない画像を得ることができる。したがって、患者の体内で姿勢制御が困難なカプセル内視鏡であるにもかかわらず、撮影漏れがないばかりか、診断時に撮影した画像の周辺部分に写し出された病変の見落としの可能性が極めて少ない画像を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、上述の実施形態では、患者の体内での姿勢や位置の制御をしないカプセル内視鏡を例に説明するが、これに限らず、患者の体内で姿勢や位置の制御を行うカプセル内視鏡においても本発明を好適に適用することができる。また、上述の実施形態で示すカプセル内視鏡を用いた診断の様態は一例であり、これに限らない。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 カプセル内視鏡による診断システムの概略を示す説明図である。

【 図 2 】 カプセル内視鏡の構成を示す断面図である。

【 図 3 】 カプセル内視鏡の撮影範囲を示す説明図である。

【 図 4 】 球面状の被写体を平面に結像させる時に生じるディストーションの例を示す説明図である。

【 図 5 】 実施例 1 の撮像レンズの構成を示す断面図である。

20

【 図 6 】 実施例 1 の撮像レンズの収差図である。

【 図 7 】 実施例 1 の撮像レンズのディストーションを示すグラフである。

【 図 8 】 実施例 2 の撮像レンズの構成を示す断面図である。

【 図 9 】 実施例 2 の撮像レンズの収差図である。

【 図 1 0 】 実施例 2 の撮像レンズのディストーションを示すグラフである。

【 図 1 1 】 実施例 3 の撮像レンズの構成を示す断面図である。

【 図 1 2 】 実施例 3 の撮像レンズの収差図である。

【 図 1 3 】 実施例 3 の撮像レンズのディストーションを示すグラフである。

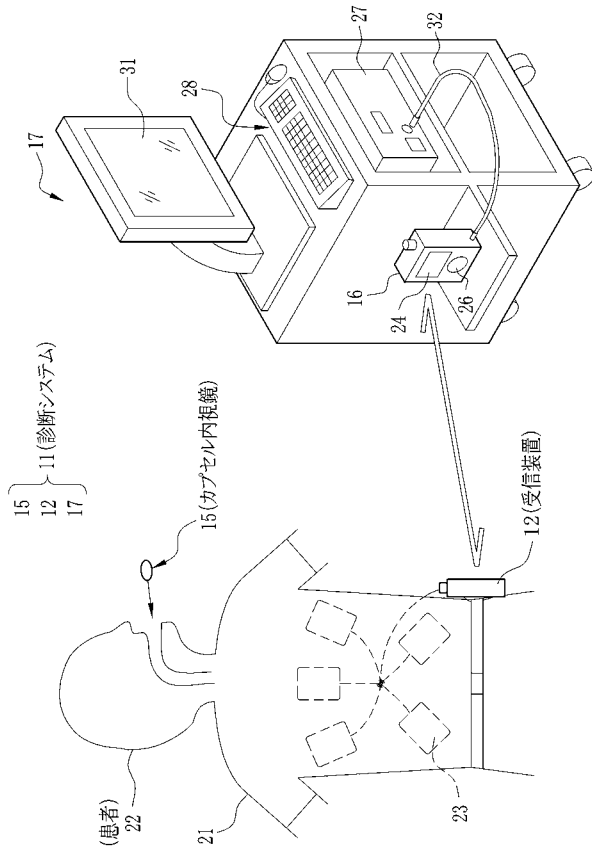
【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

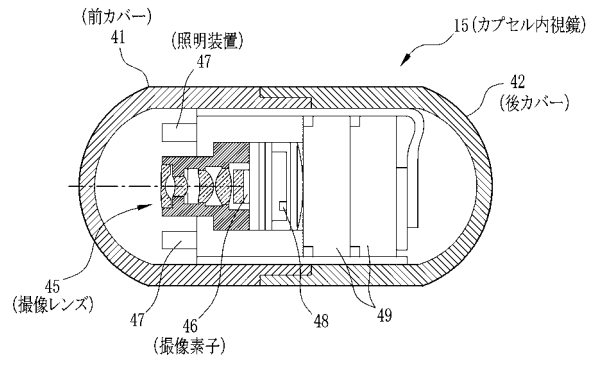
30

- 1 5 カプセル内視鏡
- 4 0 被写体
- 4 1 前カバー
- 4 2 後カバー
- 4 5 撮像レンズ
- 4 6 撮像素子
- 4 7 照明装置

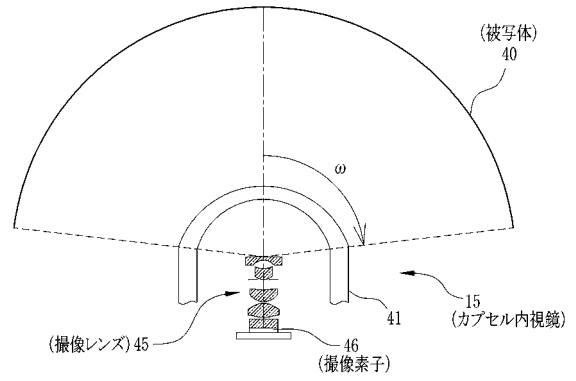
【 図 1 】



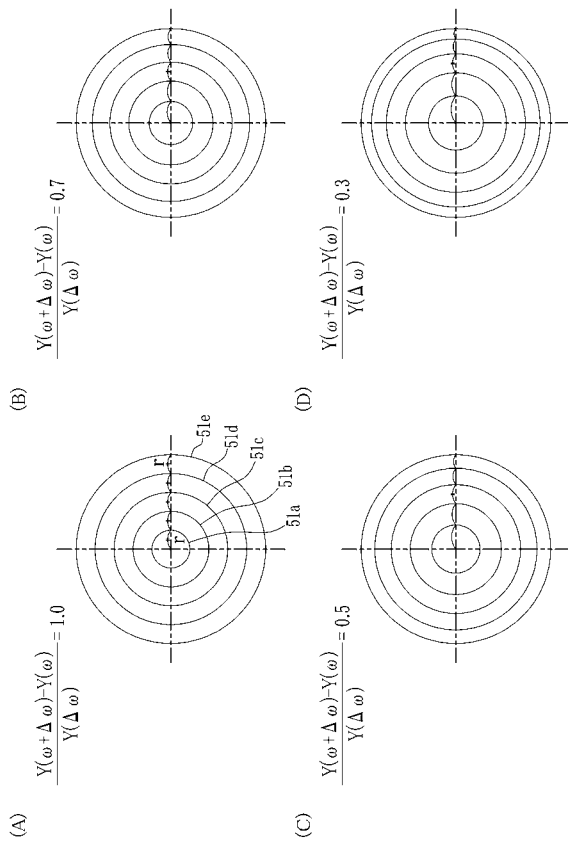
【 図 2 】



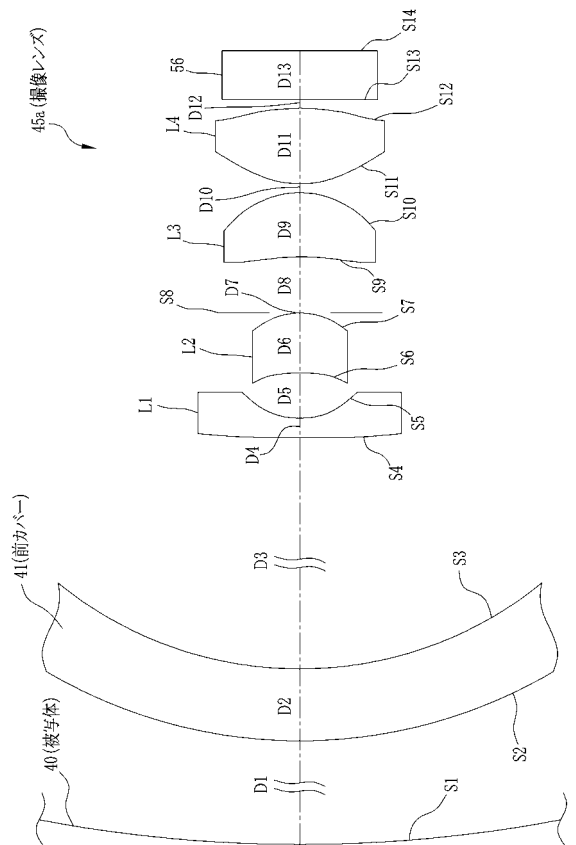
【 図 3 】



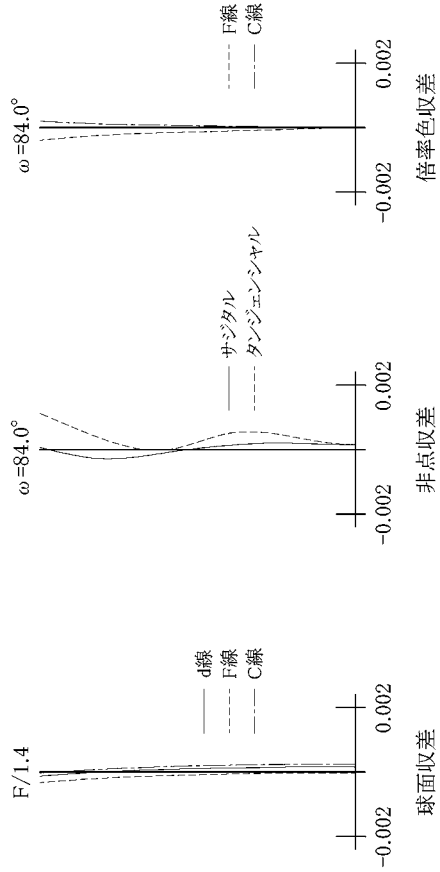
【 図 4 】



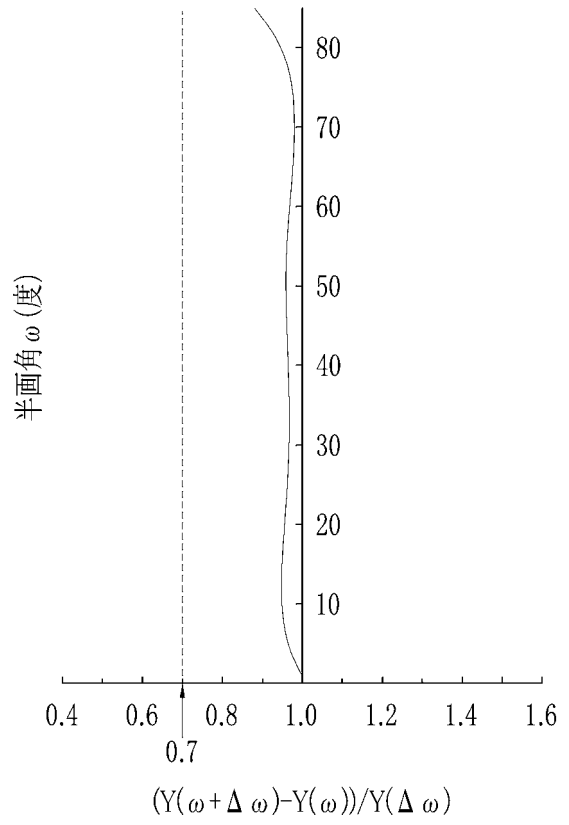
【 図 5 】



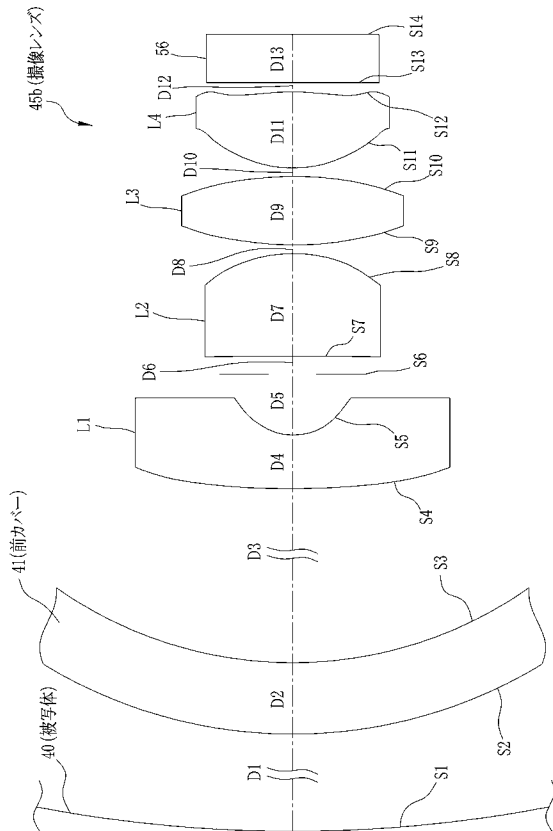
【 図 6 】



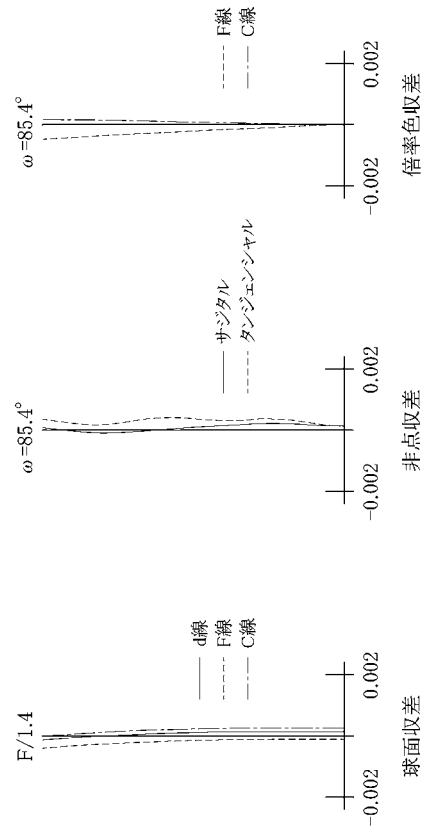
【 図 7 】



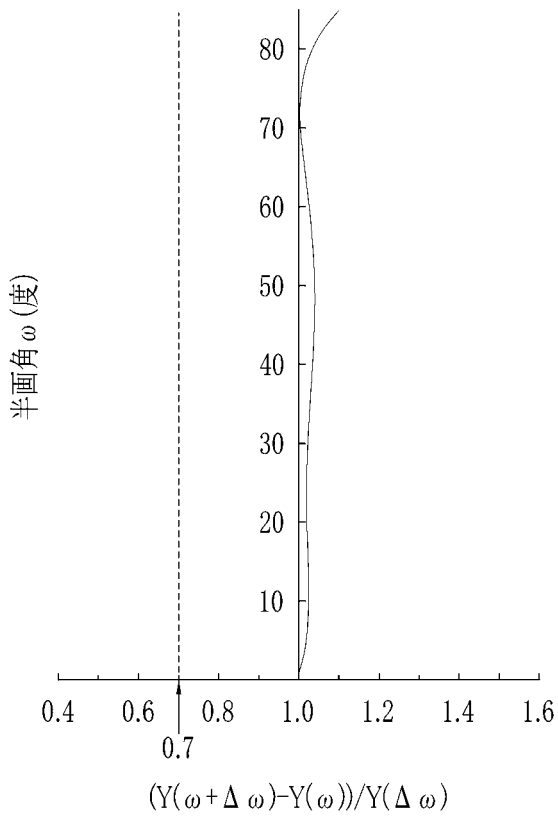
【 図 8 】



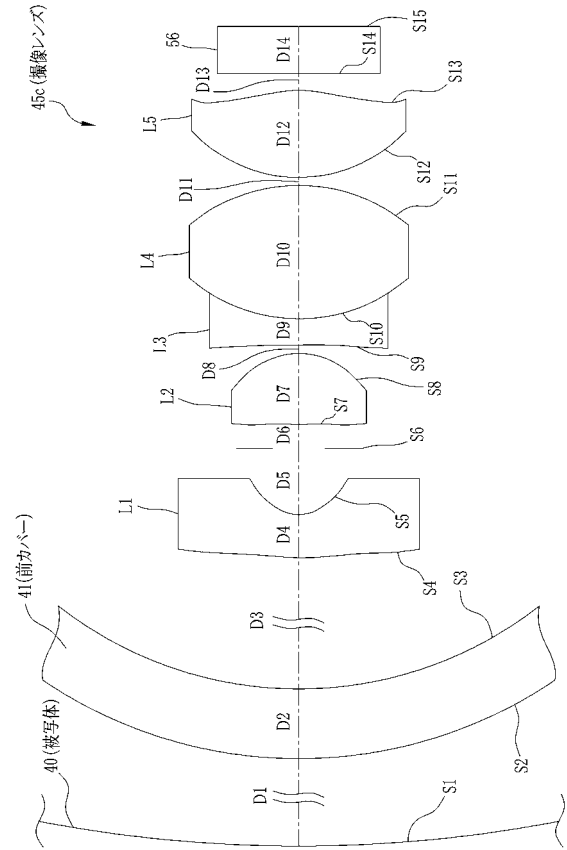
【 図 9 】



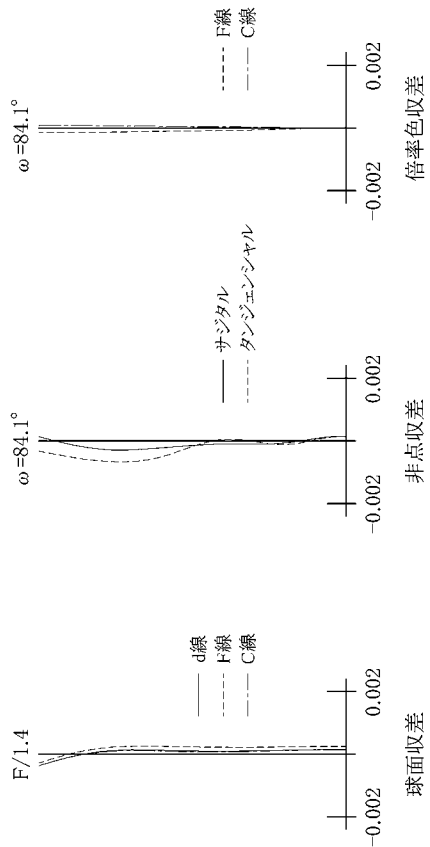
【図10】



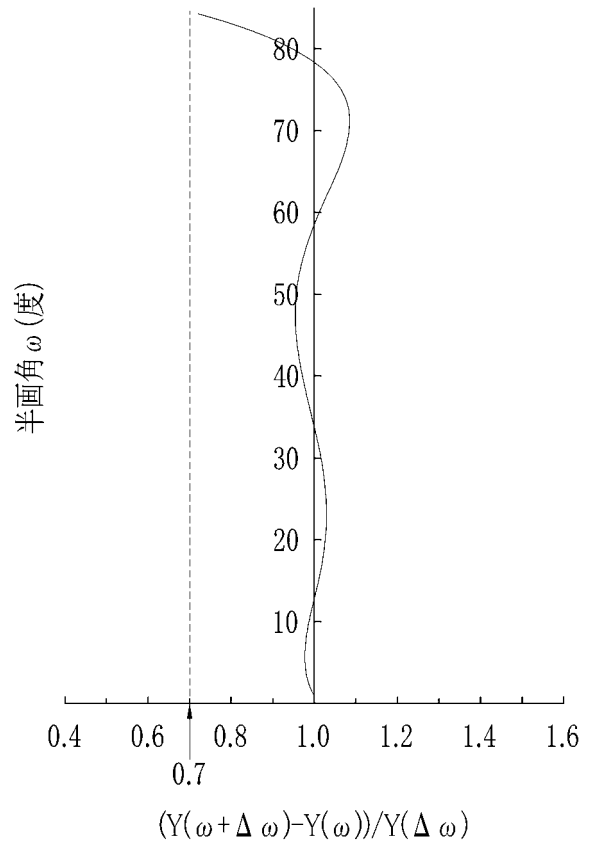
【図11】



【図12】



【図13】



【手続補正書】

【提出日】平成20年9月30日(2008.9.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

【数1】

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

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 13/00

Fターム(参考) 2H087 KA10 LA01 PA05 PA17 PA18 PB05 PB06 QA02 QA07 QA17
QA22 QA26 QA34 QA41 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32
4C061 CC06 DD10 FF40 JJ19 NN01 NN03 NN07 QQ02 QQ06 QQ07
UU06 YY02 YY12