

(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2005-80789

(P2005-80789A)

(43) 公開日 平成17年3月31日(2005.3.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B	2 H 0 4 0
G 0 2 B 23/26	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y	4 C 0 6 1
	G 0 2 B 23/26 C	
	G 0 2 B 23/26 D	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2003-314707 (P2003-314707)  
 (22) 出願日 平成15年9月5日 (2003.9.5)

(71) 出願人 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
 (72) 発明者 金野 光次郎  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス光学工業株式会社内  
 Fターム(参考) 2H040 BA14 CA22 GA02  
 4C061 CC06 DD10 FF35 FF40 JJ03  
 JJ19 LL02 NN03 UU06

(54) 【発明の名称】 カプセル型内視鏡

(57) 【要約】

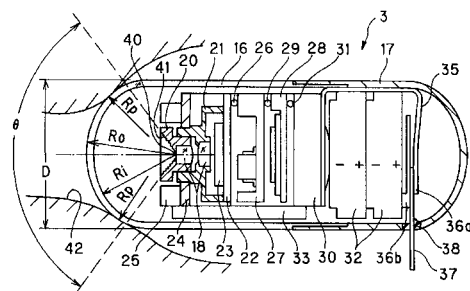
【課題】 観察視野を確保しつつ、カプセルサイズを小型化して飲み込み性も向上できるカプセル型内視鏡を提供する。

【解決手段】 生体内を照明する照明手段 2 5 と、照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段 2 3 と、撮像手段前方の対物光学系 1 8 と、対物光学系前方の透明カバー 1 6 と、を密閉カプセルに内蔵したカプセル型内視鏡において、以下の条件を満たす。

$$\cos(\theta/2) < a1 / b1 < 1$$

$$0.3 \leq \{ f^2 (1 - \cos(\theta/2)) / XB \cos(\theta/2) \} / | I | \leq 1$$

ただし、 $\theta$  は最大像高に対応した物体側画角、 $a1$  は視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長、 $b1$  は最大像高の視野方向  $\theta/2$  における対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長、 $I$  は対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲量 (最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲量と、サジタル方向の像面湾曲量を平均した値)、 $f$  は対物光学系の焦点距



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵したカプセル型内視鏡において、以下の条件を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡。

$$\cos(\theta/2) < a_1 / b_1 < 1$$

$$0.3 \leq \{ f^2 (1 - \cos(\theta/2)) / XB \cos(\theta/2) \} / |I| \leq 1$$

ただし、

$\theta$  : 最大像高に対応した物体側画角

10

$a_1$  : 視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$b_1$  : 最大像高の視野方向  $\theta/2$  における対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$I$  : 対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲量

(最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲量と、サジタル方向の像面湾曲量を平均した値)

$f$  : 対物光学系の焦点距離

$XB$  : 光学系視野中心におけるベスト距離

## 【請求項 2】

20

請求項 1 の対物光学系において、前記対物光学系と前記撮像手段の位置を調整するための調整機構をさらに備え、以下の条件を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡。

$$b_2 > 0.4$$

ただし、

$b_2$  : 最大像高の観察視野方向  $\theta/2$  における透明カバーの表面から、被写界深度  $L$   $b - n$  までの空気換算長

## 【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飲み込み型のカプセル型内視鏡に関する。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、内視鏡は医療用分野及び工業用分野で広く採用されるようになった。また、最近、内視鏡における挿入部を必要としないで、カプセル形状にしたカプセル型内視鏡を患者が飲み込むことにより、挿入部による挿入の苦痛を軽減できるようにしたものが医療用分野で使用される状況になった(例えば、特許文献 1、特許文献 2)。

## 【0003】

特許文献 1 の従来例では、略半球状の透明カバーの内部に対物レンズと、これを挟むように対称に設けた発光ダイオードによる照明手段とを内蔵し、発光ダイオードにより照明された被写体は観察範囲となる部分に対物レンズによりイメージセンサ上に結像するよう

40

## 【0004】

また、特許文献 2 の従来例でも、ほぼ同様の構成となっている。

【特許文献 1】特開 2001-91860 号公報(第 1 図)

【特許文献 2】WO 01/65995 A2(第 1 図)

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

これらの従来例では、略半球状の透明カバー内に対物レンズと照明体を固定したものであり、視野中心部分と視野周辺部分の曲率半径が同じものであるため、管腔臓器の粘膜が

50

透明カバーの中心部分まで密着しやすいという不具合があった。

【0006】

また、略半球状の中心から周辺まで同じ曲率の透明カバーの場合は、透明カバーに繋がるカプセル外径によって曲率半径が決まるので外径が太くなったり、カプセルの全長が長くなってしまふ等の不具合もあった。

【0007】

また、カプセル内視鏡の観察対象の形状を考慮した対物光学系の性能と、最適な観察範囲を確保するためのピント調整条件については何ら開示されていなかった。

【0008】

本発明は、上述した点に鑑みてなされたもので、カプセル内視鏡の観察に適した観察視野および観察範囲を確保しつつ、カプセルサイズを小型化して飲み込み性も向上できるカプセル型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】

【0009】

本発明のカプセル型内視鏡は、少なくとも生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵し、以下の条件を満たすことを特徴とするものである。

【0010】

$$\cos(\theta/2) < a_1 / b_1 < 1$$

$$0.3 \{ f^2 (1 - \cos(\theta/2)) / XB \cos(\theta/2) \} / |I| < 1$$

ただし、

$\theta$  : 最大像高に対応した物体側画角

$a_1$  : 視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$b_1$  : 最大像高の視野方向  $\theta/2$  における対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$I$  : 対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲量  
(最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲量と、サジタル方向の像面湾曲量を平均した値)

$f$  : 対物光学系の焦点距離

$XB$  : 光学系視野中心におけるベスト距離

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、観察の視野および観察範囲を確保しつつ、カプセルサイズを小さくできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施の形態)

図1及び図2は本発明の第1の実施の形態に係り、図1は第1の実施の形態を備えたカプセル型内視鏡装置等の構成を示し、図2は第1の実施の形態のカプセル型内視鏡の構成を示す。

【0013】

図1(A)に示すように本発明の第1の実施の形態を備えた内視鏡検査を行うカプセル型内視鏡装置1は、患者2の口部から飲み込まれることにより体腔内管路を通過する際に体腔内管路内壁面を光学的に撮像した画像信号を無線で送信するカプセル型内視鏡3と、このカプセル型内視鏡3で送信された信号を患者2の体外に設けたアンテナユニット4により受け、画像を保存する機能を有する、(患者2の体外に配置される)体外ユニット5とから構成される。

10

20

30

40

50

## 【0014】

この体外ユニット5には、画像データを保存するために、容量が例えば1GBのコンパクトフラッシュ(R)サイズのハードディスクが内蔵されている。

## 【0015】

そして、体外ユニット5に蓄積された画像データは検査中或いは検査終了後に図1(B)の表示システム6に接続して、画像を表示することができる。

## 【0016】

つまり、図1(B)に示すようにこの体外ユニット5は、表示システム6を構成するパーソナルコンピュータ(以下、パソコンと略記)7とUSBケーブル8等の通信を行う通信ケーブルで着脱自在に接続される。

10

## 【0017】

そして、パソコン7により体外ユニット5に保存した画像を取り込み、内部のハードディスクに保存したり、表示するため等の処理を行い表示部9により保存した画像を表示できるようにしている。このパソコン7にはデータ入力操作等を行う操作盤としての例えばキーボード10が接続されている。

## 【0018】

USBケーブル8としては、USB1.0、USB1.1、USB2のいずれの通信規格でも良い。また、この他にRS-232C、IEEE1394の規格のシリアルデータ通信を行うものでも良いし、シリアルデータ通信を行うものに限定されるものでなく、パラレルデータ通信を行うものでも良い。

20

## 【0019】

図1(A)に示すようにカプセル型内視鏡3を飲み込んで内視鏡検査を行う場合には、患者2が着るシールド機能を持つシールドシャツ11の内側には複数のアンテナ12が取り付けられたアンテナユニット4が装着され、カプセル型内視鏡3により撮像され、それに内蔵されたアンテナから送信された信号を受け、このアンテナユニット4に接続された体外ユニット5に撮像した画像を保存するようにしている。この体外ユニット5は、例えば患者2のベルトに着脱自在のフックにより取り付けられる。

## 【0020】

また、この体外ユニット5は例えば箱形状であり、前面には画像表示を行う表示装置としての例えば液晶モニタ13と、制御操作を行う操作ボタン14とが設けてある。また、体外ユニット5の内部には、送受信回路(通信回路)、制御回路、画像データ表示回路、電源を備えている。

30

## 【0021】

図2に示すようにカプセル型内視鏡3は、筒状でその先端側をほぼ半球形状にした透明な前カバー16と、筒状でその後端をほぼ半球形状にした後カバー17との後端及び前段を嵌合させてその内部に水密的な密閉構造のカプセル容器を形成し、その内部に対物光学系18等を収納している。

## 【0022】

前カバー16に対向する中央位置には、第1レンズ枠20と第2レンズ枠21とにそれぞれ第1レンズと第2レンズを取り付けて形成した対物光学系18が配置され、その結像位置には基板22の前面に取り付けたCMOSイメージャ23が配置されている。

40

## 【0023】

また第1レンズ枠20に嵌合するようにして固定された基板2には白色LED25が取り付けられている。

## 【0024】

CMOSイメージャ23を取り付けた基板22は接続部26で駆動処理回路27を形成し、電気部品を実装した基板に電氣的に接続されている。また、この駆動処理回路27を形成する基板の背面にはメモリ等を実装し、画像データを記憶する処理を行う記憶回路28を構成する基板が接続部29で接続するようにして配置されている。

## 【0025】

50

この記憶回路 28 を構成する基板の背面には無線通信を行う無線通信回路 30 を構成する基板が接続部 31 で接続するようにして配置されている。

【0026】

さらにこの無線通信回路 30 を構成する基板の背面にはボタン型の 2 つの電池 32 が配置されている。

【0027】

また、駆動処理回路 27 を形成する基板に隣接する側部にはアンテナ 33 が配置され、無線通信回路 30 と接続されている。

【0028】

また、電池 32 は、例えばその負極が無線通信回路 30 等のグラウンドに接続され、無線通信回路 30 等の（正の）電源端にはバネ状接点部材 35 のリード部の一端と接続されている。

【0029】

このバネ状接点部材 35 は電池 32 の背面で接点部 36 a となり、この接点部 36 a に近接するようにして電池 32 の正極に接続された他方の接点部 36 b が配置され、通常はその間に絶縁性のひも状部材 37 が介挿されて、OFF の状態に設定されている。

【0030】

この絶縁性のひも状部材 37 の一部は後カバー 17 に設けた弁部（或いはゴム栓部）38 の小さな切り欠きを通して外部に露出し、この絶縁性のひも状部材 37 を引き抜くことにより接点部 36 a、36 b は接触して ON となる。また、弁部 38 は閉じて水密を保持する。

【0031】

前カバー 16 におけるその前面となるドーム形状部分の内面及び外面は、その視野範囲（その範囲内の角度を  $\theta$  で示す）の周辺付近までは一定の曲率半径  $R_i$  及び  $R_o$  に設定されている。本実施の形態では、例えば  $R_i = 6.0 \text{ mm}$  及び  $R_o = 6.5 \text{ mm}$  に設定されている。

【0032】

また、曲率半径  $R_i$  及び  $R_o$  の中心位置が対物光学系 18 の入射瞳 40 の位置となるように設定されている。なお、本実施の形態では前カバー 16 の肉厚は均一にしている。

【0033】

また、視野範囲の周辺付近では、例えば外面の曲率半径  $R_p$  を曲率半径  $R_i$  及び  $R_o$  より小さい値（具体的には  $R_p = 4.0 \text{ mm}$ ）に設定してその外径部分側と滑らかに繋ぐようにしている。なお、本実施の形態ではこのカプセル型内視鏡 3 の外径  $D$  を  $11 \text{ mm}$  に設定している。

【0034】

また、第 1 のレンズ枠 20 の円錐形状の前面はその表面を粗面 41 等にするにより反射防止する機能を持たせている。

【0035】

また、本実施の形態では、視野範囲の角度  $\theta$  は例えば  $90^\circ \sim 110^\circ$  程度に設定されている。

【0036】

このように本実施の形態のカプセル型内視鏡 3 においては、図 2 に示すようにその前カバー 16 の前面側を略半球面形状にしているが、その場合対物光学系 18 の視野範囲の中心側の曲率半径（具体的には内面の曲率半径  $R_i$ 、外面の曲率半径  $R_o$ ）よりも、周辺側の曲率半径（具体的には外面の曲率半径  $R_p$ ）を小さくしていることが特徴となっている。

【0037】

このような構成にすることにより、周辺側の曲率半径を中心側の曲率半径と同じにした場合よりも、カプセル型内視鏡 3 で内視鏡検査を行う場合に、カプセル型内視鏡 3 における前カバー 16 の視野中央部分が管腔臓器の粘膜等に密着してしまうのを防止ないしは軽

10

20

30

40

50

減できるようにすると共に、カプセル型内視鏡 3 を小型化できるようにしている。

【0038】

次に本実施の形態の作用を説明する。

【0039】

図 1 (A) で示すように口部からカプセル型内視鏡 3 を飲み込んで体腔内に挿入した場合、体腔内では図 2 に示すように体腔内の管腔臓器の粘膜 4 2 にはカプセル型内視鏡 3 の前カバー 1 6 における視野中心側よりも周辺部側が接触し易くなる。

【0040】

つまり、中心側の曲率半径は大きく、周辺部側の曲率半径が小さく屈曲しているので、より屈曲している周辺部側が粘膜 4 2 に接触し、中央部側は密着しないで観察できる観察視野を確保できる状態或いは広い観察可能範囲を持つようにできる。

10

【0041】

また、図 2 において、周辺側も中心側と同じ曲率半径にすると、外径が太くなって大型化してしまい、飲み込みにくくなったり、挿入(移動)性が低下する欠点が生じるが、本実施の形態の構造にすることにより、小さなサイズにして飲み込み性を向上できると共に、円滑な移動性等も確保できる。

【0042】

具体的に説明すると、図 2 の場合には外径  $D (= 11 \text{ mm})$  を、前カバー 1 6 の視野中心付近での外径の曲率半径  $R_0 (= 6.5 \text{ mm})$  の 2 倍よりも小さくできる(これに対して、周辺側も中心側と同じ曲率半径にすると、外径  $D$  は  $13 \text{ mm}$  になって、本実施の形態よりも太くなってしまう)。

20

【0043】

また、周辺側に対して中央側の曲率半径を大きくすること(その極端な場合として、図 3 に示すように曲率半径を無限大にした平面の場合がより分かり易い)により、中央部分の突出量を抑えることができ、全長を短くして飲み込み性を向上できる。

【0044】

従って、本実施の形態は以下の効果を有する。

【0045】

外径や全長を小さくでき、飲み込み易くできると共に、広い観察視野を確保できる効果がある。

30

(第 2 の実施の形態)

次に本発明の第 2 の実施の形態を図 3 を参照して説明する。図 3 は本発明の第 2 の実施の形態のカプセル型内視鏡 5 1 を示す。

【0046】

このカプセル型内視鏡 5 1 は、筒状でその後端を丸くして閉塞した外装カバー 5 2 の前端に略半球形状の透明カバー 5 3 を嵌合させて接着等して、その内部を水密構造にし、対物光学系 5 4 等を収納している。

【0047】

透明カバー 5 3 に対向する中央位置には、第 1 レンズ枠 5 5 と第 2 レンズ枠 5 6 とにそれぞれ第 1 レンズと第 2 レンズを取り付けて形成した対物光学系 5 4 が配置され、その結像位置には基板 5 7 の前面に設けた凹部の平面部に CMOS イメージャ 5 8 が実装配置されている。

40

【0048】

また、第 1 レンズ枠 5 5 に嵌合する第 2 レンズ枠 5 6 の筒部に(嵌合して接着剤等で)固定された基板 6 0 には、白色光を出射する白色 LED 6 1 が複数取り付けられている。

【0049】

また、CMOS イメージャ 5 8 を取り付けた基板 5 7 の背面に駆動処理 & 記憶回路 6 2 を形成する基板が配置され、さらにその背面には無線通信回路 6 3 を構成する基板が配置されている。この基板の両面にはチップ部品 6 4 等が実装されている。

50

## 【0050】

この無線通信回路63を構成する基板の背面側にはボタン型の2つの電池32が配置されている。

## 【0051】

また、駆動処理回路62を形成する基板に隣接する側部にアンテナ65が配置され、無線通信回路63と接続されている。

## 【0052】

また、電池32は、図2で説明した場合と同様にバネ状接点部材35と接続され、絶縁性のひも状部材37が介挿されて、OFFの状態に設定され、この絶縁性のひも状部材37を引き抜くことにより接点部36a、36bは接触してONとなり、弁部38は閉じて密閉状態を維持する。

## 【0053】

本実施の形態では透明カバー53のドーム形状部分の内面及び外面は、その視野範囲の周辺付近まではほぼ平面に近い形状(従って、その曲率半径 $R_a$ は $R_a$ )に設定されている。なお、視野範囲は、例えば $90^\circ \sim 110^\circ$ 程度に設定されている。

## 【0054】

また、視野範囲の境界付近から外側(周辺側)はその曲率半径 $R_{p1}$ 或いは $R_{p2}$ に示すように中心側よりも小さな曲率半径にして滑らかに外径部分(の透明カバー53)に繋ぐようにしている。

## 【0055】

この場合の曲率半径 $R_{p1}$ 或いは $R_{p2}$ としては、例えば $1\text{mm} \sim 5\text{mm}$ の範囲内に設定されている。なお、本実施の形態でも透明カバー53の肉厚は均一にしている。

## 【0056】

また、本実施の形態では、図3に示すように視野範囲内では2点鎖線で示す部分の内側部分がピントが合わないピンボケ部分となり、これより外側がピントが合う部分となる。

## 【0057】

図3では光軸上では対物光学系54の第1レンズの前面から距離 $a + b$ 部分がピンボケ部分となり、これより遠距離側がピントが合う部分となる。

## 【0058】

この場合、対物光学系54の第1レンズの前面の光軸上の位置を $Y$ とし、その光軸上前方で透明カバー53の外表面の位置を $X$ とすると、その間の距離を $b$ で、この位置 $X$ と2点鎖線で曲面までの距離を $a$ で示している。

## 【0059】

そして、このように透明カバー53の視野の中心側を平面状にすることにより、中心部分での突出量を抑制でき、カプセル型内視鏡51の全長を短くできる。従って、飲み込み性を向上できる。

## 【0060】

また、中心側を平面形状にすることにより、中央側が粘膜42に接触しにくくでき、視野を確保できる。この場合、透明カバー53の外面の位置ではピントが合わないが、実質的には支障ない(突出量を抑えた分、全長を短くできる利点がある)。

## (第3の実施の形態)

次に本発明の第3の実施の形態を図4ないし図6を参照して説明する。図4は第3の実施の形態のカプセル型内視鏡を示し、図5は対物光学系の構成例を示し、図6は図5の場合における収差図を示す。

## 【0061】

図4に示すカプセル型内視鏡71は、円筒形状でその後端を半球状に丸くして閉塞した外装ケース72の先端側となる開口する端部に対物光学系の視野中心が入る部分の曲率半径よりも視野周辺部分の曲率半径を小さくなるような形状の透明カバー73を水密的に接続固定してその内側を密閉し、その密閉したカプセル容器内に以下の内臓物を収納してい

10

20

30

40

50

る。なお、破線で示した透明カバーは、半球状の透明カバーを想定したものである。

【0062】

透明カバー73に対向する中央部には、レンズ枠75に取り付けられた対物光学系76が配置され、その結像位置にはカバーレンズ77で保護されたCMOSイメージャ78が配置されている。このCMOSイメージャ78は例えば基板79の前面に実装されている。なお、CMOSイメージャ78の代わりにCCDでも良い。

【0063】

また、対物光学系76は2枚の凸平レンズで構成され、その後レンズとなる凸平レンズの後面をカバーガラス77に接着して固定されている。そして、ピント出しを行う場合には、後レンズに対してその外径に嵌合する内径のレンズ枠75側を光軸O方向に移動して調整し、調整後には接着剤などで固定される。

10

【0064】

また、レンズ枠75には白色LED80を取り付けた基板81がその中央に設けた孔をレンズ枠75に嵌合させて固定されている。この基板81はチップ部品が実装されており、白色LED80を間欠的にフラッシュ発光させるように駆動する駆動回路を形成している。

【0065】

また、CMOSイメージャ78を取り付けた基板79の背面には、基板79とでCMOSイメージャ78を駆動すると共に、出力信号に対する処理を行う駆動&処理回路82を構成する基板が配置されている。

20

【0066】

この駆動&処理回路82を構成する基板の背面には画像信号を無線で行う処理をする無線回路83を構成する基板が配置され、この無線回路83を構成する基板の背面にはボタン型の電池84が配置されている。

【0067】

また、このボタン型の電池84の背面側でカプセル状容器の後端となる内側には電源のONを外部から行うスイッチ85が収納されている。

【0068】

また、無線回路83の側面に隣接してアンテナ86が配置されている。

30

【0069】

図4に示す対物光学系76の第1レンズ及び第2レンズは例えば図5(A)に拡大して示すように径の小さい凸平レンズ87aと、それより径が大きい凸平レンズ87bとから構成され、第1レンズ87aの前面には明るさ絞り88が配置されている。

【0070】

そして、これらの第1レンズ及び第2レンズにより、CMOSイメージャ78の撮像面に像を結ぶ。

【0071】

本第3実施例における、透明カバーおよび被写界深度の位置関係に関して説明する。図4は、外径Dのカプセル型内視鏡をしめしており、図中の各パラメータは以下のとおりである。

40

L a : 視野中心方向における被写界深度の幅

L a - n : 視野中心方向における被写界深度近点端Q1と、対物光学系76の前側焦点位置までの空気換算長

L a - f : 視野中心方向における被写界深度遠点端Q2と、対物光学系76の前側焦点位置までの空気換算長

a 1 : 視野中心方向における、対物光学系76の前側焦点位置から透明カバー73の表面までの空気換算長

a 2 : 視野中心方向における、透明カバー73の表面から、視野中心方向における被写界深度近点端Q1までの空気換算長

50

：最大像高に対応した物体側画角

$L_b$  ：最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における被写界深度の幅

$L_{b-n}$  ：最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における被写界深度近点端と、対物光学系 76 の前側焦点位置までの空気換算長

$L_{b-f}$  ：最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における被写界深度遠点端と、対物光学系 76 の前側焦点位置までの空気換算長

$b_1$  ：最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における対物光学系 76 の前側焦点位置から透明カバー 73 の表面までの空気換算長

$b_2$  ：最大像高の観察視野方向  $\theta / 2$  における透明カバー 73 の表面から、視野中心方向における被写界深度遠点端 Q2 までの空気換算長

10

ただし、視野中心（光軸）方向における対物レンズ 76 の前側焦点位置を座標原点とし、物体側を正、像側を負、としている。

【0072】

図中、光軸 O に沿った方向では、 $a_1 + a_2$  の領域は被写界深度外であって、この範囲にある被写体の像は撮像素子 78 によってピントが合っていないボケた画像として取得される。又、 $L_a$  の領域は被写界深度内であって、この範囲にある被写体の像はピントが合った画像として取得される。

【0073】

同様に、観察視野範囲  $\theta$  においても、 $b_1 + b_2$  の領域は被写界深度外であって、この範囲にある被写体の像は撮像素子 78 によってピントが合っていないボケた画像として取得される。又、 $L_b$  の領域は被写界深度内であって、この範囲にある被写体の像はピントが合った画像として取得される。

20

【0074】

第 1、第 2 実施例におけるカプセル内視鏡において、先端側の透明カバー 73 は、対物光学系の視野中心が入る部分の曲率半径よりも視野周辺部分の曲率半径を小さくなるように形成されている。即ち以下の条件を満たしている。

【0075】

$$R_o > R_p \dots\dots (1)$$

ここで、 $R_o$ 、 $R_p$  の意味は、

$R_o$  は光学系視野中心における透明カバーの物体側の曲率半径、

$R_p$  は光学系視野周辺における透明カバーの物体側の曲率半径である。

30

【0076】

一方、第 3 実施例における透明カバーの形状は  $\theta$  の範囲内において、

$$R_o = R_p$$

であり、(1) の条件を満たさないが、以下の条件を満たしている。

【0077】

$$\cos(\theta / 2) < a_1 / b_1 < 1 \dots\dots (2)$$

本発明によるカプセル内視鏡の狙いの一つは、透明カバー形状を工夫することによってカプセル全長を短縮することにある。このためには、破線で示すような半球状の形態から、透明カバーを短縮する方向に変形せしめることが必要になる。この変形の条件は、(1) における条件式を満たすことによって目的を果たすことができるが、(2) の条件を満たすことによって、(1) の条件式を満たさない場合でも全長を短縮することが可能となる。

40

【0078】

式 (2) の下限は、

$$b_1 = a_1 / \cos(\theta / 2)$$

となつて、第 2 実施例で示すように  $R_o = R_p$  となる場合である。

【0079】

また、式 (2) の上限は、

$$b_1 = a_1$$

50

となつて、透明カバーが半球形状となる場合である。

【0080】

カプセル内視鏡は、従来の内視鏡とは異なり、診断時に臓器内に空気を送気する機構を有していない。このため、従来の内視鏡のように、被写体との間に十分な距離を保って平坦な物体を観察する機会は殆ど無いという特徴を有する。

【0081】

また、一方で、胃のような大空間においては、被検者が体位を変えることによってカプセルを前後左右に動かすことが出来る程度の一定の空間も存在するが、その場合でもカプセルの一部が胃の内壁に密着した状態で観察することが多く、胃壁を平面状物体として観察する機会は殆ど無い。このことから考えると、カプセル内視鏡の観察対象物体の形状は、カプセルを包み込むような球面形状を想定することが望ましい。

10

【0082】

このときの状況を第9図に説明する。第9図において、カプセル内視鏡で想定している観察範囲を灰色にて示す。カプセル内視鏡においては、球面の形態をしている物体が、対物光学系の視野中心における遠位点 $Q_f$ から近位点 $Q_n$ まである幅をもって存在した場合に、その範囲内で観察できることが重要である。このとき、あまりにも透明カバー表面に近い物体に関しては観察可能範囲として想定していないが、この理由は複数あるため後述する。

【0083】

第3実施例における対物光学系76は、このような物体形状に最適となる収差の特徴を有している。このことを第7図を用いて説明する

20

ここで、被写界深度を像側の深度（これを一般的に焦点深度と呼ぶ）へ換算したとすると、焦点深度の中心と両端が定義できる。この焦点深度の両端に共役な物体側の距離を、被写界深度の遠点距離、または近点距離、焦点深度の中心に共役な物体側の距離のことをベストワーキングディスタンス（またはベスト距離）と呼ぶ。

第7図（A）では、像面湾曲が発生していない場合の光学系に対して、平面状の物体を撮像する場合の状態を表している。このとき、軸上のベスト距離 $X_B$ に対して、軸外のベスト距離はやはり $X_B$ であり、被写界深度も軸上と軸外でほぼ同等のものとなる。

【0084】

一方、第7図（B）では、光学系の像面湾曲が発生していない場合の光学系に対して、球面状の物体を撮像する場合の状態を想定している。このとき、軸上のベスト距離 $X_B$ に対して、最大像高である視野角 $\theta/2$ における軸外のベスト距離は、光軸方向のベスト距離に換算して、 $X_B \cos(\theta/2)$ となる。

30

【0085】

カプセル内視鏡にて想定すべき物体形状および観察可能範囲は、第9図に灰色で示した。これに対して、対物光学系76の軸上のベスト距離を遠位点 $Q_f$ に置いた場合に、軸外のベスト距離の設定は、軸上のベスト距離と同等か、それよりもCCD側の領域（第9図斜線で示す範囲）に、設定することが望ましい。これにより、カプセル内視鏡にて想定すべき物体形状に最適な収差の発生状況とすることが出来る。このとき、光学系が満たすべき像面湾曲の条件を以下に求める。

40

【0086】

軸上での物点距離を $X_B$ とした場合、 $X_B$ における対物光学系の倍率を $\beta$ 、対物光学系の焦点距離を $f$ とすると以下のように表現できる。

【0087】

$$f / \beta = X_B \quad \dots (3)$$

一方、球面物体観察時に対応する物点距離は、 $X_B \cos(\theta/2)$ と設定できるので、 $X_B \cos(\theta/2)$ における対物光学系の倍率を $\beta'$ として、

$$f / \beta' = X_B \cos(\theta/2) \quad \dots (4)$$

ゆえに球面物体観察時の軸上物点と軸外物点の像面のズレ量は、

$$|f - f \beta' / \beta| = f^2 (1 - \cos(\theta/2)) / X_B \cos(\theta/2) \quad \dots (5)$$

50

一方、光学系における像面湾曲収差は、球面物体による像面のズレを打ち消す方向に発生する。この像面湾曲収差量を  $I$  とすると、

$$|I| = |f - f'| \dots (6)$$

の条件を満たせば、球面物体を観察した場合に像面のズレが 0 となっている状態を示すこととなる。つまり、この式を変形し、

$$|f - f'| / |I| = \dots (7)$$

とすると、カプセル内視鏡として最適な像面湾曲収差量は以下の条件式で規定できる。

【0088】

$$0.3 \{ f^2 (1 - \cos(\theta/2)) / XB \cos(\theta/2) \} / |I| = 1 \dots (8)$$

ただし、

$I$  : 対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲収差量  
(最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲収差量と、サジタル方向の像面湾曲収差量を平均した値)

$f$  : 対物光学系の焦点距離

$XB$  : 光学系視野中心におけるベスト距離

上記条件式の上限を越えると、軸上物点に対する結像面位置と軸外物点に対する結像面位置の乖離が大きくなって、カプセル内視鏡で想定される球面状物体を観察することができない。また、上記条件式の下限を越えると、像面湾曲収差量が大きくなりすぎて、軸外物点に対して十分な観察範囲を確保することができない。

【0089】

なお、このようなレンズ設計は例えば撮像面が図5(A)の2点鎖線で示すようにレンズ側に中央部が凹となるような湾曲した撮像面を考えて、この湾曲した撮像面に結像するように設計する。

【0090】

このように設計することにより、実際には撮像面は光軸  $O$  と垂直となっているので、光軸  $O$  に近い部分の撮像面に結像する領域では湾曲しない場合とほぼ同様の撮像面となるので、この領域でピントが合った状態で結像した場合には、周辺側ではより近距離側に設定された物体に対してピントが合う状態にできる。

【0091】

ところで、第3実施例における光学系76は、ピント調整機構を有しており、この調整によって、被写界深度範囲  $L_a$ 、 $L_b$  を設定することができる。第9図では、考慮すべき物体の形状を定義したが、 $L_a$ 、 $L_b$  が、想定物体範囲と同等となるための望ましいピント調整に関しては説明しなかった。以下に、光学系76のカプセル内視鏡として望ましい被写界深度の設定に関して説明する。

【0092】

カプセル内視鏡で想定するピント調整設定は、 $L_a$ 、 $L_b$  における近接距離  $L_a - n$ 、 $L_b - n$  がドーム表面を含まないような設定とすることが重要である。 $L_a$ 、 $L_b$  がドーム表面も含むような設定とすると、透明カバーに存在するボツ・キズにピントが合った状態となり、これらをクッキリと観察することになってしまう。このため、消化管内壁などの観察画像に透明カバーのボツ・キズが重なって見えてしまい、診断に支障をきたすことになる。一般的に透明カバーはプラスチック素材にて形成されており、透明カバー成型時やカプセル組立て時に、透明カバー表面などにボツ・キズがつきやすく、そのため実使用時には、ボツ・キズが画像として映らない工夫を施す必要がある。

【0093】

また、 $L_a$ 、 $L_b$  がドーム表面を含まない設定にするもうひとつの理由は以下のとおりである。条件式(2)の特徴を有する透明カバーは、透明カバー表面と光学系との距離が短くなるため、 $L_a - n$ 、 $L_b - n$  がドーム表面も含むような設定とすると、 $L_a - f$ 、 $L_b - f$  が、透明カバー表面に近くなりすぎてしまい、遠くの病変が観察できなくなるという不具合が発生してしまう。

【0094】

10

20

30

40

50

この点に関して第7図(A)を使ってもう少し詳細に説明することにする。一般的な内視鏡において、ベスト距離をXBとした場合の像面位置XB'に、画素ピッチPの固体撮像素子を配置する場合を考える。固体撮像素子を固定した条件において、物体をXNまで近接すると、近接時の像面位置XN'は固体撮像素子の撮像面位置からずれることになるが、固体撮像素子の撮像面における許容錯乱円径が、CCDの分解能KP(ただしKはCCDと回路系の特性によって決まる係数)よりも小さいと認識できる場合、XBからXNまでの物体像はピントが合っていると見なすことができる。即ち、許容錯乱円径がKPと一致するまでの範囲を近点側の被写界深度と定義することができる。

## 【0095】

このとき、ニュートンの結像式から、以下の式が成立する。

10

被写界深度の近点側の式：

$$1/XN - 1/XB = KP Fno / f^2 \dots (9)$$

同様に被写界深度の遠点側の式も以下のように定義される。

## 【0096】

$$1/XB - 1/XF = KP Fno / f^2 \dots (10)$$

(9)式と(10)式をあわせると、

$$1/XN - 1/XF = 2KP Fno / f^2 \dots (11)$$

となる。

## 【0097】

ただし、ベスト距離をXB、被写界深度近点までの距離をXN、被写界深度遠点までの距離をXF、固体撮像素子の画素ピッチをP、光学系の焦点距離をf、光学系の開口をFno、CCDと回路系の特性によって決まる係数をKとしている。

20

## 【0098】

上記のような被写界深度の一般式に、カプセル内視鏡に用いられる具体的な数値を当てはめて考察すると以下ようになる。

消化器系の臓器の中でも比較的空間が存在する大腸などの診断においては、La - fは少なくとも、

$$La - f > 30 \text{ mm} \dots \dots (12)$$

が必要である。

## 【0099】

仮に、K = 3、P = 5 μm、Fno = 5、f = 1、カプセル外径D = 10 mmといったパラメータを設定することによりLa - nを求めると、

$$La - n > 5.45 \text{ mm}$$

となる。

## 【0100】

次に、軸外における観察深度範囲は、軸上の一般式に対して、(8)式にて規定した像面湾曲の影響がかかわってくるため、(8)式の上限、下限について場合分けを行う。

i) 上限の場合

式(8)における上限値程度まで像面湾曲収差を発生させた条件下においては、

$$La - n \quad Lb - n$$

40

であるので、カプセル外径D = 10 mmのとき、図10に破線で示した半球面から対物光学系までの距離はおおよそD / 2 = 5 mmとなる。

## 【0101】

また、図4より、明らかのようにLb - n > D / 2 > b1の関係があるので、

$$b2 = Lb - n - b1 > 0.45 (> 0)$$

となる。このように、b2を少なくともゼロ以上として、透明カバー表面から適当な距離をとるように対物光学系のピント調整を行うことで、図10に斜線で示した観察範囲を確保することができる。すなわち、軸上での観察範囲の遠位点Qf = 30 mm、近位点Qn = 5.45 mmに球面状の物体を配置した場合には、視野の中心から周辺までそれらを良好に観

50

察することができる。また、視野の中心から周辺まで、近位点 $Q_n$ を透明カバーの表面から離して配置したので、透明カバーのボツ・キズが観察画像に映り込んで診断の妨げになることがない。

ii) 下限の場合

式(8)における下限値程度まで像面湾曲収差を発生させた条件下では像面湾曲収差の発生量が増加するので、 $b_2$ をi)の場合と同様に  $b_2 > 0.45$  となるように対物光学系のピント調整を行うと、

$$L_{a-n} > L_{b-n} \text{ かつ } L_{a-f} \gg 30 \text{ mm}$$

となり、図11に斜線で示した観察範囲を確保することができる。このように観察範囲を設定したカプセル内視鏡は、特に管空形状の臓器の観察で使用する場合に有効である。すなわち、視野周辺に分布する管空状臓器の内壁を漏れなく観察しつつ、カプセルの進行方向をも見通すことができる点で大きな利点がある。

10

【0102】

以上のように、条件式(1)または(2)を満たす透明カバーを採用し、さらに像面湾曲収差発生量が条件式(8)を満たす対物光学系を採用して、かつ $b_2$ を少なくともゼロ以上として、透明カバー表面から適当な距離をとるように対物光学系のピント調整を行うことで、小型で良好な観察性能を有するカプセル内視鏡を実現することができる。

【0103】

図5(A)に示した対物光学系76で、視野角を $90^\circ$ に設定した場合における収差図を図6(A)に示す。図6(A)において、横軸は近軸の結像位置からの距離を符号を含めて示し、縦軸は像の高さを示す。この収差図から実線で示すサジタル像面 $s$ での収差とメリジオナル像面 $m$ の収差の中間の1点鎖線で示す曲線がベスト像面の収差となる。

20

【0104】

このときの、対物光学系76の光学系データを以下に記載する。この光学系は、平凸レンズ2枚で構成している。一般的に平凸レンズは両凸レンズに比べて、球面研磨を行う工程が無い場合、製作工程が短くコストを安くできるため、カプセル内視鏡のような使い捨て製品に対して大なる効果があることは言うまでもない。

(添付光学系データ1)

$$f = 1.00, \quad f_F = -0.359, \quad f_B = -0.051$$

30

$$IH = 0.727, \quad = 88.2, \quad X_B = 2.0$$

$$r_1 = \quad (\text{絞り})$$

$$d_1 = 0, \quad n_1 = 1$$

$$r_2 =$$

$$d_2 = 0.845, \quad n_2 = 1.51633, \quad v_2 = 64.15$$

$$r_3 = -0.7293$$

$$d_3 = 0.2391, \quad n_3 = 1$$

$$r_4 = 1.4689$$

$$d_4 = 0.9963, \quad n_4 = 1.51633, \quad v_4 = 64.15$$

$$r_5 =$$

$$d_5 = 0.2246, \quad n_5 = 1$$

40

$$r_6 = \quad (\text{撮像面})$$

$$d_6 = 0, \quad n_6 = 1$$

条件式

$$S = -0.133, \quad M = 0.013, \quad |I| = |(S + M) / 2| = 0.06$$

$$f_2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) = 0.02$$

$$\{ f^2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) \} / |I| = 0.33$$

対物光学系76の代わりに、別の特性をもつ光学系を設置してもかまわないが、基本特性は対物光学系76と同等の特性を有している。

50

(添付光学系データ2)

$$f = 1.00 \quad , \quad f_F = -0.371 \quad , \quad f_B = -0.051$$

$$IH = 0.72 \quad , \quad = 90.2 \quad , \quad X_B = 2.0$$

$$r_1 = \quad (\text{絞り})$$

$$d_1 = 0.0328 \quad , \quad n_1 = 1$$

$$r_2 =$$

$$d_2 = 0.9849 \quad , \quad n_2 = 1.79196 \quad , \quad v_2 = 47.37$$

$$r_3 = -1.3164$$

$$d_3 = 0.1094 \quad , \quad n_3 = 1$$

$$r_4 = 1.857$$

$$d_4 = 0.6018 \quad , \quad n_4 = 1.79196 \quad , \quad v_4 = 47.37$$

$$r_5 =$$

$$d_5 = 0.6493 \quad , \quad n_5 = 1$$

$$r_6 = \quad (\text{撮像面})$$

$$d_6 = 0 \quad , \quad n_6 = 1$$

条件式

$$S = -0.11, \quad M = 0, \quad |I| = |(S + M) / 2| = 0.06$$

$$f_2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) = 0.02$$

$$\{ f^2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) \} / |I| = 0.33$$

10

20

対物光学系76の代わりに、低コスト化をさらに追求した光学系を以下に記載する。これも、基本特性は対物光学系76と同等の特性を有している。

(添付光学系データ3)

$$f = 1.00 \quad , \quad f_F = -0.595 \quad , \quad f_B = -0.507$$

$$IH = 0.769 \quad , \quad = 83.8 \quad , \quad X_B = 2.0$$

$$r_1 = \quad (\text{絞り})$$

$$d_1 = 0 \quad , \quad n_1 = 1$$

$$r_2 = 1.3696$$

$$d_2 = 0.7689 \quad , \quad n_2 = 1.49214 \quad , \quad v_2 = 57.6$$

$$r_3 = -0.6259 \quad (\text{非球面})$$

$$d_3 = 0.8663 \quad , \quad n_3 = 1$$

非球面係数K項  $K = 0$

非球面係数4次の項  $AC4 = 1.6880E-01$

$$r_4 = \quad (\text{撮像面})$$

$$d_4 = 0, \quad n_4 = 1$$

条件式

$$S = -0.238, \quad M = -0.337, \quad |I| = |(S + M) / 2| = 0.288$$

$$f_2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) = 0.017$$

$$\{ f^2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) \} / |I| = 0.59$$

30

40

この光学系は、プラスチック素材を用いており、ガラス研磨レンズに比べて製作コストを低くするような工夫を施している。この光学系では、非球面を導入し、1枚のみで必要な性能を確保するように工夫されており、さらに低コスト化を実現している。

【0105】

この光学系の形状は、第8図(A)のとおりであり、第8図(B)に示した像面の湾曲性能を有している。

【0106】

図5(A)の光学系の場合には、視野角が90°を越えると収差が急激に大きくなるた

50

め、より大きな視野角の場合には、図5(B)に示すような光学系に設定することが望ましい。

【0107】

図5(B)では図5(A)における第1レンズとして(ミニ)メニスカスレンズ87cを採用している。このメニスカスレンズ87cは前面側が比較的大きな曲率半径で凹面となり、全体としては凸パワーのレンズ機能(特性)を示す。

【0108】

この光学系を用いて例えば120°の視野角に設定した場合の収差図を図6(B)に示す。この場合には、視野角を大きくした場合にも、その収差が大きくなるのを軽減できる。

【0109】

この光学系と同様の特性を有する視野角120度の光学系データを以下に記載する。

(添付光学系データ4)

$$f = 1.00 \quad , \quad f_F = -0.267 \quad , \quad f_B = -0.738$$

$$IH = 0.8 \quad , \quad = 113.6 \quad , \quad X_B = 2.0$$

$$r_1 = \quad (\text{絞り})$$

$$d_1 = 0.0664 \quad , \quad n_1 = 1$$

$$r_2 = -1.5971$$

$$d_2 = 1.0304 \quad , \quad n_2 = 1.883 \quad , \quad v_2 = 40.76$$

$$r_3 = -1.062$$

$$d_3 = 0.0499 \quad , \quad n_3 = 1$$

$$r_4 = 1.396$$

$$d_4 = 0.8143 \quad , \quad n_4 = 1.514 \quad , \quad v_4 = 75$$

$$r_5 =$$

$$d_5 = 0.7889, \quad n_5 = 1$$

$$r_6 = \quad (\text{撮像面})$$

$$d_6 = 0, \quad n_6 = 1$$

条件式

$$S = -0.056, \quad M = -0.045, \quad |I| = |(S + M) / 2| = 0.051$$

$$f_2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) = 0.041$$

$$\{ f^2 (1 - \cos(\quad / 2)) / X_B \cos(\quad / 2) \} / |I| = 0.8$$

メニスカスレンズ87cは平凸レンズ87bに比べて加工性が悪くなるが、光学プラスチックを所望の形状に射出成型することで、加工性を大幅に改善することができる。

【0110】

また、平凸レンズ87bも同様に光学プラスチックを射出成型すれば加工コストの安い対物光学系76を実現できる。

【0111】

以上により、第3の実施の形態と同様に透明ドームを有し、且つ一般的な内視鏡に存在する送気処理が行えないカプセル内視鏡において最適となる観察性能を有するとともに、第1あるいは第2の実施の形態のように前カバー16におけるそのドーム形状部分の中心付近での突出量を抑制してカプセル全長を短いサイズに出でき、良好な飲み込み性を確保できる。

[付記]

3. 生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵したカプセル型内視鏡において、以下の条件を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡。

10

20

30

40

50

## 【0112】

$$R_o > R_p$$

ただし、 $R_o$  は光学系視野中心における透明カバーの物体側の曲率半径、

$R_p$  は光学系視野周辺における透明カバーの物体側の曲率半径

4. 生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵したカプセル内視鏡において、以下の条件を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡。

## 【0113】

$$\cos(\theta / 2) < a_1 / b_1 < 1$$

ただし、 $\theta$  は、対物光学系の視野範囲に対応する画角

$a_1$  : 視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$b_1$  : 最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

5. 生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系と該撮像手段の位置を調整するための調整装置と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵したカプセル内視鏡において、以下の条件を満たすことを特徴とするカプセル型内視鏡。

## 【0114】

$$\cos(\theta / 2) < a_1 / b_1 < 1$$

$$b_2 > 0$$

$$0.3 \{ f^2 (1 - \cos(\theta / 2)) / XB \cos(\theta / 2) \} / |I| < 1$$

ただし、

$\theta$  : 最大像高に対応した物体側画角

$a_1$  : 視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$b_1$  : 最大像高の視野方向  $\theta / 2$  における対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面までの空気換算長

$b_2$  : 最大像高の観察視野方向  $\theta / 2$  における透明カバーの表面から、被写界深度  $L$   $b - n$  までの空気換算長

$I$  : 対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲量  
(最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲量と、サジタル方向の像面湾曲量を平均した値)

$f$  : 対物光学系の焦点距離

$XB$  : 光学系視野中心におけるベスト距離

6. 生体内を照明する照明手段と、該照明手段によって照明された部位を撮像する撮像手段と、該撮像手段前方の対物光学系と、該対物光学系と該撮像手段の位置を調整するための調整装置と、該対物光学系前方の透明カバーと、を密閉カプセルに内蔵したカプセル内視鏡において、以下の条件を満たす。

## 【0115】

$$\cos(\theta / 2) < a_1 / b_1 < 1$$

$$b_2 > 0.4$$

$$0.3 \{ f^2 (1 - \cos(\theta / 2)) / XB \cos(\theta / 2) \} / |I| < 1$$

ただし、

$\theta$  : 最大像高に対応した物体側画角

$a_1$  : 視野中心方向における、対物光学系の前側焦点位置から透明カバーの表面まで

の空気換算長

b 1 : 最大像高の視野方向 / 2 における対物光学系の前側焦点位置から透明カバー 7 3 の表面までの空気換算長

b 2 : 最大像高の観察視野方向 / 2 における透明カバーの表面から、被写界深度 L b - n までの空気換算長

I : 対物光学系の平面物体観察時における像面湾曲量  
(最大視野画角におけるメリジオナル方向の像面湾曲量と、サジタル方向の像面湾曲量を平均した値)

f : 対物光学系の焦点距離

XB : 光学系視野中心におけるベスト距離

10

7 . 付記 5 または 6 のカプセル内視鏡において、さらに以下の条件を有する。

【 0 1 1 6 】

$$L a - f > 3 0$$

L a - f : 視野中心方向における被写界深度遠点端と、対物光学系の前側焦点位置までの空気換算長

8 . 付記 5、6 において、前記対物光学系に少なくとも平凸レンズを含むことを特徴とするカプセル型の内視鏡。

20

9 . 付記 7 において、前記対物光学系に少なくとも平凸レンズを含むことを特徴とするカプセル型の内視鏡。

1 0 . 付記 5、6 において、前記対物光学系は光学プラスチックにより成り、少なくとも非球面を 1 面以上有していることを特徴とするカプセル型の内視鏡。

1 1 . 付記 7 において、前記対物光学系は光学プラスチックにより成り、少なくとも非球面を 1 面以上有していることを特徴とするカプセル型の内視鏡。

1 2 . 付記 5、6 において、前記対物光学系に少なくとも凸のパワーを有するメニスカス状のレンズを含むことを特徴とするカプセル型の内視鏡。

30

1 3 . 付記 7 において、前記対物光学系に少なくとも凸のパワーを有するメニスカス状のレンズを含むことを特徴とするカプセル型の内視鏡。

1 4 . 付記 5、6 で、前記撮像手段が撮像して、撮像された画像信号を体外に送信する送信手段を内蔵したことを特徴とするカプセル型内視鏡

( 付記 3 ~ 1 4 の背景 )

従来例として、特開 2 0 0 1 - 9 1 8 6 0 と P C T W O 0 1 / 6 5 9 9 5 A 2 とがある。

40

( 従来技術の概要と不具合 )

前者は、略半球状の透明カバー内に対物レンズと照明体を固定したものであり、対物レンズは凹レンズと凸レンズを組み合わせた構成であり、対物光学系の被写界深度に関しては何ら開示されていない。また略半球状の透明カバーの視野中心部分と視野周辺部分の曲率半径が同じものであった。このため、( 削除 ) 透明カバーに繋がるカプセル外径によって曲率半径が決まるので外径が太い場合には全長が長くなるという不具合があった。

【 0 1 1 7 】

また、後者は撮像手段として C M O S を使ったもので、対物レンズは凸凸レンズ 1 個で構成されているものであり、前者と同じく対物光学系の被写界深度に関しては何ら開示さ

50

れていない。前者と同じ不具合があった。

(付記3～14の目的)

簡単な構成でカプセルの全長を短くできるような透明カバーを用いる場合に、被写界深度の近点端を透明カバー表面よりも物体側に設定することで、1.ゴミ対策、2.遠点画質の確保、3.粘膜の存在を十分考慮した被写界深度の設定を行うことを目的とする。しかも、送気を行う手段がないカプセル型の内視鏡においても周辺の画像が的確に観察できるように物体形状を球形を置いた場合に像面の平坦性が確保でき、良好な観察性能を得ることを目的としている。そのため、付記3～14の構成にした。

【図面の簡単な説明】

【0118】

10

【図1】本発明の第1の実施の形態を備えたカプセル型内視鏡装置等の構成を示す図。

【図2】第1の実施の形態のカプセル型内視鏡の内部構成を示す断面図。

【図3】本発明の第2の実施の形態のカプセル型内視鏡の内部構成を示す断面図。

【図4】本発明の第3の実施の形態のカプセル型内視鏡を示す断面図。

【図5】対物光学系の構成例を示す図。

【図6】図5の場合における収差図。

【図7】本発明の第4の実施の形態のカプセル型内視鏡の内部構成を示す断面図。

【図8】(a)は第3実施例の対物光学系の変形例を示す図、(b)は(a)に示した対物光学系の像面湾曲収差の発生量を示す収差図。

【図9】カプセル内視鏡で想定している観察範囲を示した図。

20

【図10】第3実施例において、条件式(8)の上限付近の像面湾曲収差を発生させた光学系に対して、 $b_2$ を少なくともゼロ以上として、透明カバー表面から適当な距離をとるように対物光学系のピント調整を行ったときの観察範囲を示す図。

【図11】第3実施例において、条件式(8)の下限付近の像面湾曲収差を発生させた光学系に対して、 $b_2$ を少なくともゼロ以上として、透明カバー表面から適当な距離をとるように対物光学系のピント調整を行ったときの観察範囲を示す図。

【符号の説明】

【0119】

- 1 カプセル型内視鏡装置
- 2 患者
- 3 カプセル型内視鏡
- 4 アンテナユニット
- 5 体外ユニット
- 6 表示システム
- 7 パソコン
- 8 USBケーブル
- 11 シールドシャツ
- 12 アンテナ
- 13 液晶モニタ
- 16 前カバー
- 17 後カバー
- 18 対物光学系
- 20、21 レンズ枠
- 23 CMOSイメージャ
- 25 白色LED
- 27 駆動処理回路
- 28 記憶回路
- 30 無線通信回路
- 32 電池
- 33 アンテナ

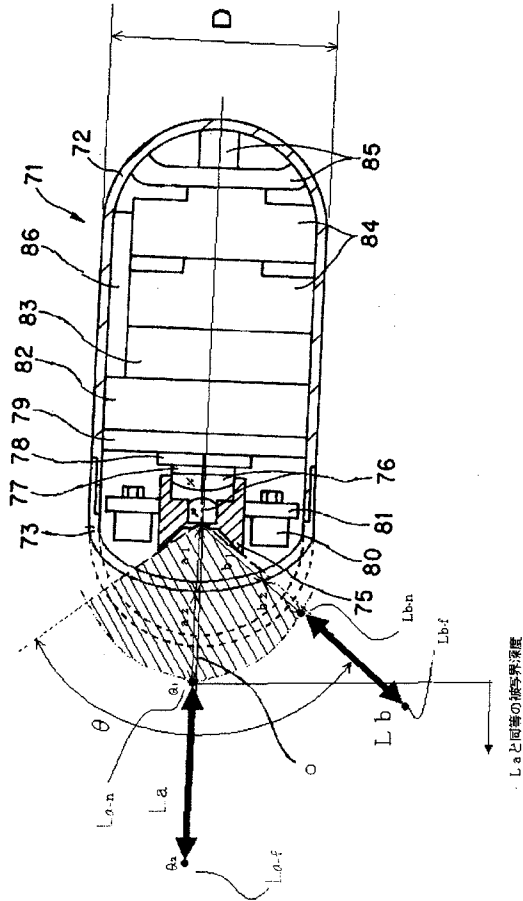
30

40

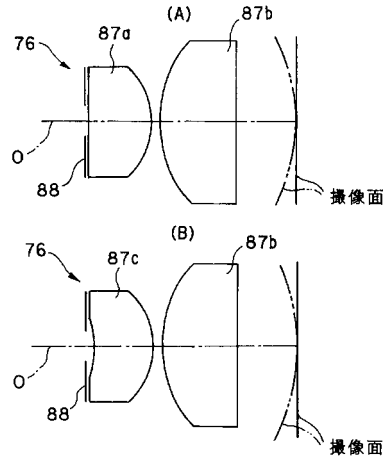
50



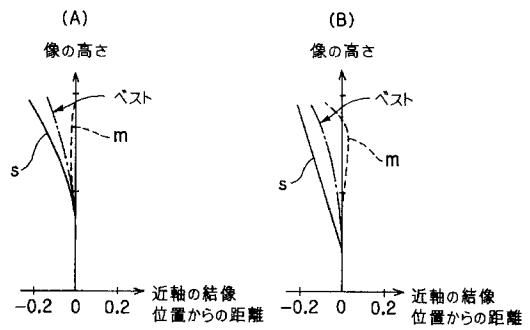
【 図 4 】



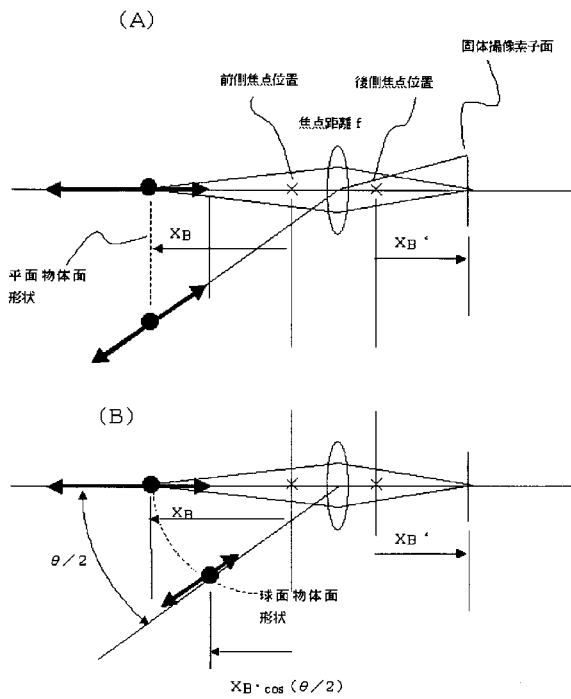
【 図 5 】



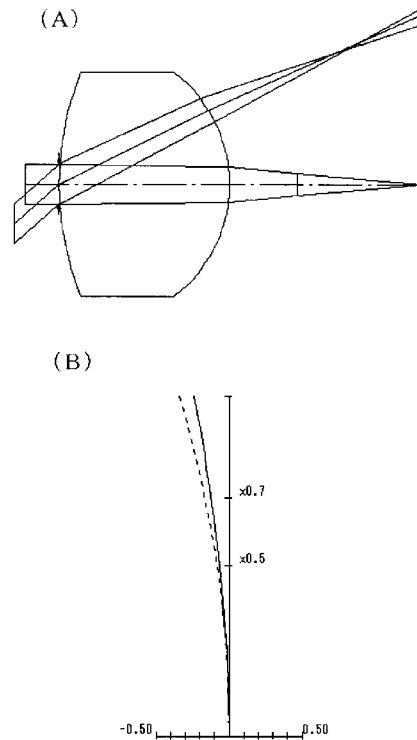
【 図 6 】



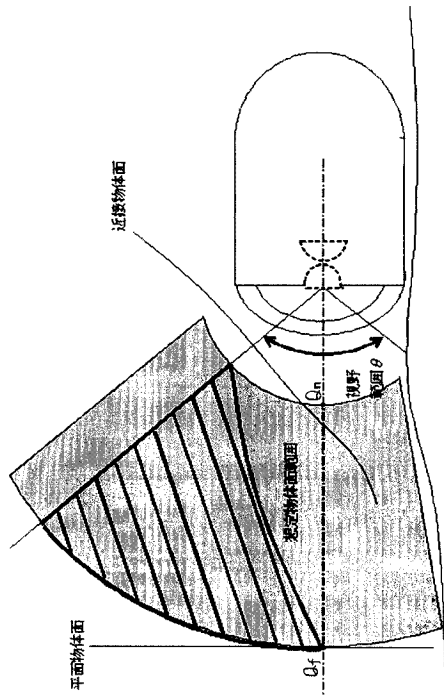
【 図 7 】



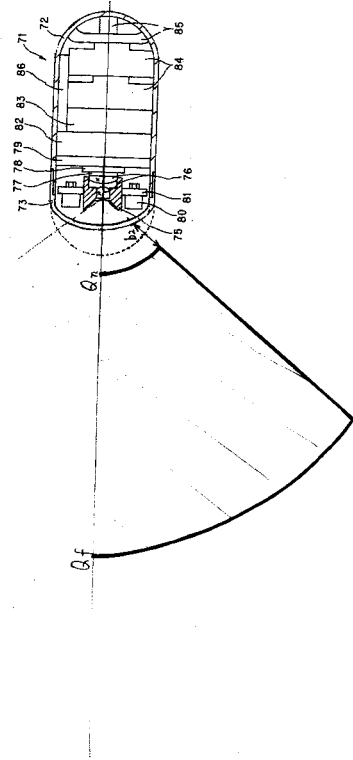
【 図 8 】



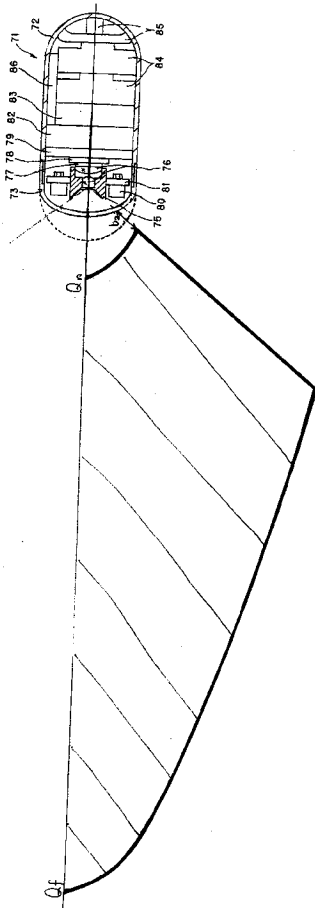
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

【要約の続き】

離、XBは光学系視野中心におけるベスト距離である。

【選択図】 図2

专利名称(译)	胶囊内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP2005080789A</a>	公开(公告)日	2005-03-31
申请号	JP2003314707	申请日	2003-09-05
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	金野光次郎		
发明人	金野 光次郎		
IPC分类号	G02B23/26 A61B1/00 A61B1/05 A61B1/273 A61B1/31 G02B23/24		
CPC分类号	A61B1/041 A61B1/00096 A61B1/2733 A61B1/31 G02B23/2423		
FI分类号	A61B1/00.320.B A61B1/00.300.Y G02B23/26.C G02B23/26.D A61B1/00.C A61B1/00.610 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA14 2H040/CA22 2H040/GA02 4C061/CC06 4C061/DD10 4C061/FF35 4C061/FF40 4C061/JJ03 4C061/JJ19 4C061/LL02 4C061/NN03 4C061/UU06 4C161/CC06 4C161/DD07 4C161/DD10 4C161/FF14 4C161/FF35 4C161/FF40 4C161/JJ03 4C161/JJ19 4C161/LL02 4C161/NN03 4C161/UU06		
其他公开文献	JP4128504B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种胶囊内窥镜，该胶囊内窥镜能够减小胶囊尺寸并改善可吞咽性，同时确保观察视野。解决方案：提供用于照亮生物体内的照明装置25，用于捕捉由照明装置照亮的部位的图像的图像捕捉装置23，在图像捕捉装置前面的物镜光学系统18以及在物镜光学系统前面的透明盖16。内置于密闭胶囊中的胶囊型内窥镜满足以下条件。 $\cos(\theta/2) \geq (1 - \cos(\theta/2)) / XB \cos(\theta/2) / |\Delta l| \leq 1$   $\theta$ 是与最大像高相对应的物方视角， $a_1$ 是从物镜光学系统的前焦点位置到透明盖表面在视场中心方向上的空气转换长度， $b_1$ 是在最大像高 $\theta$ 下的视场方向如图2所示，从物镜光学系统的前焦点位置到透明盖表面的空气转换长度， $\Delta l$ 是观察物镜光学系统的平面物体时的像场弯曲量（最大视场角在子午方向上的像场弯曲量，通过对矢状方向上的像场弯曲量求平均值而得到的值， $f$ 是物镜光学系统的焦距， $XB$ 是在光学系统视野中心的最佳距离。

[选择图]图2

