

| (51)Int.Cl <sup>7</sup> | 識別記号 | F I              | テーマコード <sup>*</sup> （参考） |
|-------------------------|------|------------------|--------------------------|
| A 6 1 B 1/00            | 300  | A 6 1 B 1/00 300 | E 2 F 0 6 5              |
| G 0 1 B 11/24           |      | G 0 2 B 23/24    | B 2 H 0 4 0              |
| G 0 2 B 23/24           |      | 23/26            | B 4 C 0 6 1              |
| 23/26                   |      | G 0 1 B 11/24    | K                        |

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L（全 11数）

|          |                             |         |                                                |
|----------|-----------------------------|---------|------------------------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2002－104359(P2002－104359) | (71)出願人 | 000004352<br>日本放送協会<br>東京都渋谷区神南2丁目2番1号         |
| (22)出願日  | 平成14年4月5日(2002.4.5)         | (72)発明者 | 河北 真宏<br>東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放<br>送協会 放送技術研究所内 |
|          |                             | (72)発明者 | 飯塚 啓吾<br>東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放<br>送協会 放送技術研究所内 |
|          |                             | (74)代理人 | 100070150<br>弁理士 伊東 忠彦                         |

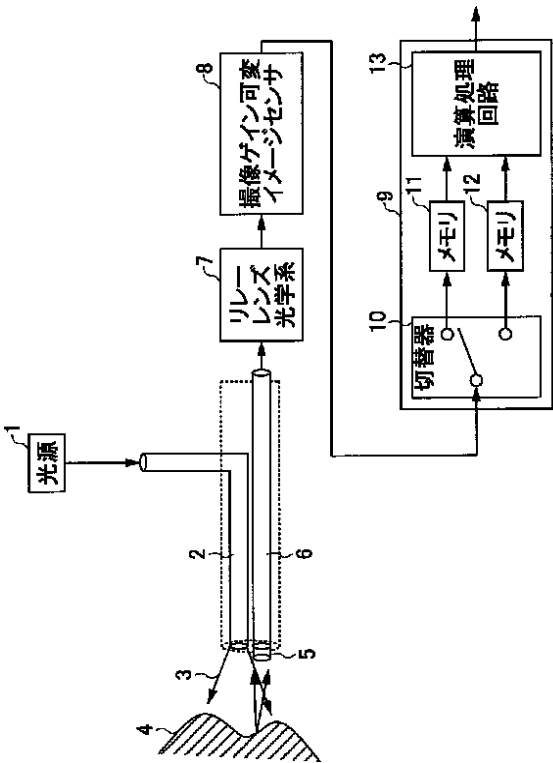
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 立体内視鏡

(57)【要約】

【課題】 本発明は、距離情報をリアルタイムで検出することができる立体内視鏡を提供することを目的とする。

【解決手段】 光強度を変調し出力する強度可変光源1と、光を照射された観察対象の画像を結像しイメージガイド光学系6で伝達された画像を入力され撮像ゲインを変調する撮像ゲイン可変イメージセンサ手段8と、光源の出力光強度の変調と撮像ゲイン可変イメージセンサ手段の撮像ゲインの変調との時間変化パターンが異なる組合せであるときに撮像ゲイン可変イメージセンサ手段で得られた複数の画像信号間の強度比から距離を算出し観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を出力する信号演算処理手段9とを有することにより、複数の画像信号間の強度比を計算するだけで距離を高速に算出することができ、距離情報をリアルタイムで検出することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光強度を変調し出力する強度可変光源と、  
前記強度可変光源からの出力光を観察対象に照射するライトガイド手段と、  
光を照射された観察対象の画像を結像する結像手段と、  
前記画像を伝達するイメージガイド手段と、  
前記イメージガイド光学系で伝達された画像を入力され撮像ゲインを変調する撮像ゲイン可変イメージセンサ手段と、  
前記光源の出力光強度の変調と前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段の撮像ゲインの変調との時間変化パターンが異なる組合せであるときに前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段で得られた複数の画像信号間の強度比から距離を算出し観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を出力する信号演算処理手段とを有することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項2】 光強度を変調し可視領域外の光を出力する強度可変光源と、  
可視領域の光を出力する可視光源と、  
前記強度可変光源と可視光源それぞれの出力光を観察対象に照射するライトガイド手段と、  
光を照射された観察対象の画像を結像する結像手段と、  
前記画像を伝達するイメージガイド手段と、  
前記イメージガイド光学系で伝達された画像から前記強度可変光源の波長成分と前記可視光源の波長成分とを分離する分離手段と、  
前記分離手段で分離された前記強度可変光源の波長成分の画像を入力され撮像ゲインを変調する撮像ゲイン可変イメージセンサ手段と、  
前記分離手段で分離された前記可視光源の波長成分の画像を入力され観察対象の画像を出力する第2イメージセンサ手段と、  
前記強度可変光源の出力光強度の変調と前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段の撮像ゲインの変調との時間変化パターンが異なる組合せであるときに前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段で得られた複数の画像信号間の強度比から距離を算出し観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を出力する信号演算処理手段とを有することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項3】 請求項1または2記載の立体内視鏡において、  
前記イメージガイド手段と前記イメージガイド手段とを共用することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、  
前記強度可変光源は、パルス光を出力し、  
前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインを時間と共に増加及び減少させ、  
前記信号演算処理手段は、前記撮像ゲインを時間と共に\*

\*増加させながら撮像した画像と前記撮像ゲインを時間と共に減少させながら撮像した画像との間の強度比から距離を算出することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項5】 請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、  
前記強度可変光源は、前記光強度を時間と共に増加及び減少させて出力し、  
前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインをパルス状に短時間一定値とし、

10 前記信号演算処理手段は、前記光強度を時間と共に増加させながら撮像した画像と前記前記光強度を時間と共に減少させながら撮像した画像との間の強度比から距離を算出することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項6】 請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、  
前記強度可変光源は、前記光強度を矩形波状に変調して出力し、  
前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインを前記光強度と同一周期で矩形波状に変調し、

20 前記信号演算処理手段は、前記光強度と前記撮像ゲインが同位相のとき撮像した画像と前記光強度と前記撮像ゲインが逆位相のとき撮像した画像との間の強度比から距離を算出することを特徴とする立体内視鏡。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか記載の立体内視鏡において、  
前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、イメージインテンシファイアと、リレーレンズまたはファイバプレートと、CCD撮像素子とを組合せたものであることを特徴とする立体内視鏡装置。

30 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は立体内視鏡に関し、特に、観察対象の奥行き形状を検出し3次元情報を取得する立体内視鏡に関する。

## 【0002】

【従来の技術】観察対象の3次元形状を観察する立体内視鏡として、異なる視差から観察対象を観察する2眼方式を用いた、特開平9-5643号公報、特開平5-341206号公報に記載のものがあ

40 を照射し干渉縞を形成して距離を求める方式を用いた、特開平8-248326号公報に記載のものがあ

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、2眼方式においては、左目画像と右目画像間でのマッチングをとり、各点の距離を算出するための時間を要する画像演算処理が必要であり、動く観察対象に対し、観察範囲全体の奥行き距離のデータを高速に取得することは困難である。また、レーザ光を照射し、観察対象上のポイントを1点ごとに算出する方法においては、観察範囲全体をレーザ光で2次元走査が必要であり、時間を要する。

【0004】また、干渉縞画像より奥行き距離を検出する方式においても、複雑な画像処理が必要であり、高速検出と多画素検出を両立することはできない。このように従来方式では、動く観察対象の奥行き距離情報をリアルタイムで検出することは困難であるという問題があった。

【0005】本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、距離情報をリアルタイムで検出することができる立体内視鏡を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、光強度を変調し出力する強度可変光源と、前記強度可変光源からの出力光を観察対象に照射するライトガイド手段と、光を照射された観察対象の画像を結像する結像手段と、前記画像を伝達するイメージガイド手段と、前記イメージガイド光学系で伝達された画像を入力され撮像ゲインを変調する撮像ゲイン可変イメージセンサ手段と、前記光源の出力光強度の変調と前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段の撮像ゲインの変調との時間変化パターンが異なる組合せであるときに前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段で得られた複数の画像信号間の強度比から距離を算出し観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を出力する信号演算処理手段とを有することにより、複数の画像信号間の強度比を計算するだけで距離を高速に算出することができ、距離情報をリアルタイムで検出することができる。

【0007】請求項2に記載の発明は、光強度を変調し可視領域外の光を出力する強度可変光源と、可視領域の光を出力する可視光源と、前記強度可変光源と可視光源それぞれの出力光を観察対象に照射するライトガイド手段と、光を照射された観察対象の画像を結像する結像手段と、前記画像を伝達するイメージガイド手段と、前記イメージガイド光学系で伝達された画像から前記強度可変光源の波長成分と前記可視光源の波長成分とを分離する分離手段と、前記分離手段で分離された前記強度可変光源の波長成分の画像を入力され撮像ゲインを変調する撮像ゲイン可変イメージセンサ手段と、前記分離手段で分離された前記可視光源の波長成分の画像を入力され観察対象の画像を出力する第2イメージセンサ手段と、前記強度可変光源の出力光強度の変調と前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段の撮像ゲインの変調との時間変化パターンが異なる組合せであるときに前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段で得られた複数の画像信号間の強度比から距離を算出し観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を出力する信号演算処理手段とを有することにより、複数の画像信号間の強度比を計算するだけで距離を高速に算出することができ、距離情報をリアルタイムで検出することができる。

【0008】請求項3に記載の発明は、請求項1または2記載の立体内視鏡において、前記イメージガイド手段

と前記イメージガイド手段とを共用することにより、装置の光学系全体を簡単な構成とすることができる。

【0009】請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、前記強度可変光源は、パルス光を出力し、前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインを時間と共に増加及び減少させ、前記信号演算処理手段は、前記撮像ゲインを時間と共に増加させながら撮像した画像と前記撮像ゲインを時間と共に減少させながら撮像した画像との間の強度比から距離を算出することにより、パルスレーザ光が使用でき、分解能が高い距離検出が可能となる。

【0010】請求項5に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、前記強度可変光源は、前記光強度を時間と共に増加及び減少させて出力し、前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインをパルス状に短時間一定値とし、前記信号演算処理手段は、前記光強度を時間と共に増加させながら撮像した画像と前記前記光強度を時間と共に減少させながら撮像した画像との間の強度比から距離を算出することにより、発光ダイオードなどインコヒーレントな照明も使用でき、高輝度で広い範囲を照明でき、人物の距離検出などが可能となる。

【0011】請求項6に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか記載の立体内視鏡において、前記強度可変光源は、前記光強度を矩形波状に変調して出力し、前記撮像ゲイン可変イメージセンサ手段は、前記撮像ゲインを前記光強度と同一周期で矩形波状に変調し、前記信号演算処理手段は、前記光強度と前記撮像ゲインが同位相のとき撮像した画像と前記光強度と前記撮像ゲインが逆位相のとき撮像した画像との間の強度比から距離を算出することにより、検出される検出信号量が多くなり、信号対ノイズ比が高い撮像が可能であり、高分解能な距離検出が可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の立体内視鏡の第1実施例の構成図を示す。同図中、光源1は、出力光強度を高速に変調可能な光源である。この光源1の出力光を光照射用のライトガイド光学系2に入力する。光源1としては、レーザ光ダイオードや発光ダイオードなどを発光素子として使用し、発光素子を直接変調するか、もしくは音響光学素子など外部変調素子により発光素子の出力光を変調するものが使用できる。

【0013】光の波長として、観察対象の表面の反射率が高いものやファイバ光学系の透過率特性が高く、撮像ゲイン可変撮像素子の光電面の感度特性に最適な波長を選択する。外光がある環境下での距離検出では、外光に含まれている波長成分が少ない波長域を選択することで、外乱要因の影響を少なく抑えることができる。また、人体に対するレーザ光の安全性を確保するには、波長1.54  $\mu\text{m}$ のアイセーフ波長域の光を使用すること

が有効である。

【0014】カラーカメラでカラー画像を取得するために、別途、可視光で照明する場合は、距離検出用の強度変調光として紫外または近赤外または赤外域の光を使用する。出力光強度を高速に変調可能な光源1として、レーザー光の代わりに、インコヒーレント光で広帯域な波長特性の発光ダイオードを使用すれば、レーザー光で生じるスペックルノイズを除去できる。

【0015】光源1からライトガイド光学系2への光の入射は、集光レンズを使うことで効率よく入射できる。10 ライトガイド光学系2は入力光に対し高い透過率を示す材料を使用する。ライトガイド光学系2には、複数の微細なプラスチックまたはガラス製のファイバ束により構成されるイメージファイバを利用する。

【0016】ライトガイド光学系2の観察対象側の端面から出力光3を観察対象4の全体に照射する。このとき、ライトガイド光学系2の出力端面にレンズや拡散板を設けることで、観察対象4の全体に対し光強度の面内一様性よく照明できる。また、後述する画像取り込み用のイメージガイド光学系6の回りを取り囲むように、20 ライトガイド光学系2のファイバ束の出力端面を配置することで、照射光の影を少なくすることができる。

【0017】照射光で照らされた観察対象4の画像をレンズ5で結像し、その結像画像をイメージガイド光学系6でリレーレンズ光学系7に伝達する。イメージガイド光学系6は、複数の微細なプラスチックまたはガラス製のファイバ束により構成されるイメージファイバを利用する。また、大きな曲率は得られないものの高い透過率と高い解像度を得るためには、微小なレンズ群や屈折率分布レンズを使用してリレーレンズ光学系7を構成す30 る。

【0018】イメージガイド光学系6の撮像側端面に伝達された画像はリレーレンズ光学系7を用いて撮像ゲイン可変イメージセンサ8に結像入力する。リレーレンズ光学系7ではイメージガイド光学系6端面の比較的小な2次元画像を撮像ゲイン可変イメージセンサ8に拡大結像して入力する。このとき、光量を効率良く結像するためのリレーレンズ光学系7の条件としては、イメージガイド光学系6端面の光出力の開口数(NA)と同等のNAをリレーレンズ光学系7の光取り込み側に持つこと40 である。

【0019】さらに、リレーレンズ光学系7の光入力側開口数 $NA_i$ 、ライトガイド端面の画像をイメージセンサの有効結像面積に結像する際の拡大結像率を $\beta$ とすると、リレーレンズ光学系7の出力側開口数 $NA_o$ を $NA_o \geq \beta NA_i$ とすることで、光ロスを少なく効率的に、光を撮像ゲイン可変イメージセンサ8に伝達できる。また、別の手段として、リレーレンズ光学系7の代わりにファイバプレートを直接イメージガイド光学系6端面と撮像ゲイン可変イメージセンサ8の受光部分との間に密50

着させて配置することで光ロスを低減させることが可能となる。

【0020】撮像ゲイン可変イメージセンサ8で取得した画像信号は、距離算出演算処理部9に供給される。距離算出演算処理部9では、撮像ゲイン可変イメージセンサ8で照射光の変調パターンと撮像ゲインの変調パターンが異なるときに撮影された2枚の画像信号を切替器10で切替え、メモリ11とメモリ12にそれぞれ入力する。演算処理回路13は、メモリ11、12に記憶された2枚の画像信号間の強度比から距離を算出し、観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す距離画像を生成して出力する。出力される距離画像は図示しない画像表示モニタに表示したり、また、画像記録装置等に供給されて記録される。

【0021】また、図2に示すように、ライトガイド光学系と結像画像撮像用のイメージガイド光学系を共用することで装置の光学系全体を簡単な構成とすることができる。図2において、光源1からの出力光をプリズム15によりライトガイド光学系14内に入射して観察対象に照射すると共に、反射光を同じライトガイド光学系14を用いて結像画像を撮像側に伝達することができる。この場合、光のロスが大きい欠点があるもの、軽量・コンパクトで、直径が小さく細い内視鏡が可能となる。

【0022】図3は、本発明の立体内視鏡の第2実施例の構成図を示す。同図中、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。前述の第1の実施例では観察対象の奥行き形状を示す距離画像のみを得る立体内視鏡を示したが、図3に示す第2の実施例では、観察対象のカラー画像と距離画像を同時に得る。

【0023】図3において、出力光強度を変調可能な光源1からの出力光を、プリズム15を介して、ライトガイド光学系2に入力する。同時に、カラー画像を撮像するのに必要となる可視領域の波長の光を出力する光源16の出力光をプリズム15を介してライトガイド光学系2に入力する。各光波長として、光源1からの波長を近赤外光から赤外光とし、光源16からの光を可視光として、それぞれの波長を光学的に分離でき、カラー画像撮影と距離画像撮影とが互いに影響を及ぼさないようにできる。

【0024】可視光のみの光を得るためには光源16として白色光源を使用し、出力光を波長選択特性フィルタにより、強度変調光の波長域を除去したものを使用する。また、可視域のレーザー光や発光ダイオード出力光も使用できる。光源1を、レーザー光や発光ダイオードとし、波長を750nm以上の長波長帯域を選択することで可視光とのクロストークをなくすることができると共に、距離検出用の近赤外波長が可視光領域から大きく離れていないため、レンズ光学系による結像特性もカラー画像と距離画像で大きく異なることなく、どちらもほぼ同じ画角の画像が得られ、レンズ光学系の設計も容易で

ある。

【0025】プリズム15の特性として例えば、光源1の波長に対しては高い透過率を示し、光源16の波長に対しては高い反射率を示す特性をもつダイクロイックプリズムを使用して、効率良くライトガイド光学系2にそれぞれの光を入射することができる。ライトガイド光学系2の観察対象側端面から観察対象4全体に強度変調光と可視光の出力光3を照射する。観察対象4からの反射光は、レンズ5でイメージガイド光学系6の端面に結像され、イメージガイド光学系6のイメージセンサ側端面 10に伝達される。

【0026】イメージガイド光学系6の撮像側端面を分割結像光学系17に接続し、可視光の結像画像をカラーカメラ18に供給し、強度変調光の結像画像を距離検出用の撮像ゲイン可変イメージセンサ8に供給する。分割結像光学系17の構成例としては、強度変調光の波長と可視光の波長を分割するダイクロイックプリズム19と、カラーカメラ用のリレーレンズ光学系20と、距離検出用のリレーレンズ光学系21とからなる。

【0027】分割結像光学系17の構成としては、リレー 20レンズ光学系をイメージガイド光学系6とダイクロイックプリズム19との間に挿入する構成でも可能である。しかし、図3に示す構成の方が、各リレーレンズ光学系20、21は波長帯域が限定されているため波長により最適化し易く、高い結像性能の結像ができる。また、カラーカメラ18の撮像素子サイズへの倍率変換と、撮像ゲイン可変イメージセンサ8の倍率変換を個々独立に扱うことができる。強度変調光は撮像ゲイン可変イメージセンサ8に入力し、距離算出演算処理部9で距離を算出し、観察対象の奥行き距離を画像の濃淡で表す 30距離画像を生成して出力する。

【0028】距離画像とカラー画像をフレーム単位で同期させることは、カラーカメラ18と撮像ゲイン可変イメージセンサ8と距離算出演算処理部9を外部同期駆動させると共に、カラー画像信号を遅延回路22で遅延して出力することにより、距離画像とカラー画像をフレーム単位で同期させることが可能とある。

【0029】出力されたカラー画像と距離画像は、画像\*

$$E_+(d, t_p) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot F_0 \cdot g \cdot \left\{ T - \left( t_p + \frac{2d}{c} \right) \right\} \cdot \tau}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(2)$$

ここで、Tは撮像ゲインの変調周期である。(1)式と(2)式より、撮像ゲインの異なる2枚の画像間での強度比 $R = E_+ / E_-$ をとり、距離dを求めると、(3)式となる。

【0036】

$$\text{【数3】} \quad d = \left[ T \left( \frac{R}{R+1} \right) - t_p \right] \frac{c}{2} \quad \dots(3)$$

上記(3)式で示されるように、撮像ゲイン増加時と撮 50

\*表示モニタに表示したり、画像記録装置等に入力され記録される。更に、得られたカラー画像と距離画像から、視差画像を作成し、図示しない立体表示装置で立体的に表示し、立体観察することも可能となる。

【0030】この実施例においても、図2に示すように、ライトガイド光学系と結像画像撮像用のイメージガイド光学系を共用することで装置光学系全体を簡単な構成とすることができる。

【0031】次に、距離検出の原理を説明する。

【0032】図4を用いて、強度変調光として短時間のパルス光を使用し、撮像ゲインを時間と共に高速に増加させながら撮像した画像と、撮像ゲインを時間と共に高速に減少させながら撮像した画像間で演算を行い、距離を検出する方法を説明する。

【0033】距離dの位置にある観察対象に、図4

(A)に示すように、光強度 $F_0$ のパルス光23を時刻 $t_p$ に照射し、観察対象からの反射光24を時間と共に係数gで増加する撮像ゲイン25を持つイメージセンサで撮像した場合のカメラで検出される信号量 $E_+(d, t_p)$ は、(1)式で表される。

【0034】

【数1】

$$E_+(d, t_p) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot F_0 \cdot g \cdot \left( t_p + \frac{2d}{c} \right) \cdot \tau}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(1)$$

ここで、 $T_L$ はライトガイド光学系2やイメージガイド光学系6などのレンズ光学系の透過率、 $\rho$ は観察対象表面の反射特性係数、 $\tau$ はパルス幅、 $c$ は光速、 $2d/c$ は撮像ゲイン可変イメージセンサ8から観察対象4までの距離dを光が往復する時間、 $l$ はレンズ5から観察対象4までの距離であり、式の分母は光の拡散による減衰を考慮した項である。次に、図4(B)に示すように、時間と共に係数gで減少する撮像ゲイン26を持つイメージセンサで撮像した場合のカメラで検出される信号量 $E_-(d, t_p)$ は、(2)式で表される。

【0035】

【数2】

撮像ゲイン減少時に撮像した2つの画像間の強度比Rを計算するだけで、観察対象の反射率や光の拡散による光の減衰効果等の影響をキャンセルし、高速に距離を求めることができる。

【0037】このように、パルス状の光と、時間と共に変化する撮像ゲインの組合せでは、パルスレーザが使用でき、Qスイッチパルスレーザ光、モード同期パルス光など、パルス幅がピコ秒からフェムト秒のパルスレーザ光が使用できるため、分解能が高い距離検出が可能とな

る。

【0038】この場合、測定できる範囲（測定レンジ）Dは、（4）式で表される。

【0039】

【数4】

$$D = \frac{Tc}{2} \quad \dots(4)$$

次に、強度変調光として時間と共に光強度が増加および減少する光と、撮像ゲイン可変イメージセンサ8の撮像ゲインをパルス状に短時間一定値とする所謂シャッタ機能を持つ撮像装置による距離検出方法について説明する。距離dに置かれた観察対象に、図5（A）に示すように、時間と共に係数sで光強度が増加する強度変調光27を照射し、観察対象からの反射光28を時刻tsにパルス状撮像ゲイン29で短時間撮像した場合、カメラで検出される信号量E<sub>+</sub>（d，ts）は、（5）式で表される。

【0040】

$$E_+(d, t_s) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot F_0 \cdot s \cdot \left\{ T - \left( t_s + \frac{2d}{c} \right) \right\} \cdot \Delta t}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(5)$$

ここで、Tは光強度の変調周期である。（5）式と（6）式より、光強度の異なる2枚の画像間での強度比R=E<sub>+</sub>/E<sub>-</sub>をとり、距離dを求めると、（7）式となる。

【0043】

【数7】

$$d = \left[ T \left( \frac{R}{R+1} \right) - t_s \right] \frac{c}{2} \quad \dots(7)$$

（7）式で示されるように、光強度増加時と光強度減少時に撮像した2つの画像間の比Rを計算するだけで、観察対象の反射率や光の拡散による光の減衰効果等の影響をキャンセルし、高速に距離を求めることができる。

【0044】このように、時間と共に強度変化する光源は、パルス照射光より低い周波数特性でも実現できるため、レーザ光源以外に、LED（発光ダイオード）などインコヒーレントな照明も使用できるため、高輝度で広い範囲を照明でき、人物の距離検出なども可能となる。

【0045】次に、矩形波状に変調した強度変調光と、矩形波状に撮像ゲインが変化する撮像装置による距離検出方法を説明する。距離dに位置する観察対象に、図6（A）に破線で示すような矩形の強度変調光32（光強度F<sub>0</sub>、変調周期T）を照射し、その反射光33を強度変調光32と同一周期で同位相の矩形形状の撮像ゲイン34（ゲインg、周期T）で撮像する場合、カメラで検出される信号量E<sub>+</sub>（d，tp）は、（8）式で表される。

【0046】

【数8】

\*【数5】

$$E_+(d, t_s) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot F_0 \cdot s \cdot \left( t_s + \frac{2d}{c} \right) \cdot \Delta t}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(5)$$

ここで、T<sub>L</sub>はライトガイド光学系2やイメージガイド光学系6などのレンズ光学系の透過率、ρは観察対象表面の反射特性係数、τはパルス幅、cは光速、2d/cは撮像ゲイン可変イメージセンサ8から観察対象4までの距離dを光が往復する時間、lはレンズ5から観察対象4までの距離であり、式の下分母は光の拡散による減衰を考慮した項であり、Δtは撮像時間幅である。

【0041】次に、図5（B）に示すように、時間と共に係数sで光強度が減少する強度変調光30を照射し、観察対象からの反射光31を時刻tsにパルス状撮像ゲイン29で短時間撮像した場合、カメラで検出される信号量E<sub>-</sub>（d，ts）は、（6）式で表される。

【0042】

$$E_-(d, t_p) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot g \cdot F_0 \cdot \left( T - \frac{2d}{c} \right)}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(6)$$

\*ここで、T<sub>L</sub>はライトガイド光学系2やイメージガイド光学系6などのレンズ光学系の透過率、ρは観察対象表面の反射特性係数、τはパルス幅、cは光速、2d/cは撮像ゲイン可変イメージセンサ8から観察対象4までの距離dを光が往復する時間、lはレンズ5から観察対象4までの距離であり、式の下分母は光の拡散による減衰を考慮した項である。

【0047】次に、図6（B）に示すように、周期Tだけシフトした強度変調光32と逆位相の矩形形状の撮像ゲイン35（ゲインg、周期T）で撮像する場合、カメラで検出される信号量E<sub>-</sub>（d，tp）は、（9）式で表される。

【0048】

【数9】

$$E_-(d, t_p) = \frac{\rho \cdot T_L \cdot g \cdot F_0 \cdot \frac{2d}{c}}{(4\pi l^2)^2} \quad \dots(9)$$

（8）式と（9）式より、2つの画像間の強度比R=E<sub>+</sub>/E<sub>-</sub>をとり、距離dを求めると、（10）となる。

【0049】

【数10】

$$d = \left( \frac{R}{R+1} \right) \frac{Tc}{2} \quad \dots(10)$$

（10）式で示されるように、2つの画像間の比Rを計算するだけで、観察対象の反射率や光の拡散による光の減衰効果等の影響をキャンセルし、高速に距離を求める

ことができる。

【0050】このように強度変調照射光と、撮像ゲインを同じ周期の幅を持つ矩形波状とすることで、カメラで検出される検出信号量が多くなり、信号対ノイズ比が高い撮像が可能であり、高分解能な距離検出が可能となる。

【0051】図7は、撮像ゲイン可変イメージセンサ8の一実施例の構成図を示す。同図中、リレーレンズ光学系7によりイメージインテンシファイア36に画像を結像させる。イメージインテンシファイア36は、その光電変換面とマイクロチャンネルプレート(MCP)間の印加電圧の値を制御することで、撮像感度を時間と共に高速に変化できる。

【0052】また、印加電圧をパルス形状とすることで、1ns以下の短時間のゲート撮像も可能となる。光電変換面の材料は、距離検出に使用する強度変調光の波長感度特性により選択する。例えば、波長800nmの場合は3種類以上のアルカリを使用した光電変換材料であるマルチアルカリ(Sb・Na・K・Cs:S-20)が使用でき、さらに長波長の850nmの場合はGaAsを使用することで高い量子効率を得られ、SN比のよい撮像画像が得られる。

【0053】撮像ゲインを高速に変化させ、または短時間のゲート動作を行わせて画像を撮像するため、1回の撮像で得られる信号量は非常に微弱である。このため、出力光強度を高速に変調可能な光源1の出力タイミングとイメージインテンシファイア36の撮像ゲイン変調タイミングを同期させて繰り返し撮像を行い、イメージインテンシファイア36の出力蛍光面の画像を画像伝達光学系37でCCDカメラ38に入力し、CCDカメラ38の蓄積効果で十分な感度を確保することができる。

【0054】画像伝達光学系37はファイバプレートもしくはリレーレンズ光学系で実現できる。画像伝達光学系37をファイバプレートとし、イメージインテンシファイア36の出力蛍光面とCCDカメラ38のCCD面を連結することで、高い効率で蛍光面出力光をCCDに入力できる。

【0055】一方、画像伝達光学系37をリレーレンズ光学系とした場合、光の利用効率が下がるが、CCDカメラを交換できCCDカメラの選択の幅が広がると共に、結像倍率の制御が可能であり、かつ、ファイバプレート使用時に発生する固定パターンノイズの影響がなく良好な画像が得られる。

【0056】イメージインテンシファイア36の撮像の解像度は、イメージインテンシファイアを構成する光電変換面とMCPの間隔、MCPと蛍光面の間隔、MCPを構成する導電性のガラスキャピラリの直径に大きく依存する。そのため、光電変換面とMCPの間隔、MCPと蛍光面の間隔それぞれを近接させると共に、MCPを構成する導電性のガラスキャピラリの直径を6μm程度

以下の細かいものを使用すると高解像度に有利である。

【0057】また、イメージガイド光学系6の端面の結像画像をリレーレンズ光学系7により拡大し、イメージインテンシファイア36の光電面に結像入力する。これと共に、イメージインテンシファイア36の蛍光面の光画像を画像伝達光学系37としてのリレーレンズ光学系で縮小結像してCCDカメラ38に入力することで解像度を高く保つことができる。

【0058】本発明による距離検出実験について説明する。強度変調照射光としてパルス光を使用し、撮像ゲインを時間と共に変化させ距離を検出した。また、光照射用のライトガイド光学系2と撮像用のイメージライトガイド光学系6は使用せずに、距離検出性能を調べた。

【0059】図8は、本発明の立体内視鏡の実験装置の一実施例の構成図を示す。同図中、光源にレーザ光ダイオード39を使用し、出力光40の波長は803nm、パルス半値幅70ps、繰り返し周波数40MHz、平均出力光強度1mWである。シリンドリカルレンズ41で光束を約10×10cm<sup>2</sup>に広げ、49cm離れた5mm間隔の階段状の被写体42を照明する。

【0060】反射光をカメラレンズ43でイメージインテンシファイア44の光電面に結像し、蛍光面出力画像をリレーレンズ光学系45によりCCDカメラ46に入力する。光の変調信号とイメージインテンシファイアのゲイン変調信号は信号発生器47からそれぞれ供給する。パルス光の出力タイミングと、イメージインテンシファイア44の撮像ゲイン変調タイミングを外部同期信号48により同期させ、1フレーム毎にパルストリガータimingの切替えを位相切替器49で行う。そして、撮像ゲイン増加時の画像とゲイン減少時の画像の画像をCCDカメラ46で交互に撮像し、これら2枚の画像間で(3)式の演算を信号処理装置50で行い距離画像51を出力する。

【0061】同様に、カラーカメラ52でカラー画像53を撮影する。図9(A)、(B)は、それぞれ距離画像算出の元となる増加ゲイン時と減少ゲイン時の撮像画像のビデオ信号の波形図である。図9(A)のゲイン増加時の撮像画像信号では、近い観察対象ほど輝度信号レベルが低く、遠い観察対象ほど高い輝度信号レベルが得られている。一方、図9(B)のゲイン減少時の撮像画像信号では、その逆の傾向となっている。

【0062】これら2画像間で(3)式の演算を行い、得られた距離画像のビデオ信号の波形図が図9(C)である。観察対象の反射率などの影響が補正され、観察対象形状を現す平坦な階段形状の波形が得られ、5mm間隔の段差を明確に分離できていることがわかる。

【0063】また、被写体のカメラからの距離と、距離画像の輝度レベルとの関係を図10に示す。測定範囲の中心位置(約49cm)におけるビデオ信号のノイズ成分の実効値より、距離検出分解能を求めた結果、2.0



mmであった。測定レンジは7cmであった。図10に示す特性が測定レンジの端部(約45cm, 約55cm)において非線型であるのは、撮像ゲインの変調特性の非線形性によるものであり、距離画像のガンマ補正等により直線性を補正できる。

【0064】実験では、距離画像の更新時間1/15秒、画素数35万点が得られ、動く観察対象の距離検出が可能であることが実験により確かめられた。本発明の立体内視鏡では、上記実験装置にライトガイド光学系2およびイメージガイド光学系6が加わる形態となり、照射光量や結像に寄与する光量が本実験と異なると予想されるが、距離検出の基本原理は本実験で実証された。

【0065】本発明では、2つの画像間の比Rを計算するだけで、時間を要する高度で煩雑な演算処理が不要であり、また光ビームを走査する必要がない。そのため、観察対象の奥行き距離画像をテレビジョンのビデオレート(フレームレート60Hz)相当で撮像でき、しかも、通常テレビ画像やハイビジョンテレビ画像と同等の画素数で奥行き距離情報が得られる。そのため、人体内部など動く観察対象においても、高精細な3次元形状をリアルタイムで取得することが可能である。

【0066】本発明のの内視鏡の応用分野としては、医療用の体内検査、自動車や航空、宇宙、船舶分野におけるエンジン等の機器内の観察や、ガス管、排気口、水道管、ボイラー、タービン内の検査、古墳や遺跡内の調査や動物生態の観察などに適用できる。

【0067】なお、光源1が請求項記載の強度可変光源に対応し、ライトガイド光学系2がライトガイド手段に対応し、レンズ5が結像手段に対応し、イメージガイド光学系6がイメージガイド手段に対応し、撮像ゲイン可変イメージセンサ8が撮像ゲイン可変イメージセンサ手段に対応し、距離算出演算処理部9が信号演算処理手段に対応し、光源16が可視光源に対応し、分割結像光学系17が分離手段に対応し、カラーカメラ18が第2イメージセンサ手段に対応する。

【0068】

【発明の効果】上述の如く、請求項1に記載の発明によれば、複数の画像信号間の強度比を計算するだけで距離を高速に算出することができ、距離情報をリアルタイムで検出することができる。

【0069】請求項2に記載の発明によれば、複数の画像信号間の強度比を計算するだけで距離を高速に算出することができ、距離情報をリアルタイムで検出することができる。

【0070】請求項3に記載の発明によれば、装置の光学系全体を簡単な構成とすることができる。

【0071】請求項4に記載の発明によれば、パルスレーザ光が使用でき、分解能が高い距離検出が可能となる。

【0072】請求項5に記載の発明によれば、発光ダイ

オードなどインコヒーレントな照明も使用でき、高輝度で広い範囲を照明でき、人物の距離検出などが可能となる。

【0073】請求項6に記載の発明によれば、検出される検出信号量が多くなり、信号対ノイズ比が高い撮像が可能であり、高分解能な距離検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の立体内視鏡の第1実施例の構成図である。

【図2】ライトガイド光学系と結像画像撮像用のイメージガイド光学系を共用した実施例の構成図である。

【図3】本発明の立体内視鏡の第2実施例の構成図である。

【図4】短時間のパルス光を使用し撮像ゲインを時間と共に高速に増加させながら撮像した画像と撮像ゲインを時間と共に高速に減少させながら撮像した画像による距離検出方法を説明するための図である。

【図5】強度変調光として時間と共に光強度が増加および減少する光と短時間シャッタ機能を持つ撮像装置による距離検出方法を説明するための図である。

【図6】矩形波状に変調した強度変調光と矩形波状に撮像ゲインが変化する撮像装置による距離検出方法を説明するための図である。

【図7】撮像ゲイン可変イメージセンサの一実施例の構成図である。

【図8】本発明の立体内視鏡の実験装置の一実施例の構成図である。

【図9】増加ゲイン時と減少ゲイン時の撮像画像及び距離画像のビデオ信号の波形図である。

【図10】被写体のカメラからの距離と、距離画像の輝度レベルとの関係を示す図である。

【符号の説明】

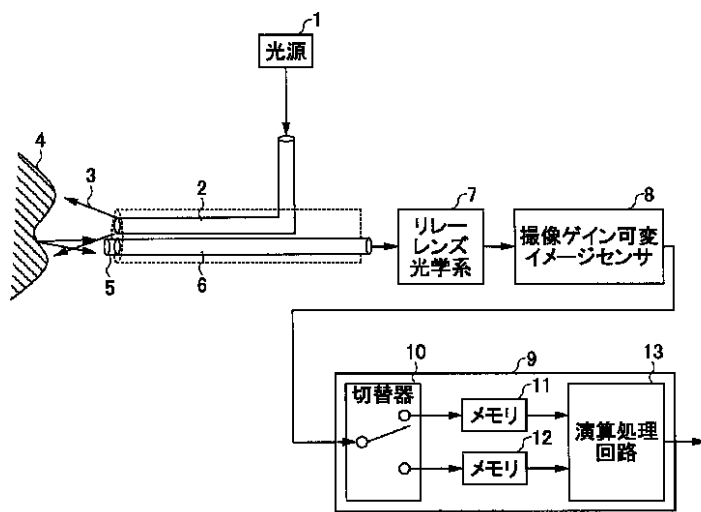
- 1, 16 光源
- 2 ライトガイド光学系
- 3, 40 出力光
- 4 観察対象
- 5 レンズ
- 6 イメージガイド光学系
- 7, 20, 21, 45 リレーレンズ光学系
- 8 撮像ゲイン可変イメージセンサ
- 9 距離算出演算処理部
- 10 切替器
- 11, 12 メモリ
- 13 演算処理回路
- 14 ライトガイド光学系
- 15 プリズム
- 17 分割結像光学系
- 18 カラーカメラ
- 19 ダイクロイックプリズム
- 22 遅延回路



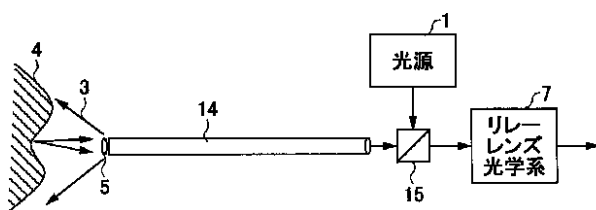
23 パルス光  
 24, 28, 33 反射光  
 25, 26, 34, 35 撮像ゲイン  
 27, 30, 32 強度変調光  
 29 パルス状撮像ゲイン  
 36, 44 イメージインテンシファイア  
 37 画像伝達光学系  
 38, 46 CCDカメラ  
 39 レーザ光ダイオード  
 41 シリンドリカルレンズ

\*10

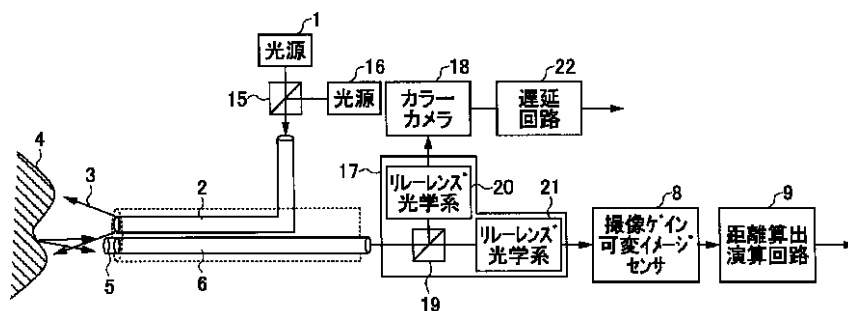
【図1】



【図2】

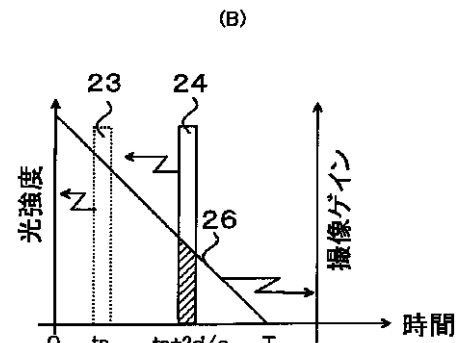
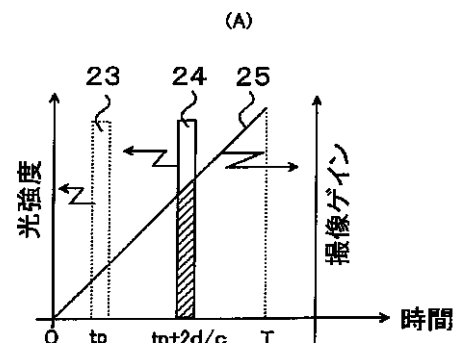


【図3】

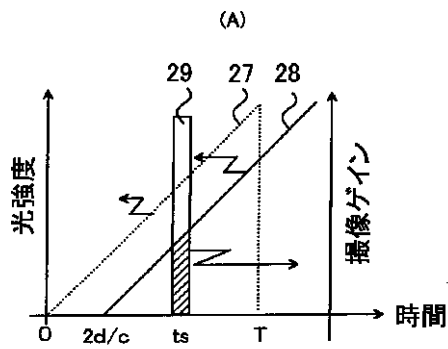


\*42 被写体  
 43 カメラレンズ  
 47 信号発生器  
 48 外部同期信号  
 49 位相切替器  
 50 信号処理装置  
 51 距離画像  
 52 カラーカメラ  
 53 カラー画像

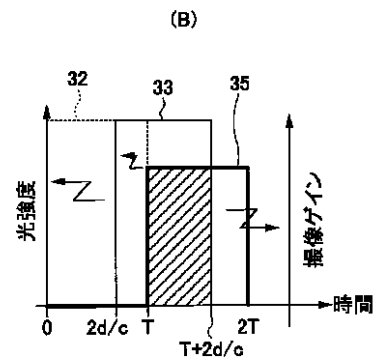
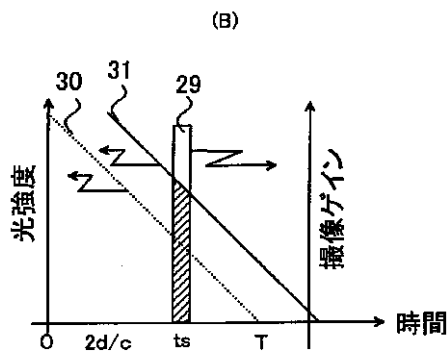
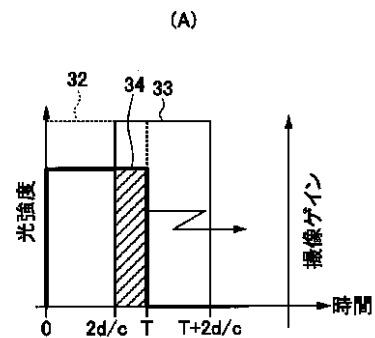
【図4】



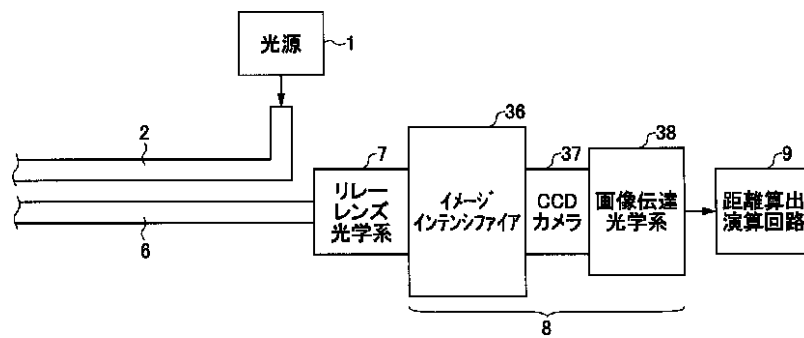
【図5】



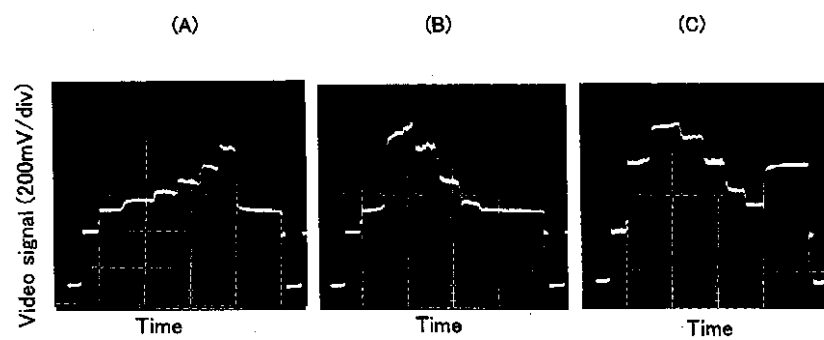
【図6】



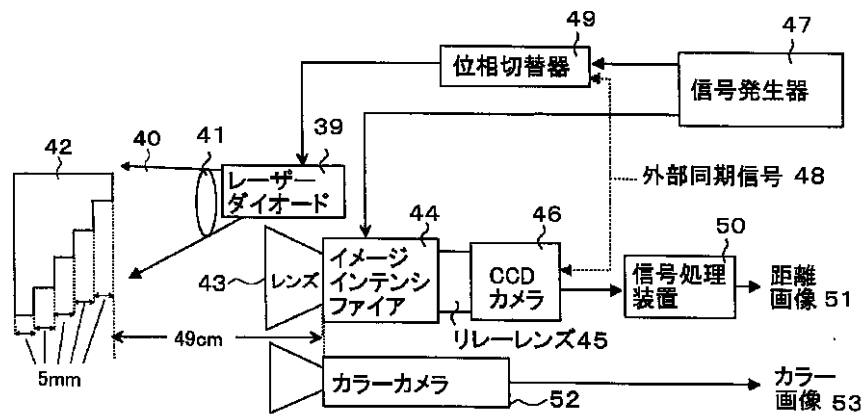
【図7】



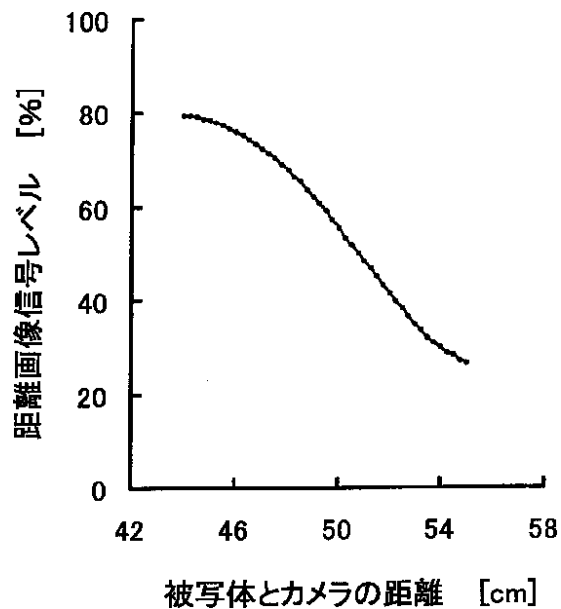
【図9】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA06 AA53 BB08 DD06 EE00  
 FF42 GG06 GG07 GG08 GG22  
 GG24 JJ03 JJ26 LL03 LL10  
 NN08 NN13 QQ24 QQ26 SS02  
 SS13  
 2H040 BA15 CA04 CA06 CA11 CA27  
 GA01 GA11  
 4C061 BB06 HH52 RR02 SS13 SS21

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 立体内视镜                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2003290131A</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 公开(公告)日 | 2003-10-14 |
| 申请号            | JP2002104359                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 申请日     | 2002-04-05 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 日本放送协会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 日本广播公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| [标]发明人         | 河北真宏<br>飯塚啓吾                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |            |
| 发明人            | 河北 真宏<br>飯塚 啓吾                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |            |
| IPC分类号         | G01B11/24 A61B1/00 G02B23/24 G02B23/26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| FI分类号          | A61B1/00.300.E G02B23/24.B G02B23/26.B G01B11/24.K A61B1/00.522 A61B1/00.551 A61B1/00.553 A61B1/04.530                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| F-TERM分类号      | 2F065/AA06 2F065/AA53 2F065/BB08 2F065/DD06 2F065/EE00 2F065/FF42 2F065/GG06 2F065/GG07 2F065/GG08 2F065/GG22 2F065/GG24 2F065/JJ03 2F065/JJ26 2F065/LL03 2F065/LL10 2F065/NN08 2F065/NN13 2F065/QQ24 2F065/QQ26 2F065/SS02 2F065/SS13 2H040/BA15 2H040/CA04 2H040/CA06 2H040/CA11 2H040/CA27 2H040/GA01 2H040/GA11 4C061/BB06 4C061/HH52 4C061/RR02 4C061/SS13 4C061/SS21 2F065/LL00 4C161/BB06 4C161/HH52 4C161/RR02 4C161/SS13 4C161/SS21 |         |            |
| 代理人(译)         | 伊藤忠彦                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |            |
| 其他公开文献         | JP4195574B2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |            |

#### 摘要(译)

本发明的目的是提供一种能够实时检测距离信息的立体内窥镜。 解决方案：强度可变光源1，其调制并输出光强度；成像增益，该成像增益形成被光照射的观察目标的图像，并接收由图像引导光学系统6传输的图像并调制成像增益 可变图像传感器装置8和多个图像拾取增益可变图像传感器装置在光源的输出光强度的调制和图像拾取增益可变图像传感器装置的图像拾取增益的调制的时间变化模式是不同的组合时获得。 仅通过具有信号计算处理装置9来计算多个图像信号之间的强度比，该信号计算处理装置9用于根据图像信号之间的强度比来计算距离，并且输出以图像的阴影表示观察对象的深度距离的距离图像。 可以高速计算距离，并且可以实时检测距离信息。

