(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号 特許第3791777号 (P3791777)

(45)発行日 平成18年6月28日(2006.6.28)　(24)登録日 平成18年4月14日(2006.4.14)

(51)Int.Cl.　A61B 1/00 (2006.01)　F I　A61B 1/00 300Y

請求項の数 3　(全 22 頁)

(21)出願番号 特願2001-401830 (P2001-401830)
(22)出願日 平成13年12月28日 (2001.12.28)
(65)公開番号 特開2003-199708 (P2003-199708A)
(43)公開日 平成15年7月15日 (2003.7.15)
審査請求日 平成16年10月20日 (2004.10.20)

(73)特許権者 000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人 100076233
弁理士 伊藤 進
(72)発明者 粂井 一裕
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
(72)発明者 菅 武志
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
(72)発明者 石井 広
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子内視鏡

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

光位相変調マスクを有さない対物光学系を備える電子内視鏡を接続可能な信号処理装置に接続可能な、光位相変調マスクを有する対物光学系を備える電子内視鏡であって、

前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを有さない対物光学系よりも小さくなるように作用するよう配置され、

前記光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスは、前記光位相変調マスクを有さない対物光学系の被写界深度よりも広い物体距離にわたって、前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上あることを特徴とする電子内視鏡。

【請求項２】

点像の前記固体撮像素子受光面上の面積が最も小さくなる物体距離において、前記光位相変調マスクを有する対物光学系の前記点像の固体撮像素子受光面上の面積Ｗは、前記固体撮像素子の画素ピッチをＰとしたときに、$W \leqq 36 \times P^2$ を満たすことを特徴とする請求項１に記載の電子内視鏡。

【請求項３】

前記光位相変調マスクは、前記対物光学系の光軸をＺ軸とし、互いに直交する２軸をＸ、Ｙとしたとき、波長５８７．５６ｎｍの光に対して

$\exp\{i \times \alpha (X^3 + Y^3)\}$　（但し、$|X| \leqq 1$、$|Y| \leqq 1$）

の位相の変換を行うものであり、前記αは８以下の係数であることを特徴とする請求項１または２に記載の電子内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子内視鏡システムに関し、特に、仕様や用途の異なる複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタで観察するための電子内視鏡システムに関する。

【０００２】

【従来の技術】

内視鏡は、周知の通り、直接目視できない生体内等を観察することができ、医療分野を中心に診断、治療に広く使用されている。そして、近年、被写体像をＣＣＤ等の固体撮像素子によって電気信号に変換し、モニタにて観察可能とした電子内視鏡が普及している。このような内視鏡は、観察する部位に応じて種々の内視鏡が用いられる。内視鏡は、光源装置や信号処理回路を含むカメラコントローラ（信号処理装置）等に接続されて使用される。また、信号処理回路には、画質向上や被写体の強調を目的とした画像処理回路が搭載されており、コントラスト改善のために、例えば、次に示すような、対称な２次元ディジタルフィルタが用いられている。この次に示すマトリックスは、中心画素とその周囲の画素の値に対する係数を決定するものである。

【０００３】

－１　－５　－１
－５　２５　－５
－１　－５　－１

一方、内視鏡光学系には、光学系の簡易さ、操作性の良さから、固定焦点光学系が一般的に用いられ、その観察部位に応じて必要な被写界深度が得られるように設計されている。

【０００４】

しかしながら、固定焦点光学系で被写界深度を広くすると光学系のＦナンバーを大きくする必要があり、明るさが低下するといった問題が生じる。さらに、光の回折限界の理由から被写界深度の拡大には限界がある。

これに対し、光学系の被写界深度を拡大する手法は、例えば、米国特許５，７４８，３７１号や「Ｅｄｗａｒｄ　Ｒ．Ｄｏｗｓｋｉ，　Ｊｒ．，　Ｗ．Ｔｈｏｍａｓ　Ｃａｔｈｅｙ，　”Ｅｘｔｅｎｄｅｄ　ｄｅｐｔｈ　ｏｆ　ｆｉｅｌｄｔｈｒｏｕｇｈ　ｗａｖｅ－ｆｒｏｎｔ　ｃｏｄｉｎｇ”，　Ａｐｐｌ．Ｏｐｔ．Ｖｏｌ．３４，　１８５９－１８６６（１９９５）」等に開示されている。図２２は、　従来例による拡大被写界深度光学系の構成を概略的に示す図である。この手法による装置は図２２に示されるように、ＣＣＤ等の撮像手段１０４と、物体１０１の像を撮像手段１０４の受光面に結像させるレンズ系１０３である光学系の瞳位置に配置されたキュービック位相変調マスク１０２と、撮像手段１０４からの画像データに基づいて画像を構築する画像処理装置１０５とを有している。

【０００５】

キュービック位相変調マスク１０２は、一方の面は平面で、他方の面は図２３に示されるようにＺ＝Ａ（X^3+Y^3）で表される形状をなしている。図２３は、このキュービック位相変調マスクの外観形状を説明するための図である。Ａは、任意の係数である。すなわち、一方の面は、ＸＹ平面上の平面であり、他方の面は、ＸＹ平面に直交するＺ軸方向に上記の式を満たす三次元曲面である。図２３は、Ｘ及びＹが－１から＋１の範囲における三次元曲面の状態を説明するための図である。従って、三次元曲面形状は、係数Ａに応じて変化する。

【０００６】

キュービック位相変調マスク１０２は、これを通過する光の位相にＰ（Ｘ，Ｙ）＝ｅｘｐ(ｊα（X^3+Y^3）)のずれを与える。ここで、係数αは、２０よりも十分に大きな値が好ましく、これにより光学的伝達関数（以下、ＯＴＦともいう。）のレスポンスは０．２以下となり、回転非対称な収差（ボケ）による点像の大きさは、撮像手段１０４の画素に比べ十分に大きくなる。

【０００７】
このようなキュービック位相変調マスク１０２を持たない通常の光学系の場合、物体１０１が合焦位置からずれるに従って光学的伝達関数のレスポンスの様子は、図２４から図２５へ変化し、物体１０１がさらにずれると図２５から図２６へと変化する。図２４は、通常の光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。図２５は、通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。図２６は、通常の光学系において物体が焦点位置から図２５のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【０００８】
これに対してキュービック位相変調マスク１０２を持つ拡大被写界深度光学系の場合、同じずれに対するＯＴＦのレスポンスはそれぞれ図２７から図２９に示されるようになり、合焦位置においてもＯＴＦのレスポンスに低下が見られるが、合焦位置からのずれに対する変化は少ない。図２７は、拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。図２８は、拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）の強度分布を示すグラフである。図２９は、拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図２８のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【０００９】
この光学系によって結像された画像は、画像処理装置１０５によって、図３０に示されるキュービック位相変調マスク１０２のＯＴＦ特性の逆フィルタによる処理が行われることによって、図２７から図２９に示されるＯＴＦに対してそれぞれ図３１から図３３に示されるＯＴＦのレスポンスが得られる。図３０は、拡大被写界深度光学系において光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して行なわれる処理の逆フィルタの特性を示すグラフである。図３１は、図２７の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。図３２は、図２８の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。図３３は、図２９の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【００１０】
図３１から図３３に示されるＯＴＦのレスポンスは、いずれも、通常の光学系の合焦時のＯＴＦのレスポンスに近い形を有している。その逆フィルタとして、例えば次に示すような非対称な２次元ディジタルフィルタが用いられる。次に示すマトリックスは、中心画素とその周囲の画素の値に対する係数を決定するものである。

【００１１】

４００	－３００	－４０	－２０	－２０
－３００	２２５	３０	１５	１５
－４０	３０	４	２	２
－２０	１５	２	１	１
－２０	１５	２	１	１

次に、実際の画像を用いて説明する。通常の光学系では、物体の焦点位置からずれるにつれて、焦点ずれによるボケが生じてくる。

【００１２】
これに対して、拡大被写界深度光学系では、同じずれに対して撮像手段１０４で得られる

画像すなわち画像処理前の画像は、いずれもボケているが、キュービック位相マスク１０２による大きな回転非対称な収差（ボケ）が発生しているためであり、そのボケの程度はほぼ一定となっている。これらの画像に対して前述の逆フィルタによる画像処理を行うと、通常の光学系に近い焦点ずれの少ない画像となっている。つまり、図２２の装置は焦点深度を拡大していることがわかる。

【００１３】

さらに、これを内視鏡に応用したものが、特開２０００－５１２７号明細書に開示されている。開示された内視鏡システムは、図３４に示すように、複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタ１１６で観察するための内視鏡システムである。複数種の内視鏡の内、少なくとも１つの内視鏡１１１は、光学系１１２の中にキュービック位相変調マスク等のような光位相変調マスク１１３を有する。さらに、内視鏡１１１は、撮像装置１１４の出力側に内視鏡の光位相変調マスク１１３に対応した光学的伝達関数復元手段１１５が備えられている。

【００１４】

光学的伝達関数復元手段１１５は、光学系１１２内の光位相変調マスク１１３の逆フィルタに相当する復元手段を含んでいる必要がある。光学的伝達関数復元手段１１５は、図３４に示されるように内視鏡１１１内部に設けられても良いし、内視鏡１１１が接続されかつモニタ１１６に映像を表示するカメラコントローラ（信号処理装置）１１７内に設けられても良い。１１８は、光源装置である。これによれば、光位相変調マスク１１３の種類や有無に関わらず、様々な内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大や、高解像の画像を生成することができる。

【００１５】

さらに、特開２０００－２６６９７９号明細書には、内視鏡対物光学系への光位相変調マスクの実装手段が開示されている。ここでは、光学系の光位相変調マスクとして、前記光学系の被写界深度の拡大を目的としたキュービック位相変調マスク等の回転非対称な光学素子を用いている。その回転非対称な光学素子と、回転非対称な開口形状を有する明るさ絞りと、固体撮像素子との光軸に対する回転方向の位置出し手段が設けられている。これらの構成によって、回転方向の正確な位置決めを可能とし、回転非対称なボケの方向を決定することで、画像処理による正確な像の回復をすることができる。

【００１６】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、米国特許５，７４８，３７１号や、特開２０００－５１２７号等に示されるように、光学系に光位相変調マスクを用いて、被写界深度を拡大する技術を内視鏡に適用する場合、光位相変調マスクによる光学的伝達関数の悪化を回復し、高解像の画像を得るための光学的伝達関数復元手段が必要になる。従って、個々の光位相変調マスクに一対一に応じた復元手段が、カメラコントローラ（信号処理装置）内の画像処理回路、もしくは内視鏡内部に搭載されている必要がある。

【００１７】

しかしながら、現状の一般的な内視鏡システムにおけるカメラコントローラ内の画像処理回路においては、撮像光学系を介して得られた画像の光学的伝達関数のレスポンスに対し、特定の周波数帯域を強調することによって画像の見えを調整する画像処理回路は搭載されているものの、例えば被写界深度拡大を目的とした、内視鏡光学系内に搭載した光位相変調マスクに応じた復元手段は有していないため、前記内視鏡光学系内に光位相変調マスクを有する内視鏡を接続すると、解像した画像を得ることができず、互換性を確保できない。

また、互換性を確保するために、内視鏡内部に光学的伝達関数復元手段を設ける場合、画像信号をディジタル信号に変換するＡ／Ｄ変換部と、ディジタル信号化された画像信号を映像信号に変換する信号変換部と、光学的伝達関数復元のための画像処理部と、再び映像信号から画像信号に信号変換するための信号変換部と、Ｄ／Ａ変換部が内視鏡内部に必要となる。これらの処理のための回路は複雑であり、回路規模も大きくなるため、内視鏡本

体の肥大化を招き、操作性が悪くなるという問題が生じる。

【００１８】

さらに、前述したような高解像な画像を得るためには、光位相変調マスクと光学的伝達関数復元手段が一対一に対応している必要があるが、例えば、回転非対称な光学素子を光位相変調マスクとして用いた場合、光軸に対して回転するような組立上のばらつきが発生すると、光学的伝達関数復元手段との対応をとることができなくなり、高解像な画像を得ることができないという問題がある。この解決手段として、特開２０００－２６６９７９号明細書に示されるように、回転非対称な光学素子の回転方向の正確な位置決めを行うための手段が開示されているが、撮像光学系の構成が複雑になるという欠点が生じる。

【００１９】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明は、上述した点に鑑みてなされたものであり、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を生成できる内視鏡システムを提供することを目的とする。

【００２０】

本発明の電子内視鏡システムは、対物光学系の光学像を固体撮像素子によって撮像する、複数種の内視鏡が接続される電子内視鏡システムであって、少なくとも１つの内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するよう配置され、光位相変調マスクを有する内視鏡に対し、光位相変調マスクを有さない内視鏡と同一の信号処理装置が接続される。

【００２１】

このような構成によれば、光位相変調マスクを含む対物光学系は、光位相変調マスクを含まない通常の対物光学系に対し光学的伝達関数を変更し、通常の撮像光学系よりも大きな被写界深度にわたって、光の強度にはほとんど影響しないように光学的伝達関数を変更する。そして、光位相変調マスクを含む対物光学系を用いた内視鏡の固体撮像素子からの画像信号を、信号処理装置によってモニタに映し出す映像信号に変換する。従って、本内視鏡システムによれば、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を生成することができる。

【００２２】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【００２３】

（第１の実施の形態）

図１ないし図１４に、本発明の内視鏡システムの第１の実施の形態を示す。

【００２４】

図１は、第１の実施の形態に係る内視鏡システムの概略の構成を示す構成図である。図２は、第１の実施の形態に係る光位相変調マスクを含む撮像ユニットの構成を説明するための図である。図３は、第１の実施の形態に係る、明るさ絞りを配置した瞳変調素子の構造を説明するための概略説明図である。図４は、第１の実施の形態に係るカメラコントローラ(信号処理装置)の構成を示すブロック図である。図５ないし図８は、第１の実施の形態に係る瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍのときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図９は、瞳変調素子を含む撮像ユニットの各物体距離の光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図である。図１０ないし図１３は、通常の光学系における撮像ユニットの物体距離７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍのときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図１４は、通常の光学系における各物体距離についての光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明する

ための図である。
【００２５】
本実施の形態は次のように構成されている。
【００２６】
図１に示すように、固体撮像素子５と、その固体撮像素子５上の被写体の像を結像する対物光学系６とを有する内視鏡１と、内視鏡１で得られた画像信号を処理して映像信号を出力するカメラコントローラ（信号処理装置）２と、観察用の照明光を発生する光源装置３と、カメラコントローラ２からの映像信号を表示するモニタ４とを備えている。そして、本実施の形態の内視鏡システムでは、複数の種類の内視鏡１を接続することができるようになっており、複数の種類の内視鏡１のうち、少なくとも１つの内視鏡１は、その対物光学系６内に、回転非対称な対象な表面形状を有する光学素子である光位相変調マスク７が設けられている。
【００２７】
撮像ユニット２５は、図２に示すように、固体撮像素子５と固体撮像素子５に被写体像を結像する対物光学系６により構成される。図３（ａ）は、光が入射する方向から見たときの瞳変調素子７ａと明るさ絞り部材８の外観を示す図である。入射光に垂直なＸＹ平面に平行に明るさ絞り部材８が設けられ、絞り部材８の開口部を通して入射した光が瞳変調素子７ａに入射する。また、図３（ｂ）に示すように、光が入射する方向から見て明るさ絞り部材８の背面の位置に、光位相変調マスク７として、瞳変調素子７aが配置されている。
本実施の形態で用いられる固体撮像素子５は、例えば、画素ピッチが７μmのものが用いられる。
また、光位相変調マスク７として用いた瞳変調素子７aは、例えば屈折率１．５２３の光学的に透明なガラスで形成されており、広い被写界深度にわたって光学的伝達関数がほぼ一定となる変換手段である。さらに該瞳変調素子７aは、図３（ｂ）に示すように、対物光学系６の光軸をＺ軸とし、Ｚ軸と直交する面内にＸ、Ｙ軸としたときに、$Ｚ＝Ａ（Ｘ^3＋Ｙ^3）$の形状をした自由曲面を有していて、本実施の形態ではＡ＝０．０５１とする。
【００２８】
光位相変調マスク７は、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用し、かつ、点像の前記固体撮像素子受光面上の面積が最も小さくなる物体距離において、前記光位相変調マスクを有する前記内視鏡の対物光学系の前記点像の固体撮像素子受光面上の面積が、光位相変調マスクを持たない内視鏡の対物光学系の点像の固体撮像素子受光面上の面積よりも大きくなるよう配置されている。
【００２９】
図２に示される前記撮像ユニット２５のレンズデータを表１に示す。この光学系の焦点距離は１．６１ｍｍ、Ｆナンバーは８．７２２であり、明るさ絞り８は第６面に、瞳変調素子７ａの自由曲面部は第７面に相当する。
【００３０】
【表１】

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	∞	0.460000	1.833	40.78
2	1.00900	0.570000		
3	∞	0.180000		
4	5.90800	2.120000	1.773	49.60
5	-2.00000	0.100000		
6	∞（絞り）	0.020000		
7	∞	0.400000	1.523	59.89
8	∞	0.610000		
9	∞	0.620000	1.514	75.00
１０	∞	0.160000		
１１	5.77200	1.300000	1.697	55.53
１２	-1.44400	0.280000	1.847	23.78
１３	-5.02000	0.100000		
１４	∞	0.400000	1.523	59.89
１５	∞	0.820000		
１６	∞	0.000000		
１７	∞	1.000000	1.516	64.15
１８	∞	1.250000	1.523	59.89
１９	∞	0.001549		
２０	∞	0.000000		

図３（ａ）に示すように、明るさ絞り部材８の絞りは、正方形の開口形状を有し、その形状は一辺０．４０８ｍｍである。また、瞳変調素子７aのＸ軸と、明るさ絞り８の正方形開口の一辺は平行となるよう配置されている。

【００３１】

カメラコントローラ２は、図４に示すように、接続された内視鏡１からの画像信号をディジタル信号に変換するＡ／Ｄ変換部９と、前記ディジタル信号を映像信号に変換する信号変換部１０と、前記映像信号をモニタ４で表示可能なアナログ信号に変換するＤ／Ａ変換部１１とで構成されている。

【００３２】

本実施の形態は、瞳変調素子７aにガラス材料を用いているが、樹脂材料を用いても良い。また、本実施の形態では瞳変調素子７aは光学的に透明なガラスが用いられているが、特定の波長のみ透過する光学フィルタ材料を用いても良い。また、本実施の形態に係る瞳変調素子７aの形状は、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向の光学的伝達関数の変換量を同一としているが、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向でその変換量が異なる構成にしても良い。例えば、明るさ絞り８の開口形状を長方形に設定しても良いし、瞳変調素子７ａの自由曲面の形状をＸ軸方向、Ｙ軸方向で異なる係数を使用しても良い。さらに、明るさ絞り８の形状は円形開口としても良い。また、明るさ絞り８は瞳変調素子７ａと別体でなくとも良く、瞳変調素子７ａに蒸着等により直接形成されていても良い。

【００３３】

上述した形状の瞳変調素子７ａは、波長５８７．５６ｎｍの平行光に対し、ｅｘｐ{ｉ×２．４１４（X^3＋Y^3）／０．２０４^3}の位相変調を行う。

【００３４】

観察する被写体は、前記瞳変調素子7aを含む対物光学系を通して、前記画素ピッチ7μｍの固体撮像素子５上の受光面に結像し、固体撮像素子５によって電気信号（画像信号）に変換される。前記電気信号はカメラコントローラ２内のＡ／Ｄ変換器９にてディジタル信号に変換され、信号変換部１０にて映像信号に変換される。前記映像信号はＤ／Ａ変換器によってモニタ４に表示可能なアナログ信号に変換され、モニタ４に被写体が映し出される。

【００３５】
前記撮像ユニット２５に対し、物体距離１３．５ｍｍの位置での固体撮素子５の受光面上での点像強度分布関数（PSF）の面積がもっとも小さくなるようにピント調整を行った。このときの、物体距離を７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍとしたときの固体撮像素子５の受光面上での点像、および各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスについて、光学シミュレーションソフトCode-V（商品名）を用いて計算をおこなった。この結果、各物体距離における固体撮像素子受光面上での点像の面積は、それぞれ１辺を２２μｍ、１４μｍ、２０μｍ、３１μｍとした正方形の領域内の大きさの点像として得られた。前記点像について固体撮像素子受光面をＸＹ平面とし、各画素における光の強度（パーセント）をＺ軸とした結果を図５ないし図８に示す。また、各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスを図９に示す。

【００３６】
図５は、第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図６は、第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離１３．５ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図７は、第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７．２ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図８は、第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離４ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図９は、これらの各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスの計算結果を説明するための図である。

【００３７】
図５から図８において、ＸＹ平面は固体撮像素子受光面に相当し、Ｚ軸は光の強度（パーセント）である。ここで、Ｘ軸は、１、２、３、・・の画素番号を示し、Ｙ軸は、１、２、３、・・・で画素番号を示す。なお、ＸＹＺ軸は、図１０から図１３、図１５から図１８においても同様の意味である。図９においては、Ａは物体距離７１ｍｍ、Ｂは物体距離１３．５ｍｍ、Ｃは物体距離７．２ｍｍ、Ｄは物体距離４ｍｍの時の、それぞれの光学的伝達関数のレスポンスである。なお、図１４及び図１９においても同様である。

【００３８】
物体距離が１３．５ｍｍの場合の点像は、１辺が１４μｍの正方領域、つまり画素ピッチ７μｍの固体撮像素子の一辺が２画素分、面積にして４画素分に相当する、図６に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。また、物体距離が７１ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍの場合の点像は、それぞれ１辺が２２μｍ、２０μｍ、３１μｍ、つまり、一辺が３．１画素分、２．９画素分、４．４画素分に相当する正方領域に、図５、７、８に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。さらに、画素ピッチ７μmの固体撮像素子８では、ナイキスト周波数は７１ラインペア／ｍｍとなるが、図９に示したように、物体距離が４ｍｍの位置におけるナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが０．２以上であり、解像していることがわかる。

【００３９】
比較例として、図２の撮像ユニット２５で瞳変調素子７ａの代わりに同材質の平行平板を用いた通常の光学系の場合について説明する。前記通常の光学系のレンズデータは表１の第７面の形状を自由曲面から平面に変更したものである。前記の瞳変調素子７ａが配置された撮像ユニット２５の場合と同様に、物体距離１３．５ｍｍの位置での固体撮像素子５の受光面上での点像強度分布関数（PSF）の面積がもっとも小さくなるようにピント調整を行った。このときの物体距離を７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍとしたときの固体撮像素子５の受光面上での点像、および各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスについて、光学シミュレーションソフトCode-V（商品名）を用いて計算をおこなった。この結果、各物体距離における固体撮像素子受光面上での点像の面積は、それぞれ１辺を１６μｍ、１μｍ、１４μｍ、３６μｍとした正方形の領域内の大きさの点像として得られた。前記点像について固体撮像素子受光面をＸＹ平面とし、各画素における

光の強度（パーセント）をＺ軸とした結果を図１０ないし図１３に示す。また、各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスを図１４に示す。

【００４０】

図１０は、通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図１１は、通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離１３．５ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図１２は、通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離７．２ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図１３は、通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離４ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図１４において、Ａは物体距離７１ｍｍ、Ｂは物体距離１３．５ｍｍ、Ｃは物体距離７．２ｍｍ、Ｄは物体距離４ｍｍの時の光学的伝達関数のレスポンスである。

【００４１】

物体距離が１３．５ｍｍの場合の点像は、１辺が１μｍの正方領域、つまり画素ピッチ７μｍの固体撮像素子の一辺が１画素分、面積にして１画素分に相当する、図１１に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。また、物体距離が７１ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍの場合の点像は、それぞれ１辺が１６μｍ、１４μｍ、３６μｍ、つまり、一辺が２．３画素分、２画素分、５．１画素分に相当する正方領域に、図１０、１２、１３に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。

【００４２】

さらに、図１４に示したように、ナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが０．２以上となるのは物体距離が７．２ｍｍ以上７１ｍｍ未満のときであることがわかる。

【００４３】

上述したように、本実施の形態における瞳変調素子７aを含む対物光学系６と、瞳変調素子７aを含まない通常の対物光学系を比較すると、通常の対物光学系の場合、物体距離７．２ｍｍより近接すると、ナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが０．２より下回るため解像しないが、本実施の形態における瞳変調素子７aを含む対物光学系の場合、物体距離４ｍｍでもナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが０．２を上回っているため解像することがわかり、被写界深度が拡大されていることがわかる。

【００４４】

また、本実施の形態における瞳変調素子７aと明るさ絞り８による位相変調量αは２．４１４と十分小さな値に設定されているため、ナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが０．２以上となる被写界深度内において、瞳変調素子７aによって発生する回転非対称な収差（ボケ）は最大でも数画素程度となり回転非対称な収差はモニタ上で認識できないレベルとなる。このため、例えば回転非対称なディジタルフィルタのような前記回転非対称な瞳変調素子に対応した復元手段は必要ない。

【００４５】

さらに、上述したように前記瞳変調素子７aに対応した光学的伝達関数復元手段が必要ないため、前記瞳変調素子７aで発生する回転非対称なボケの方向が決定されている必要がない。つまり、明るさ絞りは正方開口でなくともよく、固体撮像素子５と瞳変調素子７ａとの回転位置関係を位置決めする必要もない。そのため、対物光学系６を含む撮像ユニット２５の構成は複雑な構成、調整を必要とせず、円形開口の明るさ絞りを用いた通常の対物光学系を含む撮像ユニットと同様の構成で良い。

【００４６】

ここで、本実施の形態では固体撮像素子の画素ピッチを７μmのものとしたが、これに限ったものではなく、固体撮像素子５の受光面上での点像の面積が最も小さくなるピント位置における点像の大きさが、一辺を画素ピッチの２画素分、面積にして４画素分となるように明るさ絞り８の開口寸法、および瞳変調素子７aの形状を調整することで、同様の被写界深度の拡大が可能となる。

【００４７】
さらに、内視鏡はその用途に応じて要求される被写界深度が異なるため、複数の撮像光学系を用意する必要があるが、本実施の形態では、通常の撮像光学系に比べ被写界深度が拡大されるため、ピント調整位置を前後することによって、同一の撮像光学系で所望の被写界深度を実現することが可能となる。
【００４８】
（第２の実施の形態）
次に第２の実施の形態について説明する。本実施の形態は、基本的な構成は第１の実施の形態と同じであるので、同じ構成についての説明を省略し、第１の実施の形態と異なる瞳変調素子の形状、ならびにカメラコントローラ内の信号処理回路について重点的に説明する。
【００４９】
図１５ないし図２０は、本発明の内視鏡システムの第２の実施の形態を示す。
【００５０】
図１５ないし図１８は、第２の実施の形態における瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍのときに得られる点像のシミュレーションの結果を示す図である。図１９は第２の実施の形態における瞳変調素子を含む撮像ユニットの各物体距離の光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を示す図である。図２０は第２の実施の形態におけるカメラコントローラの構成を示すブロック図である。図２１は第２の実施の形態におけるカメラコントローラの変形例の構成を示すブロック図である。
【００５１】
本実施の形態における瞳変調素子７ｂは、対物光学系６の光軸をＺ軸としたときに、Ｚ軸と直行する面内にＸ，Ｙ軸を座標とし、$Ｚ＝Ａ（Ｘ^3＋Ｙ^3）$の形状をした自由曲面を有していて、本実施の形態ではＡ＝０．１５３とする。本実施の形態における光学系のレンズデータは、表１の第７面の形状を前記係数Ａ＝０．１５３とした自由曲面に変更したものである。
【００５２】
また、図２０に示す本実施の形態におけるカメラコントローラ２では、画像信号はＡ／Ｄ変換部９によりディジタル信号に変換され、そのディジタル信号は映像信号に変換するために信号変換部１０へ与えられる。カメラコントローラ２は、信号変換部１０から出力される映像信号に対し、特定の周波数帯域を強調する画像処理部１２を有する。画像処理部１２は、複数の画像処理回路１４ａ、１４ｂ、・・・、１４ｎと、映像信号を複数の画像処理回路の内の一つに接続するための選択回路１５と、内視鏡内に搭載される判別手段（図示せず）あるいはユーザインターフェースからの判別手段（図示せず）によって、選択回路１５を制御する制御回路１３とで構成される。
【００５３】
また、図２１に示す本実施の形態の変形例における別のカメラコントローラ２では、画像信号はＡ／Ｄ変換部９によりディジタル信号に変換され、そのディジタル信号は映像信号に変換するために信号変換部１０へ与えられる。カメラコントローラ２は、信号変換部１０から出力される映像信号に対して画像処理を行う色相画像処理部１７を有する。色相画像処理部１７は、Ｒ、Ｇ、Ｂの各映像信号に対しそれぞれ異なった画像処理を施す、Ｒ信号用画像処理回路１８ａ、Ｇ信号用画像処理回路１８ｂ及びＢ信号用画像処理回路１８ｃと、各信号用画像処理回路１８ａないし１８ｃに対し、画像処理量を制御する色相制御回路１９で構成される。
【００５４】
上述した形状の瞳変調素子７ｂは、波長５８７．６ｎｍの平行光に対し、$ｅｘｐ\{ｉ×７．２４３（Ｘ^3＋Ｙ^3）／０．２０４^3\}$の位相変調を行う。
【００５５】
前記撮像ユニット２５に対し、物体距離１３．５ｍｍの位置でての固体撮像素子５の受光

面上での点像強度分布関数（PSF）の面積がもっとも小さくなるようにピント調整を行った。このときの、物体距離を７１ｍｍ、１３．５ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍとしたときの固体撮像素子５の受光面上での点像、および各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスについて、光学シミュレーションソフトCode-V（商品名）を用いて計算をおこなった。この結果、各物体距離における固体撮像素子受光面上での点像の大きさは、それぞれ１辺を４８μｍ、４０μｍ、４７μｍ、５８μｍとした正方形の領域内の大きさの点像として得られた。前記点像について固体撮像素子受光面をＸＹ平面とし、各画素における光の強度（パーセント）をＺ軸とした結果を図１５ないし図１８に示す。また、各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスを図１９に示す。図１９において、Ａは物体距離７１ｍｍ、Ｂは物体距離１３．５ｍｍ、Ｃは物体距離７．２ｍｍ、Ｄは物体距離４ｍｍの時の光学的伝達関数のレスポンスである。

【００５６】

物体距離が１３．５ｍｍの場合の点像は、１辺が４０μｍの正方領域、つまり画素ピッチ７μｍの固体撮像素子の一辺が５．７画素分、面積にして３２．７画素分に相当する、図６に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。また、物体距離が７１ｍｍ、７．２ｍｍ、４ｍｍの場合の点像は、それぞれ１辺か４８μｍ、４７μｍ、５８μｍ、つまり、一辺が６．９画素分、６．７画素分、８．３画素分に相当する正方領域に、図１５、１７、１８に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。

【００５７】

さらに、図１９に示したように、物体距離が４ｍｍの位置におけるナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが０．２以上あり、解像していることがわかる。

【００５８】

本実施の形態では、第１の実施の形態と比較して、瞳変調素子の形状を変更したが、瞳変調素子の形状を変更せずに、明るさ絞りの正方開口の一辺を０．７２ｍｍとしても、物体距離１３．５ｍｍでの点像は同様の効果が得られる。

【００５９】

図２０に示すカメラコントローラ２内の画像処理回路１４の内、少なくとも一つの画像処理回路１４ａは、本実施の形態における対物光学系６にて得られる光学的伝達関数に対し、特定の周波数帯域のレスポンスを強調する画像処理を行い、好ましくは中から高周波数領域におけるレスポンスを強調するものである。さらに、中から高周波数領域のレスポンスの強調量は２倍から３倍である方が好ましい。

【００６０】

中周波数から高周波数領域のレスポンス強調を行う画像処理回路１４は、内視鏡１内に設けられる判別手段（図示せず）によって制御回路１３を介し選択回路１５にて選択されるが、ユーザが任意に選択できるように、ユーザインターフェースに判別手段（図示せず）を設けてもよい。

【００６１】

また、図２１に示す色相画像処理部１７内の、Ｒ、Ｇ、Ｂの各信号に対する各信号用画像処理回路１８ａないし１８ｃは、Ｒ、Ｇ、Ｂの各色ごとに光学的伝達関数のレスポンスを強調するものである。色相制御回路１９はユーザの任意の選択によって各色の光学的伝達関数のレスポンスの強調量を制御し、例えば、Ｒ信号とＢ信号のみ光学的伝達関数のレスポンスを強調する画像処理を施し、Ｇ信号には画像処理を施さない等の画像処理がなされる。

【００６２】

上述したように、本実施の形態における瞳変調素子７ｂを含む対物光学系６においても、物体距離４ｍｍでのナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが０．２を上回っているため解像することがわかり、被写界深度が拡大されていることがわかる。

【００６３】

また、瞳変調素子７ｂの形状を変更せずに、明るさ絞りの開口寸法を変更することで、前記同様の効果を得ようとする場合、瞳変調素子７ｂを複数種用意する必要がない。

【００６４】
さらに、図１９に示したように、本実施の形態で得られる光学的伝達関数は中から高周波数領域におけるレスポンスが、図１４で示される通常の対物光学系における光学的伝達関数に比べ低くなるため、カメラコントローラ２内の中から高周波数用画像処理回路１４ａによって中から高周波数領域を２倍から３倍強調することにより、画質の向上が図れる。
【００６５】
さらに、中高周波数用画像処理回路１４ａによる中から高周波数領域を２倍から３倍強調する画像処理は、通常の対物光学系における光学的伝達関数に対し画像処理を行っても画質の向上を図れるものであり、通常の対物光学系を有する内視鏡を接続しても問題がなく、互換性が図れる。
【００６６】
さらに、本実施の形態では中から高周波数領域に対し強調量を２倍から３倍としたが、例えば、第１の実施の形態で示した構成においては図９に示したような光学的伝達関数をもっているため、高周波数領域のみ２倍から３倍強調する画像処理を行う高周波数用画像処理回路１４ｂを用意しても良い。
【００６７】
さらに、図２１で示される色相画像処理部１７により、例えば、血管等を観察しやすくするために、Ｒ信号、Ｂ信号のみ強調する、または、暗部のノイズを低減するためにＧ信号のみ強調する等の、各色の光学的伝達関数のレスポンスを個別に強調することができるため、被写体をより詳細に観察することが可能となる。
【００６８】
以上の２つの実施の形態により説明したように、本発明によれば、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても被写界深度の拡大と、高解像度の画像の生成をすることができる。
【００６９】
なお、以上説明した構成から、次の付記に示す構成に特徴がある。
【００７０】
［付記項］
（１）対物光学系の光学像を固体撮像素子によって撮像する、複数種の内視鏡が接続される電子内視鏡システムであって、
少なくとも１つの内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、
前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するよう配置され、
前記光位相変調マスクを有する前記内視鏡に対し、前記光位相変調マスクを有さない内視鏡と同一の信号処理装置が接続されることを特徴とした電子内視鏡システム。
【００７１】
このような構成によれば、光位相変調マスクを有する対物光学系は、光位相変調マスクを持たない通常の対物光学系に比べ、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が小さくなるように作用する。そして、光位相変調マスクを含む対物光学系を用いた内視鏡の固体撮像素子からの画像信号を、信号処理装置によってモニタに映し出す映像信号に変換する。従って、本内視鏡システムによれば内視鏡対物光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を得ることができる。
【００７２】
（２）対物光学系の光学像を固体撮像素子によって撮像する、複数種の内視鏡が接続される電子内視鏡システムであって、
少なくとも１つの内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、
前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マ

スクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するよう配置され、前記光位相変調マスクを有する前記内視鏡と、前記光位相変調マスクを持たない内視鏡に同一の画像処理を適用することを特徴とした電子内視鏡システム。

【００７３】

このような構成によれば、光位相変調マスクを有する対物光学系は、光位相変調マスクを持たない通常の対物光学系に比べ、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が小さくなるように作用する。そして、光位相変調マスクを持たない内視鏡に対する画像処理と同一の画像処理を、光位相変調マスクを有する内視鏡に施す。従って、本内視鏡システムによれば内視鏡対物光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を得ることができる。

【００７４】

（３）前記光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスは、前記光位相変調マスクを含まない場合の対物光学系の被写界深度よりも広い物体距離にわたって、前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上あることを特徴とする付記項１もしくは２記載の電子内視鏡システム。

【００７５】

光位相変調マスクの位相変調量によって、通常の対物光学系と比較して、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスが、広い物体距離にわたって、固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上となる。これにより、光位相変調マスクを有する対物光学系を用いた内視鏡システムでは、広い物体距離にわたって解像した画像を得ることが可能となる。

【００７６】

（４）点像の前記固体撮像素子受光面上の面積が最も小さくなる物体距離において、前記光位相変調マスクを有する前記内視鏡の対物光学系の前記点像の固体撮像素子受光面上の面積Ｗは、前記固体撮像素子の画素ピッチをＰとしたときに、$W \leqq 36 \times P^2$を満たすことを特徴とする付記項１もしくは２、もしくは３記載の電子内視鏡システム。

【００７７】

光位相変調マスクの位相変調量によって、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数の固体撮像素子受光面上の点像の面積Ｗは、$W \leqq 36 \times P^2$となる。これにより、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスが、広い物体距離にわたって、固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上となる。また、光位相変調マスクによって発生する非対称なボケの大きさは固体撮像素子の数画素程度と十分に小さいため、非対称ディジタルフィルタのような光学的伝達関数復元手段を必要としない。

【００７８】

（５）前記光位相変調マスクは、前記対物光学系の光軸をＺ軸とし、互いに直交する２軸をＸ、Ｙとしたとき、波長５８７．５６ｎｍの光に対して

$\exp\{i \times \alpha (X^3 + Y^3)\}$　（但し、$|X| \leqq 1$、$|Y| \leqq 1$）

の位相の変換を行うものであり、前記αは８以下の係数であることを特徴とする付記項１もしくは２、もしくは３もしくは４記載の電子内視鏡システム。

【００７９】

光位相変調マスクによって変換される位相は、前記対物光学系の光軸をＺ軸としたときに互いに直交する２軸をＸ、Ｙとした場合、波長５８７．５６ｎｍの光に対して$\exp\{i \times \alpha (X^3 + Y^3)\}$において、係数αが８以下となる。これにより、光位相変調マスクによって変更された光学的伝達関数のレスポンスが、固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上となる。

【００８０】

（６）前記画像処理は、回転対称なディジタルフィルタであることを特徴とする付記項２記載の電子内視鏡システム。

【００８１】

光位相変調マスクに対応した回転非対称なディジタルフィルタではなく、光位相変調マスクを持たない内視鏡に対して適用されている回転対称なディジタルフィルタを、光位相変調マスクを有する内視鏡に対し施す。これにより、光位相変調マスクを持たない内視鏡用に構成されたディジタルフィルタを有する信号処理装置に対し、光位相変調マスクを有する内視鏡を接続しても複写界深度の拡大、高画質な画像を得られる。

【００８２】

（７）前記位相変調マスクと前記固体撮像素子の対物光学系の光軸に対する回転方向の制限を行わないことを特徴とする付記項１もしくは２記載の電子内視鏡システム。

【００８３】

光位相変調マスクに対応した光学的伝達関数復元手段が必要ないため、光位相変調マスクの光軸に対する回転方向の位置決めが必要なくなる。例えば光位相変調マスクに、光軸に対して直交する平面に互いに直交するＸ、Ｙ軸としたとき光軸方向に自由局面を有する光学素子を用いた場合、固体撮像素子の縦、横方向に対し、前記光学素子の自由曲面部のＸ、Ｙ軸は、光軸に対して回転方向の制限を設ける必要が無い。これにより、前記光位相変調マスクと固体撮像素子を含む撮像光学系の構成に、光軸方向の回転規制機構、あるいは回転調整機構といった複雑な構成を必要としない。

【００８４】

（８）前記対物光学系内に配置される明るさ絞りの開口形状は円形であること特徴とする付記項１もしくは２記載の電子内視鏡システム。

【００８５】

光位相変調マスクに対応した光学的伝達関数復元手段が必要ないため、光位相変調マスクの光軸に対する回転方向の位置決めが必要なくなり、明るさ絞りの開口は円形でよい。これにより、前記明るさ絞りと前記光位相変調マスクの光軸方向に対する回転規制が必要なくなり、固体撮像素子を含む撮像光学系の構成に、光軸方向の回転規制機構、あるいは回転調整機構といった複雑な構成を必要としない。

【００８６】

（９）点像の前記固体撮像素子受光面上の面積が最も小さくなる物体距離において、前記光位相変調マスクを有する前記内視鏡の対物光学系の前記点像の固体撮像素子受光面上の面積が、光位相変調マスクを持たない内視鏡の対物光学系の点像の固体撮像素子受光面上の面積よりも大きいことを特徴とする付記項４記載の電子内視鏡システム。

【００８７】

光位相変調マスクの位相変調量によって、光位相変調マスクを有する対物光学系の固体撮像素子受光面上の点像の面積は、光位相変調マスクを持たない対物光学系の固体撮像素子受光面上の点像の面積に比べ大きくなる。これにより、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスが、広い物体距離にわたって、固体撮像素子のナイキスト周波数まで０．２以上となる。

【００８８】

（１０）前記画像処理は、特定の空間周波数帯域における前記光学的伝達関数のレスポンスを強調する画像処理であることを特徴とする付記項２記載の電子内視鏡システム。

【００８９】

光位相変調マスクによって光学的伝達関数のレスポンスが低下した空間周波数に対し、レスポンスを強調する画像処理がなされる。これにより、画質の向上が図れる。

【００９０】

（１１）前記画像処理は中周波数領域から高周波数領域にかけて前記光学的伝達関数のレスポンスを２倍ないし３倍強調することを特徴とする付記項１０記載の電子内視鏡システム。

【００９１】

光位相変調マスクによって光学的伝達関数のレスポンスが低下する中周波数域から高周波数域にかけて、レスポンス強調する画像処理がなされる。これにより、画質の向上が図れる。

【００９２】
（１２）前記画像処理は前記点像の前記固体撮像素子受光面上の面積によって、前記光学的伝達関数のレスポンス強調する周波数帯域を決定することを特徴とする付記項４もしくは１０記載の電子内視鏡システム。
【００９３】
前記点像の大きさによって光学的伝達関数のレスポンスが低下する空間周波数帯域が異なるため、低下した周波数帯域に対し、レスポンス強調する画像処理がなされる。これにより、画質の向上が図れる。
【００９４】
（１３）前記画像処理は、Ｒ、Ｇ、Ｂの各信号に対し個別に光学的伝達関数のレスポンスを強調することを特徴とする付記項１０記載の電子内視鏡システム。
【００９５】
光位相変調マスクによって光学的伝達関数のレスポンスが低下した空間周波数に対し、色を選択してレスポンス強調する画像処理がなされる。これにより、被写体の色により画像強調の効果が図れる。
【００９６】
本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。
【００９７】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない内視鏡システムの信号処理回路に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を生成できる内視鏡システムを提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　第１の実施の形態を示す内視鏡システムの概略の構成を示す構成図である。
【図２】　第１の実施の形態に係る光位相変調マスクを含む撮像ユニットの構成を説明するための図である。
【図３】　第１の実施の形態に係る、明るさ絞りを配置した瞳変調素子の構造を説明するための概略説明図である。
【図４】　第１の実施の形態に係るカメラコントローラの構成を示すブロック図である。
【図５】　第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。
【図６】　第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離１３．５ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。
【図７】　第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７．２ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。
【図８】　第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離４ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。
【図９】　第１の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの各物体距離における光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図である。
【図１０】　通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。
【図１１】　通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離１３．５ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果するための図である。
【図１２】　通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離７．２ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果するための図である。
【図１３】　通常の対物光学系における撮像ユニットでの物体距離４ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果するための図である。
【図１４】　図１４は、通常の光学系における各物体距離の光学的伝達関数のレスポンス

のシミュレーション結果を説明するための図である。

【図１５】　第２の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７１ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果の図である。

【図１６】　第２の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離１３．５ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果の図である。

【図１７】　第２の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離７．２ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果の図である。

【図１８】　第２の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離４ｍｍの時に得られる点像のシミュレーション結果の図である。

【図１９】　第２の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの各物体距離における光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果の図である。

【図２０】　第２の実施の形態におけるカメラコントローラの構成を示すブロック図である。

【図２１】　第２の実施の形態におけるカメラコントローラの変形例の構成を示すブロック図である。

【図２２】　従来例による拡大被写界深度光学系の構成を概略的に示す図である。

【図２３】　従来例によるキュービック位相変調マスクの外観形状を説明するための図である。

【図２４】　通常の光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図２５】　通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図２６】　通常の光学系において物体が焦点位置から図２５のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図２７】　拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図２８】　拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）の強度分布を示すグラフである。

【図２９】　拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図２０のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図３０】　拡大被写界深度光学系において光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して行なわれる処理の逆フィルタの特性を示すグラフである。

【図３１】　図２７の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図３２】　図２８の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図３３】　図２９の光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスに対して図３０の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数（ＯＴＦ）のレスポンスを示すグラフである。

【図３４】　複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタで観察するための従来の内視鏡システムの概略の構成を示す構成図である。

【符号の説明】

１、１１１・・・内視鏡

２、１１７・・・カメラコントローラ

３、１１８・・・光源装置

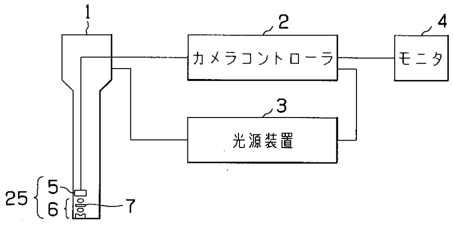
４、１１６・・・モニタ

５・・・固体撮像素子

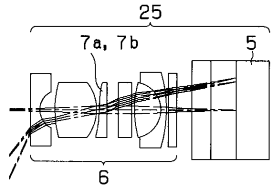
６・・・対物光学系

７・・・光位相変調マスク
７ａ・・・瞳変調素子
８・・・明るさ絞り部材
１２・・・画像処理部
１４・・・画像処理回路
１７・・・色相画像処理部
２５・・・撮像ユニット
１０１・・・物体
１０３・・・レンズ系
１１２・・・光学系
１１３・・・光位相変調マスク
１１４・・・撮像装置
１１５・・・光学的伝達関数復元手段

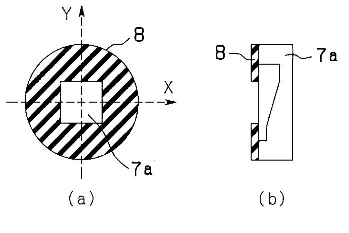
【図１】



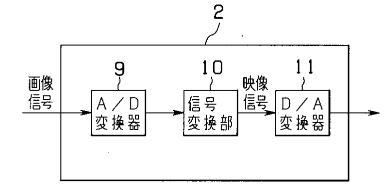
【図２】



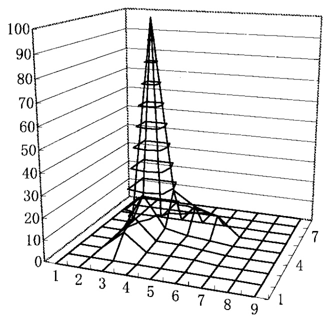
【図３】



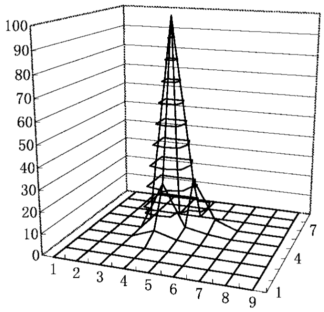
【図４】



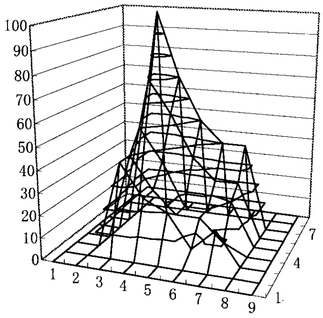
【図５】



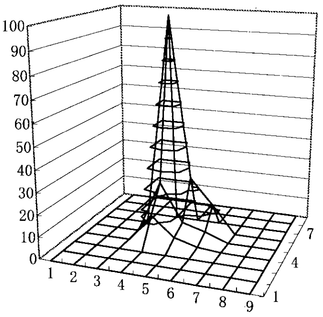
【図６】



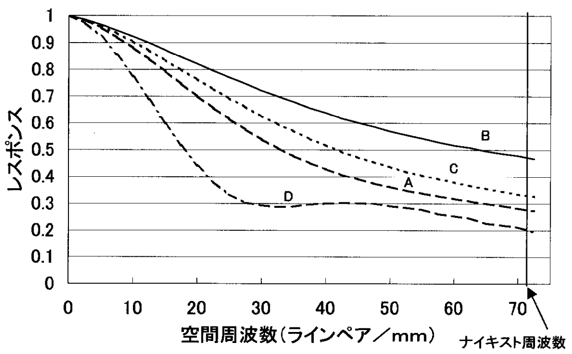
【図８】



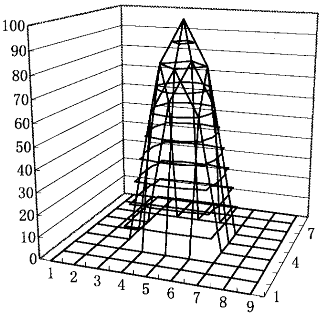
【図７】



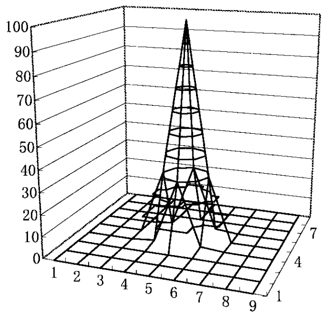
【図９】



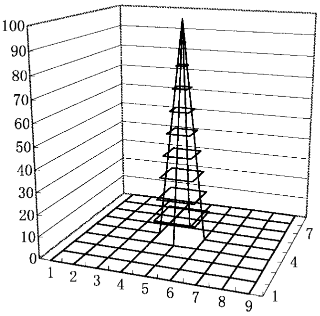
【図１０】



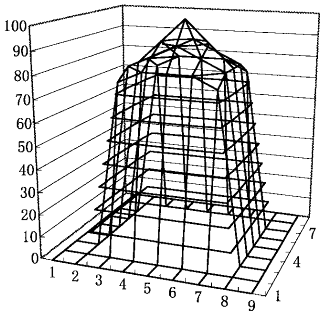
【図１２】



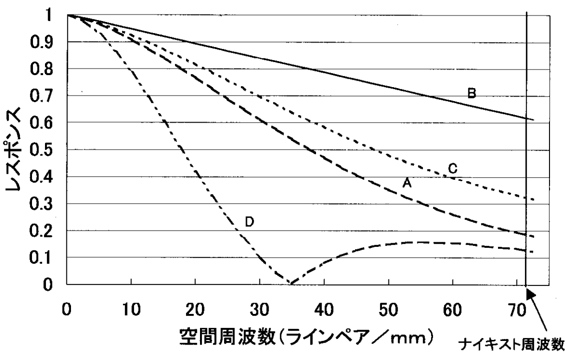
【図１１】



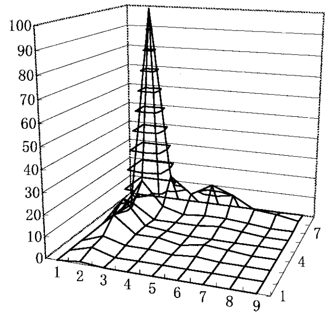
【図１３】



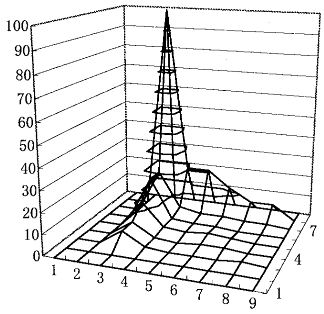
【図１４】



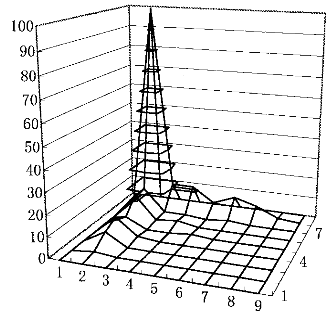
【図１５】



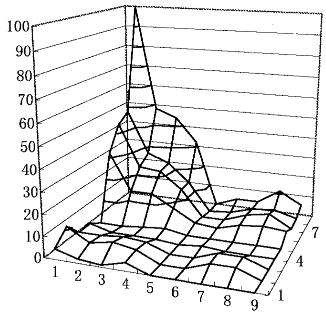
【図１６】



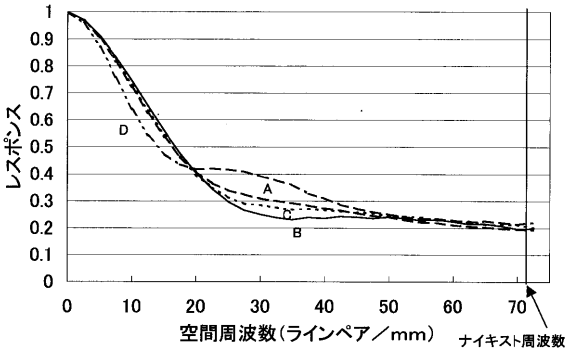
【図１７】



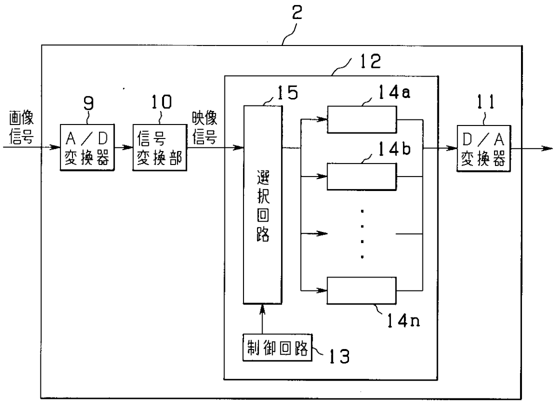
【図１８】



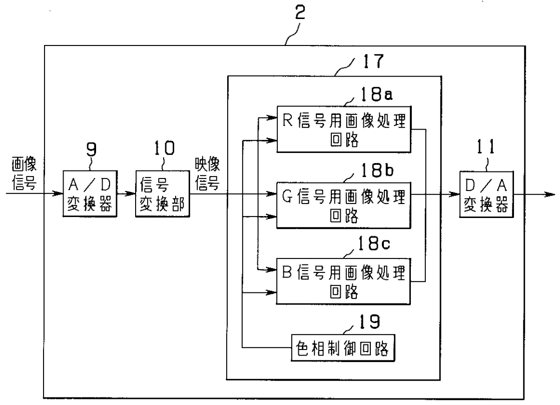
【図１９】



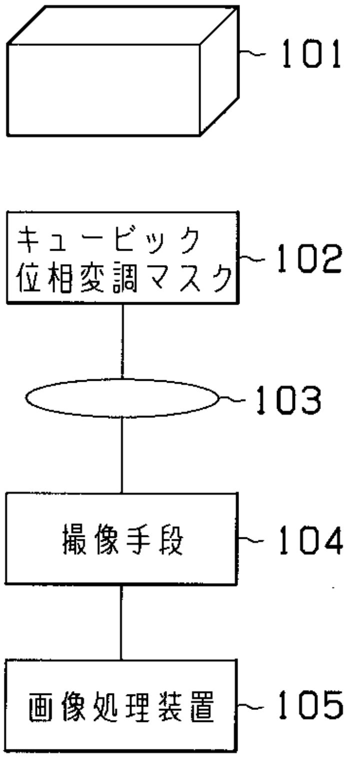
【図２０】



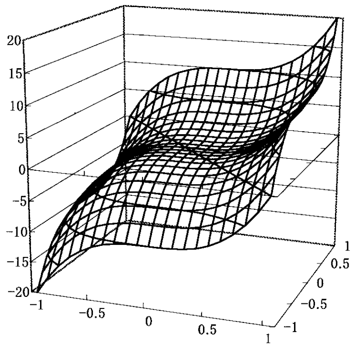
【図２１】



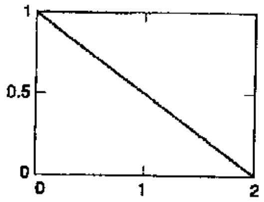
【図２２】



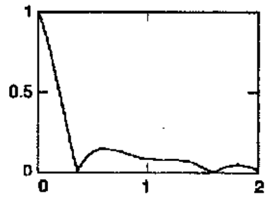
【図２３】



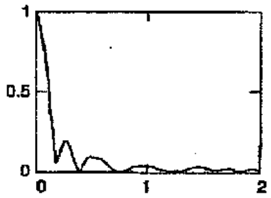
【図２４】



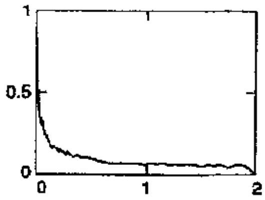
【図２５】



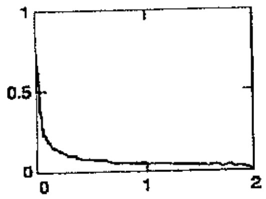
【図２６】



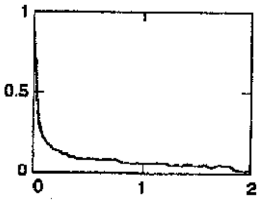
【図２７】



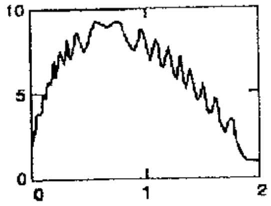
【図２８】



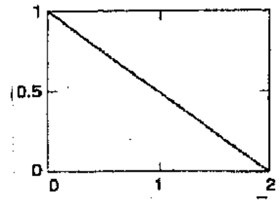
【図２９】



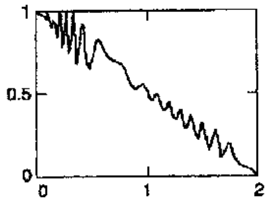
【図３０】



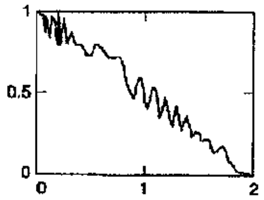
【図３１】



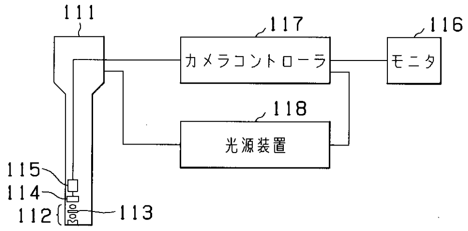
【図３２】



【図３３】



【図３４】



フロントページの続き

(72)発明者　平井　力
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
(72)発明者　矢部　久雄
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
(72)発明者　広谷　純
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

審査官　小田倉　直人

(56)参考文献　特開２０００－００５１２７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
A61B 1/00

patsnap

专利名称(译)	电子内视镜		
公开(公告)号	JP3791777B2	公开(公告)日	2006-06-28
申请号	JP2001401830	申请日	2001-12-28
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパス光学工业株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	条井一裕 菅武志 石井広 平井力 矢部久雄 広谷純		
发明人	条井 一裕 菅 武志 石井 広 平井 力 矢部 久雄 広谷 純		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24 A61B1/04 A61B1/05 G02B23/26 H04N5/225 H04N7/18		
CPC分类号	A61B1/05 H04N5/2254 H04N2005/2255		
FI分类号	A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 A61B1/04.372 A61B1/04.530 A61B1/045.610 A61B1/05 G02B23/24.B G02B23/26.C H04N5/225 H04N5/225.D H04N5/225.400 H04N5/225.500 H04N7/18.M		
F-TERM分类号	2H040/BA00 2H040/BA01 2H040/CA22 2H040/CA29 2H040/DA01 2H040/GA02 4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/JJ18 4C061/NN01 4C061/TT02 4C061/TT12 4C061/TT13 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/JJ18 4C161/NN01 4C161/TT02 4C161/TT12 4C161/TT13 5C022/AA09 5C022/AB13 5C022/AC42 5C022/AC54 5C022/AC55 5C054/AA01 5C054/CC02 5C054/CC07 5C054/CE06 5C054/HA12 5C122/DA26 5C122/EA00 5C122/EA37 5C122/FB01 5C122/FD10 5C122/FK23 5C122/HA33 5C122/HB06 5C122/HB07 5C122/HB09 5C122/HB10		
代理人(译)	伊藤 进		
其他公开文献	JP2003199708A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供能够增加景深并产生高分辨率图像的内窥镜系统，即使具有光相位调制掩模的内窥镜连接到内窥镜系统中的信号处理电路也是如此。 ŽSOLUTION：在电子内窥镜系统中，至少一个内窥镜的物镜系统具有光相位调制掩模。设置光相位调制掩模使得对应于物镜距离的光学传递函数的变化小于没有光相位调制掩模的物镜系统中的变化。与没有光相位调制掩模的内窥镜中相同的信号处理装置通过光相位调制掩模连接到内窥镜。 Ž

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	∞	0.460000	1.833	40.78
2	1.00900	0.570000		
3	∞	0.180000		
4	5.90800	2.120000	1.773	49.60
5	-2.00000	0.100000		
6	∞（絞り）	0.020000		
7	∞	0.400000	1.523	59.89
8	∞	0.610000		
9	∞	0.620000	1.514	75.00
１０	∞	0.160000		
１１	5.77200	1.300000	1.697	55.53
１２	-1.44400	0.280000	1.847	23.78
１３	-5.02000	0.100000		
１４	∞	0.400000	1.523	59.89
１５	∞	0.820000		
１６	∞	0.000000		
１７	∞	1.000000	1.516	64.15
１８	∞	1.250000	1.523	59.89
１９	∞	0.001549		
２０	∞	0.000000		