

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6072372号
(P6072372)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/04 (2006.01)

A 6 1 B 1/04 3 7 0

A 6 1 B 1/06 (2006.01)

A 6 1 B 1/06 A

請求項の数 10 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2016-534264 (P2016-534264)
 (86) (22) 出願日 平成28年1月8日(2016.1.8)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/050506
 (87) 国際公開番号 W02016/114231
 (87) 国際公開日 平成28年7月21日(2016.7.21)
 審査請求日 平成28年5月25日(2016.5.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-7078 (P2015-7078)
 (32) 優先日 平成27年1月16日(2015.1.16)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 香川 涼平
 東京都八王子市石川町2951番地 オリ
 ンパス株式会社内

審査官 小田倉 直人

(56) 参考文献 国際公開第2013/146311 (W
 O, A1)
 国際公開第2013/157368 (W
 O, A1)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体を照明するための照明光として、3色の照明光を所定の周期に対応させて順次発
 する光源装置と、

前記照明光が照射された被写体からの光を光電変換して画像信号を生成して出力する複
 数の画素が行列状に配置された撮像素子と、

前記光源装置に対し、前記撮像素子における1ライン露光期間において前記3色のうち
 の2色の照明光を照明させる制御を行う照明制御部と、

前記撮像素子から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの1つ前のフレ
 ームおよび2つ前のフレームとにおける画像信号の出力値のうち、演算対象である水平ラ
 インと同じ水平ラインの出力値と、各フレームにおける各色の1ライン露光期間の1回あ
 たりのそれぞれの照明期間と、演算に使用する各フレームにおける演算対象の水平ライン
 への各色のそれぞれの露光期間と、を用いた関係式に基づいて、水平ラインごとに各色成
 分信号を演算する色成分演算部と、

を有することを特徴とする内視鏡システム。

【請求項 2】

前記照明制御部は、前記光源装置に対し、1つの前記1ライン露光期間に前記3色のう
 ちの1色の照明光を照明させる照明処理を順次実行させることを特徴とする請求項1に記
 載の内視鏡システム。

【請求項 3】

10

20

前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記 2 色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する状態で照明させることを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡システム。

【請求項 4】

被写体を照明するための照明光として、3 色の照明光を所定の周期に対応させて順次発する光源装置と、

前記照明光が照射された被写体からの光を光電変換して画像信号を生成して出力する複数の画素が行列状に配置された撮像素子と、

前記光源装置に対し、前記撮像素子における 1 ライン露光期間において前記 3 色の全ての照明光をそれぞれ異なる照明期間で照明させる制御を行う照明制御部と、

前記撮像素子から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの 1 つ前のフレームおよび 2 つ前のフレームとにおける画像信号の出力値のうち、演算対象である水平ラインと同じ水平ラインの出力値と、各フレームにおける各色の 1 ライン露光期間の 1 回あたりのそれぞれの照明期間と、演算に使用する各フレームにおける演算対象の水平ラインへの各色のそれぞれの露光期間と、を用いた関係式に基づいて、水平ラインごとに各色成分信号を演算する色成分演算部と、

有することを特徴とする内視鏡システム。

【請求項 5】

前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記 3 色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように前記 3 色の照明光を照明させることを特徴とする請求項 4 に記載の内視鏡システム。

【請求項 6】

前記撮像素子から出力された画像信号から画像の明るさを検出し、該検出した画像の明るさを基に前記光源装置から照射させる各色の照明光の照明期間を求める調光部と、

前記関係式の解が一意に定まる各色の照明光の照明期間の組み合わせが複数示された照明期間情報を記憶する記憶部と、

をさらに備え、

前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記記憶部が記憶する照明期間情報で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、前記調光部が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で各色の照明光を照明させることを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡システム。

【請求項 7】

前記 3 色の照明光は、赤色光、緑色光、青色光であることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の内視鏡システム。

【請求項 8】

前記撮像素子は、C M O S 撮像素子であることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の内視鏡システム。

【請求項 9】

前記照明制御部は、前記光源装置に対して、前記照明光を、前記撮像素子における先頭ラインの画素に対する露光期間の終了タイミングと同じタイミングで消灯させることを特徴とする請求項 8 に記載の内視鏡システム。

【請求項 10】

前記撮像素子は、C C D 撮像素子であることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡を備えた内視鏡システムおよび内視鏡から出力された画像信号を処理する処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来、医療分野においては、被検体内部の観察のために内視鏡システムが用いられている。内視鏡は、一般に、患者等の被検体内に細長形状をなす可撓性の挿入部を挿入し、この挿入部先端から、光源装置から供給された照明光を照明し、この照明光の反射光を挿入部先端の撮像部で受光することによって、体内画像を撮像する。このように内視鏡の撮像部によって撮像された体内画像は、内視鏡システムの処理装置において所定の画像処理を施された後に、内視鏡システムのディスプレイに表示される。医師等のユーザは、ディスプレイに表示される体内画像に基づいて、被検体の臓器の観察を行う。

【 0 0 0 3 】

このような内視鏡システムが有する撮像素子に C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサを適用するとともに、被写体に対する照明光として青色光、緑色光および赤色光を順次照射し、この三色の光に対応する撮像信号を順次生成する技術が提案されている (例えば、特許文献 1 参照) 。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 2 0 2 1 8 9 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

C M O S センサは、水平ラインごとにタイミングをずらして露光または読み出しを行うローリングシャッタ方式によって画像データを生成する。この C M O S センサにおいて、全画素に対して十分な露光期間を確保するためには、全ての水平ラインで共通して露光させることが可能な期間 (V ブランク期間) の比率を上げることが必要となる。しかしながら、V ブランク期間の比率を上げた場合には、その分だけ、信号伝送用の期間が減り、C M O S センサからの高速読み出しが必要となるため、撮像ケーブルでの高速伝送が必要となり、伝送負担が大きくなるという問題があった。

20

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ケーブルの伝送負担を抑制しながら全画素に対して十分な露光期間が確保できる内視鏡システムおよび処理装置を提供することを目的とする。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる内視鏡システムは、被写体を照明するための照明光として、異なる色の照明光を所定の周期に対応させて順次発する光源装置と、前記照明光が照射された被写体からの光を光電変換して画像信号を生成して出力する複数の画素が行列状に配置された撮像素子を有する内視鏡装置と、前記撮像素子から出力された画像信号のうち、前記照明光の色の数に応じた連続する複数のフレームの画像信号の出力値を用いて各色成分信号を前記撮像素子における画素配列のラインごとに演算する色成分演算部を有する処理装置と、を有することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

40

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記色成分演算部は、前記撮像素子から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの前のフレームの画像信号の出力値のうち、演算対象であるラインと同ラインの出力値を用いて、演算対象であるラインの色成分信号を演算することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記処理装置は、前記光源装置に対し、1 ライン露光期間ごとに、1 ライン露光期間以下の期間で前記照明光を照明させる制御を行う照明制御部を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に、各色の

50

照明光が一定の条件を満たすように各色の照明光を照明させ、前記色成分演算部は、演算に使用する各フレームにおける各色の1ライン露光期間の1回あたりのそれぞれの照明期間と、演算に使用する各フレームにおける演算対象のラインへの各色のそれぞれの露光期間と、を用いた関係式を用いて、ラインごとに各色成分信号を演算することを特徴とする。

【0011】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記光源装置は、3色の照明光を照明し、前記色成分演算部は、前記撮像素子から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの1つ前のフレームおよび2つ前のフレームとにおける画像信号の出力値のうち、演算対象であるラインと同ラインの出力値を前記関係式に適用して、演算対象のラインにおける各色成分信号を演算することを特徴とする。

10

【0012】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、1つの前記1ライン露光期間に前記3色のうちの1色の照明光を照明させる照明処理を順次実行させることを特徴とする。

【0013】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、1つの前記1ライン露光期間に前記3色のうちの2色の照明光を照明させることを特徴とする。

【0014】

20

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記2色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する状態で照明させることを特徴とする。

【0015】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、1つの前記1ライン露光期間に前記3色の全ての照明光をそれぞれ異なる照明期間で照明させることを特徴とする。

【0016】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記3色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように前記3色の照明光を照明させることを特徴とする。

30

【0017】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記処理装置は、前記撮像素子から出力された画像信号から画像の明るさを検出し、該検出した画像の明るさを基に前記光源装置から照射させる各色の照明光の照明期間を求める調光部と、前記関係式の解が一意に定まる各色の照明光の照明期間の組み合わせが複数示された照明期間情報を記憶する記憶部と、をさらに備え、前記照明制御部は、前記光源装置に対し、前記記憶部が記憶する照明期間情報で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、前記調光部が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で各色の照明光を照明させることを特徴とする。

40

【0018】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記3色の照明光は、赤色光、緑色光、青色光であることを特徴とする。

【0019】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記撮像素子は、CMOS撮像素子であることを特徴とする。

【0020】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記照明制御部は、前記光源装置に対して、前記照明光を、前記撮像素子における先頭ラインの画素に対する露光期間の終了タイミングと同じタイミングで消灯させることを特徴とする。

50

【 0 0 2 1 】

また、本発明にかかる内視鏡システムは、前記撮像素子は、ＣＣＤ撮像素子であることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

また、本発明にかかる処理装置は、被写体を照明するための照明光を発する光源装置を制御するとともに、前記照明光が照射された被写体からの光を光電変換して画像信号を生成して出力する複数の画素が行列状に配置された内視鏡装置の撮像素子から出力された画像信号を処理する処理装置であって、前記光源装置に対し、異なる色の照明光を所定の周期に対応させて順次照明させる照明制御部と、前記内視鏡装置の撮像素子から出力された画像信号の出力値のうち、前記照明光の色の数に応じた連続する複数のフレームの画像信号の出力値を用いて各色成分信号を前記撮像素子における画素配列のラインごとに演算する色成分演算部と、を備えたことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、撮像素子から出力された画像信号のうち、照明光の色の数に応じた連続する複数のフレームの画像信号の出力値を用いて、取得対象のフレームの各色成分の画像信号をラインごとに演算処理によって求めているため、Ｖブランク期間を設けずとも全画素を十分な期間で露光することができ、ケーブルの伝送負担を抑制しながら全画素に対して十分な露光期間が確保できる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 2 4 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる内視鏡システムの概略構成を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示す内視鏡システムの構成を模式的に示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、図 2 に示す処理装置において 1 フレーム分の R G B 画像信号が生成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、図 2 に示す撮像素子における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 5】図 5 は、本実施の形態 1 で求める画像信号の解の一意性を説明する図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態 1 の変形例 1 における撮像素子における N B I 観察方式の場合における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

30

【図 7】図 7 は、実施の形態 1 の変形例 1 における撮像素子における N B I 観察方式の場合における露光、読み出しタイミングの他の例を示すタイミングチャートである。

【図 8】図 8 は、実施の形態 1 における撮像素子が C C D 撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 9】図 9 は、実施の形態 2 にかかる内視鏡システムの構成を模式的に示すブロック図である。

【図 1 0】図 1 0 は、図 9 に示す処理装置において 1 フレーム分の R G B 画像信号が生成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 1】図 1 1 は、図 9 に示す撮像素子における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

40

【図 1 2】図 1 2 は、本実施の形態 2 で求める画像信号の解の一意性を説明する図である。

【図 1 3】図 1 3 は、本実施の形態 2 で求める画像信号の解の一意性を説明する図である。

【図 1 4】図 1 4 は、実施の形態 2 における撮像素子が C C D 撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 1 5】図 1 5 は、実施の形態 3 にかかる内視鏡システムの構成を模式的に示すブロック図である。

【図 1 6】図 1 6 は、図 1 5 に示す処理装置において 1 フレーム分の R G B 画像信号が生

50

成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 17】図 17 は、図 15 に示す撮像素子における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 18】図 18 は、本実施の形態 3 で求める画像信号の解の一意性を説明する図である。

【図 19】図 19 は、本実施の形態 3 で求める画像信号の解の一意性を説明する図である。

【図 20】図 20 は、実施の形態 3 における撮像素子が CCD 撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0025】

以下の説明では、本発明を実施するための形態（以下、「実施の形態」という）として、内視鏡システムについて説明する。また、この実施の形態により、この発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付している。

【0026】

（実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる内視鏡システムの概略構成を示す模式図である。図 1 に示すように、本実施の形態 1 にかかる内視鏡システム 1 は、被検体内に導入され、被検体の体内を撮像して被検体内の画像信号を生成する内視鏡 2（スコープ）と、着脱自在に内視鏡 2 が装着されて内視鏡 2 から送信される画像信号に対して所定の画像処理を行うとともに内視鏡システム 1 の各部を制御する処理装置 3（信号処理装置）と、内視鏡 2 の照明光（観察光）を生成する光源装置 4 と、処理装置 3 が画像処理を施した画像信号に対応する画像を表示する表示装置 5 と、を備える。

20

【0027】

内視鏡 2 は、被検体内に挿入される挿入部 21 と、挿入部 21 の基端部側であって術者が把持する操作部 22 と、操作部 22 より延伸する可撓性のユニバーサルコード 23 と、を備える。

【0028】

挿入部 21 は、照明ファイバ（ライトガイドケーブル）および電気ケーブル等を用いて実現される。挿入部 21 は、被検体内を撮像する撮像素子として CMOS 撮像素子を内蔵した撮像部を有する先端部 21a と、複数の湾曲駒によって構成された湾曲自在な湾曲部 21b と、湾曲部 21b の基端部側に設けられた可撓性を有する可撓管部 21c と、を有する。先端部 21a には、照明レンズを介して被検体内を照明する照明部、被検体内を撮像する観察部、処理具用チャンネルを連通する開口部 21d および送気・送水用ノズル（図示せず）が設けられている。

30

【0029】

操作部 22 は、湾曲部 21b を上下方向および左右方向に湾曲させる湾曲ノブ 22a と、被検体の体腔内に生体鉗子、レーザメス等の処置具が挿入される処置具挿入部 22b と、処理装置 3、光源装置 4、送気装置、送水装置および送ガス装置等の周辺機器の操作を行う複数のスイッチ部 22c と、を有する。処置具挿入部 22b から挿入された処置具は、内部に設けられた処置具用チャンネルを経て挿入部 21 先端の開口部 21d から表出する。

40

【0030】

ユニバーサルコード 23 は、照明ファイバおよび電気ケーブル等を用いて構成される。ユニバーサルコード 23 は、基端で分岐した処理装置 3 および光源装置 4 に着脱自在なコネクタ 23a、23b を有する。ユニバーサルコード 23 は、先端部 21a に設けられた撮像部が撮像した画像信号を、コネクタ 23a を介して、処理装置 3 に伝送する。ユニバーサルコード 23 は、光源装置 4 から出射された照明光を、コネクタ 23b、操作部 22 および可撓管部 21c を介して先端部 21a に伝播する。

【0031】

50

処理装置 3 は、ユニバーサルコード 2 3 を介して入力された内視鏡 2 の先端部 2 1 a における撮像部が撮像した被検体内の撮像信号に対して所定の画像処理を施す。処理装置 3 は、ユニバーサルコード 2 3 を介して内視鏡 2 の操作部 2 2 におけるスイッチ部 2 2 c から送信された各種の指示信号に基づいて、内視鏡システム 1 の各部を制御する。

【 0 0 3 2 】

光源装置 4 は、複数の波長帯域（色）の光を出射する光源や集光レンズ等を用いて構成される。光源装置 4 は、光源から出射された光を、コネクタ 2 3 b およびユニバーサルコード 2 3 の照明ファイバを介して接続された内視鏡 2 へ、被写体である被検体内へ向けて照明するための照明光として供給する。光源は、例えば、赤色（R）光、緑色（G）光および青色（B）光の光を発する。

10

【 0 0 3 3 】

表示装置 5 は、液晶または有機 E L（Electro Luminescence）を用いた表示ディスプレイ等を用いて構成される。表示装置 5 は、映像ケーブルを介して処理装置 3 によって所定の画像処理が施された表示用画像信号に対応する画像を含む各種情報を表示する。これにより、術者は、表示装置 5 が表示する画像（体内画像）を見ながら内視鏡 2 を操作することにより、被検体内の所望の位置の観察および性状を判定することができる。

【 0 0 3 4 】

つぎに、図 1 で説明した内視鏡システム 1 の構成について説明する。図 2 は、図 1 に示す内視鏡システム 1 の構成を模式的に示すブロック図である。

【 0 0 3 5 】

20

内視鏡 2 は、先端部 2 1 a に、光学系 2 4 および撮像素子 2 5 を有する。先端部 2 1 a には、光源装置 4 から、コネクタ 2 3 b を経由して、延伸するライトガイドケーブル 2 3 c の先端が位置する。ライトガイドケーブル 2 3 c の先端には、照明レンズ 2 1 e が設けられる。光源装置 4 から発せられた光は、ライトガイドケーブル 2 3 c を介して、挿入部 2 1 の先端部 2 1 a の照明窓 2 1 f から被写体に照明される。

【 0 0 3 6 】

光学系 2 4 は、撮像素子 2 5 の前段に設けられた一または複数のレンズを用いて構成され、画角を変化させる光学ズーム機能および焦点を変化させるフォーカス機能を有する。

【 0 0 3 7 】

撮像素子 2 5 は、受光部 2 6 および読み出し部 2 7 を有する。撮像素子 2 5 は、水平ラインごとの露光かつ読み出しが可能である C M O S 撮像素子である。

30

【 0 0 3 8 】

受光部 2 6 は、受光面に複数の画素が行列状に配置される。各画素は、光が照射された被写体からの光を受光し、受光した光を光電変換して画素信号（画像信号）を生成する。受光部 2 6 の受光面側には、光学系 2 4 が配置される。

【 0 0 3 9 】

読み出し部 2 7 は、受光部 2 6 の複数の画素が生成した画像信号を読み出す。読み出し部 2 7 は、露光および読み出しを行う撮像動作を先頭の水平ラインから実行し、水平ラインごとにタイミングをずらして、電荷リセット、露光および読み出しを行うローリングシャッタ方式によって画像信号を生成する。したがって、撮像素子 2 5 においては、1つの撮像期間（フレーム）であっても、水平ラインごとに露光タイミングおよび読み出しタイミングがそれぞれ異なる。言い換えると、1 水平ラインの画素群を露光している期間（1 ライン露光期間）は、いずれの水平ラインにおいても同じ時間幅であるが、水平ラインごとに始点と終点とがずれている。読み出し部 2 7 が読み出した画像信号は、電気信号（アナログ）である。撮像素子 2 5 は、読み出し部 2 7 が読み出した画像信号の電気信号に対してノイズ除去や A / D 変換などを行う A F E 部（不図示）や、処理装置 3 から受信した制御信号にしたがって撮像素子 2 5 の動作を制御する制御部（不図示）を有する。撮像素子 2 5 が生成した画像信号（デジタル）は、信号ケーブル（不図示）やコネクタ 2 3 a を介して、処理装置 3 に出力される。

40

【 0 0 4 0 】

50

処理装置 3 は、画像処理部 3 1 と、表示制御部 3 2 と、調光部 3 3 と、制御部 3 4 と、入力部 3 5 と、記憶部 3 6 とを備える。

【 0 0 4 1 】

画像処理部 3 1 は、撮像素子 2 5 の読み出し部 2 7 によって読み出された画像信号に対し、所定の画像処理を行う。画像処理部 3 1 は、色成分演算部 3 1 a と、撮像素子 2 5 から読み出された画像信号をフレーム単位で一時的に保持できる書き換え可能なメモリ 3 1 b と、ゲイン調整部 3 1 c と、ホワイトバランス (W B) 調整部 3 1 d と、同時化部 3 1 e とを有する。画像処理部 3 1 は、オプティカルブラック減算処理、エッジ強調処理を行う場合もある。

【 0 0 4 2 】

色成分演算部 3 1 a は、内視鏡 2 の撮像素子 2 5 から出力された画像信号のうち、照明光の波長帯域 (色) の数に応じた連続する複数のフレームの画像信号の出力値を用いて各色成分信号を水平ラインごとに演算する。色成分演算部 3 1 a は、撮像素子 2 5 から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの前のフレームの画像信号の出力値のうち、演算対象であるラインと同ラインの出力値を用いて、演算対象であるラインの色成分信号を演算する。色成分演算部 3 1 a は、演算に使用する各フレームにおける各色の 1 ライン露光期間の 1 回あたりのそれぞれの照明期間と、演算に使用する各フレームにおける演算対象の水平ラインへの各色のそれぞれの露光期間と、を用いた関係式を用いて、水平ラインごとに各色成分信号を演算する。 R , G , B の 3 色の照明光が照明される場合には、色成分演算部 3 1 a は、連続する 3 フレームにおいて、 R 光を照射された被写体からの R 光のみを受光部 2 6 が受光した際の R 画像信号、 G 光を照射された被写体からの G 光のみを受光部 2 6 が受光した際の G 画像信号、および、 B 光を照射された被写体からの B 光のみを受光部 2 6 が受光した際の B 画像信号を、水平ラインごとに生成する。

【 0 0 4 3 】

ゲイン調整部 3 1 c は、後述する調光部 3 3 によって算出されたゲイン調整値、および、後述する照明制御部 3 4 a によって設定された R , G , B の 3 色の照明光の各照明期間をもとに、色成分演算部 3 1 a から出力された各色の色成分信号である R , G , B 画像信号のゲイン調整を行う。

【 0 0 4 4 】

W B 調整部 3 1 d は、色成分演算部 3 1 a から出力された各色成分である R , G , B 画像信号のホワイトバランスを調整する。

【 0 0 4 5 】

同時化部 3 1 e は、入力された各 R , G , B 画像信号を画素ごとに設けられたメモリ (図示しない) に入力し、読み出し部 2 7 が読み出した受光部 2 6 の画素のアドレスに対応させて、各メモリの値を入力された各画像信号で順次更新しながら保持するとともに、これら 3 つのメモリの各画像信号を R G B 画像信号として同時化する。

【 0 0 4 6 】

表示制御部 3 2 は、画像処理部 3 1 から出力された R G B 画像信号を、表示装置 5 に対応させて階調変換するとともに、表示装置 5 に対応するフォーマットに変更した表示用画像信号を生成して表示装置 5 に出力する。この結果、表示装置 5 には、 1 枚の体内画像が表示される。

【 0 0 4 7 】

調光部 3 3 は、画像処理部 3 1 に入力された画像信号から、各画素に対応する明るさレベルを検出し、検出した明るさレベルをもとに、この画像信号に対するゲイン調整値を算出する。調光部 3 3 は、検出した明るさレベルをもとに、次に発せられる照明光における光照射量を調光条件として算出する。調光部 3 3 は、算出したゲイン調整値をゲイン調整部 3 1 c に出力し、検出した明るさレベルとともに調光条件を制御部 3 4 に出力する。

【 0 0 4 8 】

制御部 3 4 は、 C P U 等を用いて実現される。制御部 3 4 は、処理装置 3 の各部の処理動作を制御する。制御部 3 4 は、処理装置 3 の各構成に対する指示情報やデータの転送等

10

20

30

40

50

を行うことによって、処理装置 3 の動作を制御する。制御部 3 4 は、各ケーブルを介して撮像素子 2 5 および光源装置 4 にそれぞれに接続されており、撮像素子 2 5 および光源装置 4 に対する制御も行う。制御部 3 4 は、照明制御部 3 4 a を有する。

【 0 0 4 9 】

照明制御部 3 4 a は、調光部 3 3 から出力された調光条件をもとに光源装置 4 の各色の照明期間および照明強度を設定する。実施の形態 1 では、照明制御部 3 4 a は、照明光の照明強度を一定とし、照明期間を設定する。照明制御部 3 4 a は、各光源に供給する電流量や電流供給期間等の駆動条件を設定して、設定条件を含む光源同期信号を光源装置 4 に出力する。照明制御部 3 4 a は、光源装置 4 が発する光の種別、光量、照明タイミングを設定する。照明制御部 3 4 a は、光源装置 4 に対し、先頭の水平ライン 1 における露光期間（1 ライン露光期間）ごとに、1 ライン露光期間以下の期間で照明光を照明させる制御を行う。なお、照明制御部 3 4 a は、撮像素子 2 5 の出力値が飽和しない条件で、照射時間、照射強度を設定する。照明制御部 3 4 a は、撮像素子 2 5 の出力値が飽和する手前の照射時間、照射強度を設定し、ゲイン調整部 3 1 c は、マイナスゲインで画像信号をゲイン調整してもよい。

10

【 0 0 5 0 】

入力部 3 5 は、マウス、キーボードおよびタッチパネル等の操作デバイスを用いて実現され、内視鏡システム 1 の各種指示情報の入力を受け付ける。具体的には、入力部 3 5 は、被検体情報（例えば I D、生年月日、名前等）、内視鏡 2 の識別情報（例えば I D や検査対応項目）および検査内容等の各種指示情報の入力を受け付ける。

20

【 0 0 5 1 】

記憶部 3 6 は、揮発性メモリや不揮発性メモリを用いて実現され、処理装置 3 および光源装置 4 を動作させるための各種プログラムを記憶する。記憶部 3 6 は、処理装置 3 の処理中の情報を一時的に記録する。記憶部 3 6 は、読み出し部 2 7 によって読み出された画像信号を記憶する。また、記憶部 3 6 は、画像処理部 3 1 において処理された画像信号を記憶する。

【 0 0 5 2 】

光源装置 4 は、光源制御部 4 1 と、光源ドライバ 4 3 および光源 4 4 を備えた照明部 4 2 とを有する。

【 0 0 5 3 】

光源制御部 4 1 は、照明制御部 3 4 a の制御のもと、光源 4 4 の照明光の照明処理を制御する。照明部 4 2 の光源ドライバ 4 3 は、光源制御部 4 1 の制御のもと、光源 4 4 に所定の電力を供給する。照明部 4 2 の光源 4 4 は、内視鏡 2 に供給する照明光として、複数の波長帯域（色）の光を発する。光源 4 4 は、例えば、赤色 L E D、緑色 L E D、青色 L E D 等の光源と集光レンズなどの光学系とを用いて構成され、R、G および B の波長帯域（例えば、R：600 nm～700 nm、G：500 nm～600 nm、B：400 nm～500 nm）の光を発する。光源 4 4 から発せられた光は、ライトガイドケーブル 2 3 c によって、コネクタ 2 3 b およびユニバーサルコード 2 3 を経由し、挿入部 2 1 の先端部 2 1 a の照明レンズ 2 1 e を介して照明窓 2 1 f から被写体に照明される。なお、照明窓 2 1 f 近傍には、撮像素子 2 5 が配置される。また、光源 4 4 は、白色光 L E D と、R 光、G 光および B 光それぞれの波長帯域を有する光を透過させる赤色フィルタ、緑色フィルタおよび青色フィルタを有する回転フィルタとの組み合わせであってもよい。

30

40

【 0 0 5 4 】

図 3 は、処理装置 3 において 1 フレーム分の R G B 画像信号が生成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。図 3 に示すように、まず、調光部 3 3 から制御部 3 4 の照明制御部 3 4 a に、次に照射させる照明光の調光条件が入力される調光条件入力処理が行なわれる（ステップ S 1）。照明制御部 3 4 a は、入力された調光条件にしたがって、次に照射させる照明光の照明条件を設定し、設定した照明条件で光源装置 4 に照明光を照明させる照明制御処理を行う（ステップ S 2）。照明制御部 3 4 a は、いずれの色の照明光も照明強度は一定とした上で、次に照射させる照明光の色と照明期間とを設定す

50

る。これとともに、制御部 34 は、内視鏡 2 の撮像素子 25 に対して、露光および画像信号の読み出しを行う画像信号読み出し処理を先頭の水平ラインから順次実行させる画像信号読み出し処理を行う（ステップ S3）。

【0055】

画像処理部 31 の色成分演算部 31a が、撮像素子 25 から出力された画像信号を含む連続する複数のフレームの画像信号の出力値を用いて、各色成分信号を水平ラインごとに演算する色成分演算処理を行う（ステップ S4）。色成分演算部 31a は、全水平ラインに対して各色成分信号を演算し、フレーム単位で各色成分信号を出力する。その後、画像処理部 31 は、色成分演算部 31a が出力した各色成分信号に対し、ゲイン調整処理、ホワイトバランス調整処理、同時化処理を行って、1 フレームの RGB 画像信号を生成する画像信号処理を行う（ステップ S5）。なお、画像処理部 31 は、ステップ S5 において、

10

【0056】

次に図 4 を参照して、図 3 に示す各処理について説明する。図 4 は、図 2 に示す撮像素子 25 における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。図 4 には、撮像素子 25 の露光、読み出しタイミング（図 4 の（1）に対応して撮像素子 25 から読み出される画像信号（図 4 の（2））、該画像信号を基に生成される R、G、B 画像信号（図 4 の（3）～（5））についても示している。なお、図 4 の（3）～（5）においては、各色成分の画像信号の生成のために使用する画像信号の説明の容易化のために、各色成分の画像信号の生成タイミングを実際のタイミングから移動させた状態で示している。

20

【0057】

照明制御部 34a は、ステップ S1 において入力された調光条件を基に、光源装置 4 に対し、R 光、G 光、B 光のうちの 1 色の光を 1 ライン露光期間内の 1 ライン露光期間以下の期間で照明させる照明処理を順次実行させる照明制御処理を行う（ステップ S2）。照明制御部 34a は、いずれの色の光についても、撮像素子 25 における各フレームの 1 ライン露光期間の終了タイミングと同じタイミングで消灯させる。照明制御部 34a は、照明開始時間については、調光条件に従い各 1 ライン露光期間内で調整する。図 4 の例では、照明制御部 34a は、光源装置 4 に、1 ライン露光期間ごとに、G 光、B 光、R 光の順で順次照明させ、いずれの光も各フレームの 1 ライン露光期間の終了時間で消灯させる。

【0058】

30

具体的には、フレーム 1 の 1 ライン露光期間（時間 $T_0 \sim T_1$ ）では、期間 L_{g1} が G 光の照明期間となり、フレーム 2 の 1 ライン露光期間（時間 $T_1 \sim T_2$ ）では、期間 L_{b2} が B 光の照明期間となり、フレーム 3 の 1 ライン露光期間（時間 $T_2 \sim T_3$ ）では、期間 L_{r3} が R 光の照明期間となり、フレーム 4 の 1 ライン露光期間（時間 $T_3 \sim T_4$ ）では、期間 L_{g4} が G 光の照明期間となり、フレーム 5 の 1 ライン露光期間（時間 $T_4 \sim T_5$ ）では、期間 L_{b5} が B 光の照明期間とされる。光源装置 4 は、いずれのフレームにおいても、各フレームの 1 ライン露光期間の終了時間 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 で、各光を消灯する。

【0059】

次に、図 3 の画像信号読み出し処理（ステップ S3）について説明する。本内視鏡システム 1 では、撮像素子 25 として、水平ラインごとに露光および読み出しのタイミングを変えるローリングシャッタ方式を適用する CMOS 撮像素子を採用しており、水平ラインごとにタイミングを時間方向にシフトさせながら、露光および読み出しを行う。

40

【0060】

具体的には、図 4 の（1）の例では、フレーム 1 では、先頭の水平ライン 1 については、時間 $T_0 \sim T_1$ まで露光されてから時間 T_1 で画素信号が読み出される。以降の水平ラインの画素については、水平ラインごとにタイミングを時間方向にシフトさせながら、露光および読み出しが行われる。したがって、フレーム 1 では、時間 $T_1 \sim T_2$ の間に先頭から順に各水平ラインの画素信号が読み出されることによって、フレーム 1 の画像信号 F_1 が出力される（図 4 の（2）参照）。フレーム 2 では、時間 $T_2 \sim T_3$ の間に各水平ラ

50

インの画素信号が順に読み出されることによって、フレーム 2 の画像信号 F_2 が出力される。同様に、フレーム 3 では、時間 $T_3 \sim T_4$ の間の読み出し処理によってフレーム 3 の画像信号 F_3 が出力され、フレーム 4 では、時間 $T_4 \sim T_5$ の間の読み出し処理によってフレーム 4 の画像信号 F_4 が出力され、フレーム 5 では、時間 $T_5 \sim T_6$ の間の読み出し処理によってフレーム 5 の画像信号 F_5 が出力される。

【 0 0 6 1 】

このように、撮像素子 2 5 においては、水平ラインごとに露光および読み出しのタイミングが異なるため、各フレームの画像信号 $F_1 \sim F_5$ の各出力値は、水平ラインによって、照明される光の色、照明回数、および、照明期間が異なり、複数の色の光の露光に対応した値となっている。また、R, G, B 光は、各フレームの 1 ライン露光期間ごとに 1 色ずつ順次照明されるように制御されるため、各 R, B, G 光の露光期間は、連続する 3 フレームに渡って分散している。そこで、図 3 の色成分演算処理（ステップ S 4）においては、色成分演算部 3 1 a は、水平ラインごとに、連続する 3 フレームの各フレームにおける 1 ライン露光期間あたりの各色の照明期間と、各フレームにおける演算対象の水平ラインへの各色の露光期間との関係を勘案しながら、撮像素子 2 5 から画像信号が出力された最新のフレームを含む連続する 3 フレーム分の画像信号から取得対象の色成分の信号を抽出することによって、取得対象の色成分の信号を求めている。なお、被写体は動作していない前提である。また、色成分演算部 3 1 a が演算で使用する複数のフレームの画像信号は、メモリ 3 1 b に一時的に保持されている。

【 0 0 6 2 】

実施の形態 1 では、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n の出力画像信号 $F_{(k-3)n}, F_{(k-2)n}, F_{(k-1)n}$ の値と、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ の各 1 ライン露光期間における各色の照明期間およびフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n への各色の露光期間とに基づく行列 A_k と、演算上のフレーム k の水平ライン n の R 画像信号 $F_{kn(R)}$, G 画像信号 $F_{kn(G)}$, B 画像信号 $F_{kn(B)}$ との関係を示す 3 元一次連立方程式（(1) 式）が成立する。

【 0 0 6 3 】

【数 1】

$$A_k \begin{bmatrix} F_{kn(R)} \\ F_{kn(G)} \\ F_{kn(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{(k-1)n} \\ F_{(k-2)n} \\ F_{(k-3)n} \end{bmatrix} \quad \cdots (1)$$

【 0 0 6 4 】

このため、演算上のフレーム k の水平ライン n の R 画像信号 $F_{kn(R)}$, G 画像信号 $F_{kn(G)}$, B 画像信号 $F_{kn(B)}$ を求めるためには、(1) 式を変形した (2) 式の逆行列 A_k^{-1} を求めて、(2) 式を解けばよい。すなわち、色成分演算部 3 1 a は、撮像素子 2 5 から画像信号が出力された最新のフレームと、該フレームの 1 つ前のフレームおよび 2 つ前のフレームとにおける画像信号の出力値のうち、演算対象であるラインと同ラインの出力値を (2) 式に適用して、演算対象のラインにおける各色成分信号を演算する。

【 0 0 6 5 】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} F_{kn(R)} \\ F_{kn(G)} \\ F_{kn(B)} \end{bmatrix} = A_k^{-1} \begin{bmatrix} F_{(k-1)n} \\ F_{(k-2)n} \\ F_{(k-3)n} \end{bmatrix} \quad \cdots (2)$$

【 0 0 6 6 】

例えば、4フレーム目の水平ライン n のR画像信号 $F_{4n(R)}$ 、G画像信号 $F_{4n(G)}$ 、B画像信号 $F_{4n(B)}$ については、以下の(3)式に、フレーム1~3の画像信号 F_{1n} 、 F_{2n} 、 F_{3n} における水平ライン n の出力値を入力して求める(矢印Y1参照)。(3)式では、連続するフレーム2,3のそれぞれの1ライン露光期間におけるB, R光の照明期間 L_{b2} 、 L_{r3} と、フレーム1~3における水平ライン n へのG光の露光期間 g_1 、 g_3 、B光の露光期間 b_1 、 b_2 およびR色の露光期間 r_2 、 r_3 と、が行列 A_4 のパラメータとなる。

【0067】

【数3】

$$\begin{bmatrix} \frac{r_3}{L_{r3}} & \frac{g_3}{g_1+g_3} & 0 \\ \frac{r_2}{L_{r3}} & 0 & \frac{b_2}{L_{b2}} \\ 0 & \frac{g_1}{g_1+g_3} & \frac{b_1}{L_{b2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{4n(R)} \\ F_{4n(G)} \\ F_{4n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{3n} \\ F_{2n} \\ F_{1n} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

Ra Rb Rc

10

20

【0068】

色成分演算部31aは、水平ライン n に対応するR色の露光期間 r_2 、 r_3 、G光の露光期間 g_1 、 g_3 、B光の露光期間 b_1 、 b_2 を行列 A_4 のパラメータとして適用し、画像信号 F_{3n} 、 F_{2n} 、 F_{1n} の水平ライン n の出力値を入力した(3)式を解く演算処理を行う。この結果、色成分演算部31aは、4フレーム目の水平ライン n に対応する照明期間 L_{r3} にR光で露光された場合の画像信号に対応するR画像信号 $F_{4n(R)}$ 、期間 (g_1+g_3) にG光で露光された場合の画像信号に対応するG画像信号 $F_{4n(G)}$ 、照明期間 L_{b2} にB光で露光された場合の画像信号に対応するB画像信号 $F_{4n(B)}$ を生成することができる。色成分演算部31aは、各水平ラインに対応するパラメータを行列 A_4 のパラメータとして用い、演算対象の水平ライン n の画像信号 F_{3n} 、 F_{2n} 、 F_{1n} の出力値を入力した(3)式を解く演算処理を、先頭の水平ライン1から最終の水平ライン N までそれぞれ順次行う。この結果、4フレーム目のR画像信号 $F_{4(R)}$ 、G画像信号 $F_{4(G)}$ 、B画像信号 $F_{4(B)}$ をフレーム単位で取得することができる。以下、(3)式における行列 A_4 の1行目の成分から成る行ベクトル $(r_3/L_{r3}, g_3/(g_1+g_3), 0)$ をRa、2行目の成分から成る行ベクトル $(r_2/L_{r3}, 0, b_2/L_{b2})$ をRb、3行目の成分から成る行ベクトル $(0, g_1/(g_1+g_3), b_1/L_{b2})$ をRcという。

30

【0069】

5フレーム目の水平ライン n のR画像信号 $F_{5n(R)}$ 、G画像信号 $F_{5n(G)}$ 、B画像信号 $F_{5n(B)}$ については、以下の(4)式に、フレーム2~4の画像信号 F_{2n} 、 F_{3n} 、 F_{4n} における水平ライン n の出力値を入力して求める(矢印Y2参照)。(4)式では、連続するフレーム3,4のそれぞれの1ライン露光期間におけるR, G光の照明期間 L_{r3} 、 L_{g4} 、およびフレーム2~4における水平ライン n へのR色の露光期間 r_2 、 r_3 、G光の露光期間 g_3 、 g_4 、B光の露光期間 b_2 、 b_4 が行列 A_5 のパラメータとなる。

40

【0070】

【数 4】

$$\begin{bmatrix} 0 & \frac{g_4}{L_{g4}} & \frac{b_4}{b_2 + b_4} \\ \frac{r_3}{L_{r3}} & \frac{g_3}{L_{g4}} & 0 \\ \frac{r_2}{L_{r3}} & 0 & \frac{b_2}{b_2 + b_4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{5n(R)} \\ F_{5n(G)} \\ F_{5n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{4n} \\ F_{3n} \\ F_{2n} \end{bmatrix} \quad \dots(4)$$

10

【0071】

色成分演算部31aは、水平ラインnに対応するR色の露光期間 r_2 、 r_3 、G光の露光期間 g_3 、 g_4 、B光の露光期間 b_2 、 b_4 を行列 A_5 のパラメータとして適用し、画像信号 F_{4n} 、 F_{3n} 、 F_{2n} の水平ラインnの出力値を入力した(4)式を解く演算処理を行う。この結果、色成分演算部31aは、5フレーム目の水平ラインnに対応する照明期間 L_{r3} にR光で露光された場合の画像信号に対応するR画像信号 $F_{5n(R)}$ 、照明期間 L_{g4} にG光で露光された場合の画像信号に対応するG画像信号 $F_{5n(G)}$ 、期間 $(b_2 + b_4)$ にB光で露光された場合の画像信号に対応するB画像信号 $F_{5n(B)}$ を生成することができる。色成分演算部31aは、各水平ラインに対応するパラメータを行列 A_5 のパラメータとして用い、演算対象の水平ラインの画像信号 F_{4n} 、 F_{3n} 、 F_{2n} の出力値を入力した(4)式を解く演算処理を、先頭の水平ライン1から最終の水平ラインNまでそれぞれ順次行う。この結果、5フレーム目のR画像信号 $F_{5(R)}$ 、G画像信号 $F_{5(G)}$ 、B画像信号 $F_{5(B)}$ をフレーム単位で取得することができる。

20

【0072】

6フレーム目の水平ラインnのR画像信号 $F_{6n(R)}$ 、G画像信号 $F_{6n(G)}$ 、B画像信号 $F_{6n(B)}$ については、以下の(5)式に、フレーム3~5の画像信号 F_{3n} 、 F_{4n} 、 F_{5n} における水平ラインnの出力値を入力して求める(矢印Y3参照)。(5)式では、連続するフレーム4、5のそれぞれの1ライン露光期間におけるG、B光の照明期間 L_{g4} 、 L_{b5} 、およびフレーム3~5における水平ラインnへのR色の露光期間 r_3 、 r_5 、G光の露光期間 g_3 、 g_4 、B光の露光期間 b_4 、 b_5 が行列 A_6 のパラメータとなる。

30

【0073】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} \frac{r_5}{r_3 + r_5} & 0 & \frac{b_5}{L_{b5}} \\ 0 & \frac{g_4}{L_{g4}} & \frac{b_4}{L_{b5}} \\ \frac{r_3}{r_3 + r_5} & \frac{g_3}{L_{g4}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{6n(R)} \\ F_{6n(G)} \\ F_{6n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{5n} \\ F_{4n} \\ F_{3n} \end{bmatrix} \quad \dots(5)$$

40

【0074】

色成分演算部31aは、水平ラインnに対応するR光の露光期間 r_3 、 r_5 、G光の露光期間 g_3 、 g_4 、B光の露光期間 b_4 、 b_5 を行列 A_6 のパラメータとして適用し、画像信号 F_{5n} 、 F_{4n} 、 F_{3n} の水平ラインnの出力値を入力した(5)式を解く演算処理を行う。この結果、色成分演算部31aは、6フレーム目の水平ラインnに対応する照明期間 $(r_3 + r_5)$ にR光で露光された場合の画像信号に対応するR画像信号 $F_{6n(R)}$

50

R)、照明期間 L_{g4} に G 光で露光された場合の画像信号に対応する G 画像信号 $F_{6n}(G)$ 、照明期間 L_{b5} に B 光で露光された場合の画像信号に対応する B 画像信号 $F_{6n}(B)$ を生成することができる。色成分演算部 31a は、各水平ラインに対応するパラメータを行列 A_6 のパラメータとして用い、演算対象の水平ラインの画像信号 F_{5n} 、 F_{4n} 、 F_{3n} の出力値を入力した (5) 式を解く演算処理を、先頭の水平ライン 1 から最終の水平ライン N までそれぞれ順次行う。この結果、6 フレーム目の R 画像信号 $F_{6(R)}$ 、 G 画像信号 $F_{6(G)}$ 、 B 画像信号 $F_{6(B)}$ をフレーム単位で取得することができる。

【0075】

7 フレーム以降についても、3 フレーム単位で (3) 式 ~ (5) 式を順次用いて各水平ライン n の各色成分の画像信号を演算すればよい。(3) 式 ~ (5) 式の行列 A_k については、各パラメータのフレーム番号を 3 ずつ加算し、各水平ライン n ごとに行列 A_k の逆行列 A_k^{-1} を演算して、水平ライン n ごとに各色成分の画像信号を取得する。

【0076】

なお、本実施の形態 1 で用いる関係式中の行列 A_k の階数について説明する。図 5 は、本実施の形態 1 で求める画像信号の解の一意性を説明する図であり、(3) 式の行ベクトル R_a 、 R_b 、 R_c を R 、 G 、 B 空間で見た場合を示す図である。行ベクトル R_a は、 R - G 平面上のベクトルであって、水平ライン 1 に対応する位置 R_{a1} から、ライン番号が進むにしたがって位置 R_{c1} に向かって進む軌跡 P_{Ra} を描く。行ベクトル R_b は、 B - R 平面上のベクトルであって、水平ライン 1 に対応する位置 R_{b1} から、ライン番号が進むにしたがって位置 R_{a1} に向かって進む軌跡 P_{Rb} を描く。行ベクトル R_c は、 G - B 平面上のベクトルであって、水平ライン 1 に対応する位置 R_{c1} から、ライン番号が進むにしたがって位置 R_{b1} に向かって進む軌跡 P_{Rc} を描く。これらの行ベクトル R_a 、 R_b 、 R_c は、図 5 のように、 R - G 平面、 B - R 平面、 G - B 平面の各平面上でそれぞれ異なる軌跡 P_{Ra} 、 P_{Rb} 、 P_{Rc} を描く関係であるため、いずれの行ベクトル $R_a \sim R_c$ についても 2 つの行ベクトルが同時に R 、 G 、 B 軸上で重複することもない。

【0077】

したがって、行ベクトル $R_a \sim R_c$ は常に一次独立であるため、行列 A_k は、階数 (ランク) 3 となり、(3) 式の解は一意に定まる。したがって、 R 、 G 、 B の照明期間が同一である場合、異なる場合のいずれにおいても、(3) 式の解は必ず一意に定まるため、各 R 画像信号 $F_{4n}(R)$ 、 G 画像信号 $F_{4n}(G)$ 、 B 画像信号 $F_{4n}(B)$ の値を演算において求めることができる。(4) 式、(5) 式も同様であるため、いずれのフレームの色成分信号についても一意に求めることができる。

【0078】

上述の色成分演算処理 (ステップ S4) では、1 フレームで R 、 G 、 B 画像信号のいずれもが色成分信号として演算され、画像信号処理 (ステップ S5) では、これらの R 、 G 、 B 画像信号に対して所定の画像信号処理が実行される。このうち同時化処理において、同時化部 31e は、この R 、 G 、 B 画像信号のうち、演算で利用した連続する 3 フレームのうちの最後のフレームの読み出し期間に最も近い露光期間で露光される色の画像信号を採用する。そして、3 フレーム単位で、各フレームで 1 色ずつ採用された画像信号をもとに同時化処理を行う。例えば、4 フレーム目では、フレーム 3 における読み出し期間 $T_3 \sim T_4$ に最も近い露光期間 L_{r3} に対応する R 画像信号 $F_{4(R)}$ を採用し、5 フレーム目では、フレーム 4 における読み出し期間 $T_4 \sim T_5$ に最も近い露光期間 L_{g4} に対応する G 画像信号 $F_{5(G)}$ を採用し、6 フレーム目では、フレーム 5 における読み出し期間 $T_5 \sim T_6$ に最も近い露光期間 L_{b5} に対応する B 画像信号 $F_{6(B)}$ を採用し、採用した R 画像信号 $F_{4(R)}$ 、 G 画像信号 $F_{5(G)}$ 、 B 画像信号 $F_{6(B)}$ を用いて、同時化処理を行って RGB 画像信号を生成する。もちろん、同時化部 31e は、同フレームの R 、 G 、 B 画像信号を用いて同時化処理を行い、1 フレームごとに RGB 画像信号を生成してもよい。

【0079】

このように、実施の形態 1 では、処理装置 3 における色成分演算部 31a において、複

10

20

30

40

50

数の連続したフレームの画像信号の出力値を用いた演算によって、取得対象のフレームの各色成分の画像信号を水平ラインごとに抽出している。したがって、実施の形態1によれば、各照明光の露光期間を1ライン露光期間の中で自由に設定することができるため、全画素に対して十分な露光期間を確保でき、撮像素子25の感度を維持できる。また、本実施の形態1では、色成分演算部31aが演算処理によって取得対象のフレームの各色成分の画像信号を抽出していることから、全ての水平ラインで共通して露光させる期間（Vブラंक期間）を設けずともよいから、信号伝送用の期間も十分に確保できる。したがって、実施の形態1によれば、ケーブルの伝送負担を抑制しながら全画素に対して十分な露光期間が確保できる。

【0080】

10

（実施の形態1の変形例1）

実施の形態1は、R、G、Bの3色の照明光を順次切り替える面順次方式に限らず、例えば血液中のヘモグロビンに吸収されやすくなるように狭帯域化された青色光および緑色光の2種の帯域のNBI（Narrow Band Imaging）照明光を用いて観察するNBI観察方式にも適用可能である。NBI観察方式の場合には、光源装置4は、照明制御部34aの制御に従い、狭帯域化された青色光（V光）と狭帯域化されたG光を順次切り替えて照射する。V光の波長帯域は、例えば、波長390～470nmである。

【0081】

図6は、NBI観察方式の場合における、撮像素子25における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。図6には、撮像素子25の露光、読み出しタイミング（図6の（1））に対応して撮像素子25から読み出される画像信号（図6の（2））、該画像信号を基に生成されるV、G画像信号等（図6の（3）～（5））についても示している。なお、図6の（3）～（5）においては、各色成分の画像信号の生成のために使用する画像信号の説明の容易化のために、各色成分の画像信号の生成タイミングを実際のタイミングから移動させた状態で示している。なお、この場合においても、処理装置3は、図3に示す各処理とほぼ同様の処理を行うことによって1フレーム分のV画像信号およびG画像信号を生成する。

20

【0082】

まず、照明制御部34aは、調光条件入力処理（図3のステップS1）において入力された調光条件を基に、照明制御処理を行う（ステップS2）。NBI観察方式では、照射光は、V光、G光の2色となるため、演算処理で使用する行列式のランクを3に保持するために光を発光しない無光フレームを設定する。具体的には、照明制御部34aは、光源装置4に、フレーム1の1ライン露光期間においてV光を照射させ、フレーム2の1ライン露光期間においてG光を照射させ、次のフレーム3の1ライン露光期間では発光なしの無光フレームとする。そして、連続する3フレームにおいても、照明制御部34aは、V光照射（フレーム4）、G光照射（フレーム5）、発光なし（フレーム6）とし、3フレーム単位でこの照明制御を繰り返す。

30

【0083】

続いて、色成分演算部31aは、画像信号読み出し処理（ステップS3）で読み出された連続する3つのフレームの画像信号と上述の（3）～（5）式のいずれかのうち対応する演算式を用いて、V画像信号およびG画像信号を水平ラインごとに生成する（ステップS4）。色成分演算部31aは、例えば、4フレーム目のV画像信号 $F_{4v}(v)$ 、G画像信号 $F_{4v}(g)$ を生成する場合には、水平ラインnごとに、連続する3つのフレーム画像信号 $F_1 \sim F_3$ （図6の（2）参照）の水平ラインnの出力値を（3）式に入力する。この場合、水平ラインnにおいては、連続するフレーム1～3のそれぞれの1ライン露光期間におけるV、B光の照明期間 L_{v1} 、 L_{g2} 、およびフレーム1～3における水平ラインnへのV光の露光期間 v_1 、 v_3 、G光の露光期間 g_1 、 g_2 に加え、発光のないフレーム3における見かけ上の照明期間 L_{o3} と露光期間 O_2 、 O_3 とが、（3）式の行列 A_k のパラメータとなる。

40

【0084】

50

そして、色成分演算部 31a は、(3) 式を解くことによって、4 フレーム目の水平ライン n に対応する期間 ($v_1 + v_3$) に V 光で露光された場合の画像信号に対応する V 画像信号 $F_{4v}(v)$ (図 6 の (3))、照明期間 L_{g2} に G 光で露光された場合の画像信号に対応する G 画像信号 $F_{4v}(g)$ (図 6 の (4)) を生成する。なお、演算上、見かけ上の照明期間 L_{o3} に対応する無照明時画像信号 $F_{4v}(o)$ も生成される (図 6 の (5))。色成分演算部 31a は、各水平ラインに対応するパラメータを行列 A_k のパラメータとして用い、演算対象の水平ラインの画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の出力値を入力した (3) 式を解く演算処理を、先頭の水平ライン 1 から最終の水平ライン N までそれぞれ順次行う。この結果、4 フレーム目の V 画像信号 $F_{4v}(v)$ 、G 画像信号 $F_{4v}(g)$ 、無照明時画像信号 $F_{4v}(o)$ をフレーム単位で取得することができる。続いて、画像処理部 31 は、色成分演算部 31a が演算した各 V 画像信号 $F_{4v}(v)$ 、G 画像信号 $F_{4v}(g)$ に対し、ゲイン調整処理等を含む画像信号処理 (ステップ S5) を行い、NBI 画像信号を生成する。ここで、この無光フレームを設定した場合には、調光を行う必要がなくなるため、調光せずに常時最長の照射時間で V 光、G 光を照射できることから、計算誤差を低減でき、残像の影響も少なくできるものと考えられる。

【0085】

また、図 7 は、NBI 観察方式の場合における、撮像素子 25 における他の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。照明制御部 34a は、光源装置 4 に、図 7 の (1) に示すように、図 6 では無光フレームとしたフレーム 3, 6 に、第 2 の V 光 (VV 光) を照射させてもよい。この場合、4 フレーム目の水平ライン n については、連続するフレーム 1 ~ 3 のそれぞれの 1 ライン露光期間における V, G, VV 光の照明期間 L_{v1} , L_{g2} , L_{vv3} 、およびフレーム 1 ~ 3 における水平ライン n への V 光の露光期間 v_1 , v_3 、G 光の露光期間 g_1 , g_2 、VV 光の露光期間 vv_2 , vv_3 が (3) 式の行列 A_k のパラメータとなる。色成分演算部 31a は、フレーム画像信号 $F_1 \sim F_3$ (図 7 の (2) 参照) の水平ライン n の出力値を (3) 式に入力し、解くことによって、4 フレーム目の水平ライン n における、V 画像信号 $F_{4vv}(v)$ (図 7 の (3))、G 画像信号 $F_{4vv}(g)$ (図 7 の (4)) に加え、照明期間 L_{vv3} に VV 光で露光された場合の画像信号に対応する VV 画像信号 $F_{4vv}(vv)$ (図 7 の (5)) を生成することができる。色成分演算部 31a は、各水平ライン n に対応するパラメータを行列 A_k のパラメータとし、演算対象の水平ライン n の画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の出力値を入力した (3) 式を解く演算処理を、先頭の水平ライン 1 から最終の水平ライン N まで順次行うことによって、4 フレーム目の V 画像信号 $F_{4vv}(v)$ 、G 画像信号 $F_{4vv}(g)$ 、VV 画像信号 $F_{4vv}(vv)$ をフレーム単位で取得する。V 光は感度が十分確保できないため、この場合には、V 光照明を 2 回行って、2 枚の V 光画像信号を用いることによって、V 光画像信号と G 光画像信号との感度的なバランスを取っている。なお、3 フレーム中、V 光を 2 回照明するほか、G 光を 2 回照明することももちろん可能である。

【0086】

(実施の形態 1 の変形例 2)

また、実施の形態 1 は、撮像素子 25 がグローバルシャッター方式を採用する CCD 撮像素子である場合にも適用可能である。図 8 は、撮像素子 25 が CCD 撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。

【0087】

図 8 の (1) に示すように、照明制御部 34a は、光源装置 4 に、G 光、B 光、R 光の順に順次照明光を照射させる。撮像素子 25 からは、フレーム 1 の画像信号 F_1 が、全水平ラインいずれについても、各 B 光照射期間 L_{b2} 内における時間 T_1 において読み出される。同様に、撮像素子 25 からは、R 光照射期間 L_{r3} 、G 光照射期間 L_{g4} の期間内の時間 T_2 , T_3 において、フレーム 2, 3 の画像信号 F_2 , F_3 が読み出される。色成分演算部 31a が 4 フレーム目の R 画像信号 $F_{4c}(R)$ 、G 画像信号 $F_{4c}(G)$ 、B 画像信号 $F_{4c}(B)$ を生成する場合には、水平ラインごとに、連続する 3 つのフレーム

の画像信号 $F_1 \sim F_3$ (図 8 の (2) 参照) のうち演算対象である水平ラインの出力値を入力して (3) 式を解く演算処理を、先頭の水平ライン 1 から最終の水平ライン N までそれぞれ順次行う。この場合には、実施の形態 1 と同様に、水平ライン n においては、連続するフレーム 1 ~ 3 のそれぞれの 1 ライン露光期間における R 、 B 光の照明期間 L_{r3} 、 L_{b2} 、およびフレーム 1 ~ 3 における水平ライン n への R 光の露光期間 r_2 、 r_3 、 G 光の露光期間 g_1 、 g_3 、 B 光の露光期間 b_1 、 b_2 が (3) 式の行列 A_k のパラメータとなる。

【0088】

(実施の形態 2)

次に、実施の形態 2 について説明する。実施の形態 2 では、1 つの 1 ライン露光期間に 3 色のうちの 2 色の照明光を照明させた場合について説明する。

10

【0089】

図 9 は、実施の形態 2 にかかる内視鏡システムの構成を模式的に示すブロック図である。図 9 に示すように、実施の形態 2 にかかる内視鏡システム 201 は、図 2 に示す処理装置 3 に代えて処理装置 203 を有する。処理装置 203 は、照明制御部 234 a を有する制御部 234 とを備える。照明制御部 234 a は、光源装置 4 に対し、1 つの 1 ライン露光期間に R 、 G 、 B の 3 色のうちの 2 色の照明光を照明させる。照明制御部 234 a は、連続する 3 つの 1 ライン露光期間においていずれの色の照明光も同回数照明されるように光源装置 4 に照明処理を行わせる。照明制御部 234 a は、光源装置 4 に対し、同一の 1 ライン露光期間において照明させる 2 色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する

20

【0090】

また、記憶部 36 は、照明期間テーブル 236 a (照明期間情報) を記憶する。照明期間テーブル 236 a は、色成分演算部 31 a が用いる所定の関係式の解が一意に定まる各色の照明光の照明期間の組み合わせが複数示されたテーブルである。照明制御部 234 a は、光源装置 4 に対する照明期間テーブル 236 a で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、調光部 33 が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で各色の照明光を照明させる。

【0091】

図 10 は、処理装置 203 において 1 フレーム分の RGB 画像信号が生成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。照明制御部 234 a は、前フレームの照明期間を取得する前フレーム照明期間取得処理を行う (ステップ S11)。ステップ S11 では、照明制御部 234 a は、1 フレーム過去の 2 光の各照明期間を取得する。ステップ S12 は、図 3 に示すステップ S1 である。照明制御部 234 a は、記憶部 36 の照明期間テーブル 236 a を参照する照明期間テーブル参照処理を行う (ステップ S13)。照明制御部 234 a は、ステップ S11 において取得した前フレームの照明期間も勘案して、照明期間テーブル 236 a で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、調光部 33 が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で次に照明する各色の照明期間を設定する照明期間設定処理を行う (ステップ S14)。照明制御部 234 a は、設定した照明期間で光源装置 4 に各照明光を照明させる照明制御処理を行う (ステップ S15)。ステップ S16 ~ ステップ S18 は、図 3 に示すステップ S3 ~ ステップ S5 である。

30

40

【0092】

次に図 11 を参照して、図 10 に示す一部の処理について説明する。図 11 は、図 9 に示す撮像素子 25 における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。図 11 には、撮像素子 25 の露光、読み出しタイミング (図 11 の (1)) に対応して撮像素子 25 から読み出される画像信号 (図 11 の (2))、該画像信号を基に生成される R 、 G 、 B 画像信号 (図 11 の (3) ~ (5)) についても示している。なお、図 11 の (3) ~ (5) においては、各色成分の画像信号の生成のために使用する画像信号の説明の容易化のために、各色成分の画像信号の生成タイミングを実際のタイミングから移動さ

50

せた状態で示している。

【 0 0 9 3 】

照明制御部 2 3 4 a は、ステップ S 1 3 において設定した照明期間で、光源装置 4 に対し、1つの1ライン露光期間に R, G, B の3色のうちの2色の照明光を照明させる照明期間設定処理(ステップ S 1 4)を、連続する3つの1ライン露光期間においていずれの色の照明光も同回数照明されるように実行させる。さらに、照明制御部 2 3 4 a は、光源装置 4 に対し、同一の1ライン露光期間において照明させる2色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する状態で照明させる。そして、照明制御部 2 3 4 a は、光源装置 4 に対し、実施の形態 1 と同様に、いずれの光も各フレームの1ライン露光期間の終了時間 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 で消灯させる。

10

【 0 0 9 4 】

具体的には、フレーム 1 の1ライン露光期間では、第1光の B 光が照明期間 L_{b1} で照射されるとともに第2光の R 光が照明期間 L_{r1} で照明され、フレーム 2 の1ライン露光期間では、第1光の G 光が照明期間 L_{g2} で照射されるとともに第2光の B 光が照明期間 L_{b2} で照明され、フレーム 3 の1ライン露光期間では、第1光の R 光が照明期間 L_{r3} で照射されるとともに第2光の G 光が照明期間 L_{g3} で照明される。以降のフレームについても、連続する3つのフレームにおいていずれの色の照明光も、同回数照明されるとともに、同一の1ライン露光期間において照明させる2色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する状態で照明される。

【 0 0 9 5 】

20

ステップ S 1 6 における画像信号読み出し処理で読み出されるフレームの画像信号 $F_1 \sim F_5$ の各出力値は、水平ラインによって、照明光の色や数、照明回数、および、照明期間が異なり、複数の色の光の露光に対応した値となっている。実施の形態 2 では、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n の出力画像信号 $F_{(k-3)n}, F_{(k-2)n}, F_{(k-1)n}$ の値と、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ の各1ライン露光期間における第1光、第2光の各照明期間およびフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n への第1光および第2光の各露光期間とに基づく行列 A_k と、フレーム k の水平ライン n の R 画像信号 $F_{kn(R)}$, G 画像信号 $F_{kn(G)}$, B 画像信号 $F_{kn(B)}$ との関係を示す3元一次連立方程式が成立する((1)式)。色成分演算部 3 1 a は、水平ライン n ごとに、実施の形態 2 に対応する行列 A_k の逆行列 A_k^{-1} を求めて(2)式を解き、フレーム k の水平ライン n の R 画像信号 $F_{kn(R)}$, G 画像信号 $F_{kn(G)}$, B 画像信号 $F_{kn(B)}$ を求める。

30

【 0 0 9 6 】

実施の形態 2 では、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ の各1ライン露光期間における第1光、第2光の照明期間およびフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n への第1光および第2光の各露光期間が行列 A_k のパラメータとなる。例えば、4フレーム目の水平ライン n の R 画像信号 $F_{4n(R)}$, G 画像信号 $F_{4n(G)}$, B 画像信号 $F_{4n(B)}$ については、以下の(6)式に、フレーム 1 ~ 3 における水平ライン n の画像信号 F_{1n}, F_{2n}, F_{3n} の出力値を入力して求める。

【 0 0 9 7 】

40

【数 6】

$$A_4 \begin{bmatrix} F_{4n(R)} \\ F_{4n(G)} \\ F_{4n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{3n} \\ F_{2n} \\ F_{1n} \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

$r_3 + R_3$	G_3	b_3	$\begin{bmatrix} F_{4n(R)} \\ F_{4n(G)} \\ F_{4n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{3n} \\ F_{2n} \\ F_{1n} \end{bmatrix}$
$R_1 + L_{r3} + R_3$	$L_{g2} + L_{g3}$	$b_1 + L_{b2} + b_3$	
r_2	$g_2 + G_2$	B_2	
$R_1 + L_{r3} + R_3$	$L_{g2} + L_{g3}$	$b_1 + L_{b2} + b_3$	
R_1	g_1	$b_1 + B_1$	
$R_1 + L_{r3} + R_3$	$L_{g2} + L_{g3}$	$b_1 + L_{b2} + b_3$	

$\begin{matrix} \text{Sa} & & \text{Sb} \\ & \text{Sc} & \end{matrix}$

10

【0098】

(6)式では、連続するフレーム1, 2, 3の第1光のB, G, R光の各照明期間 L_{b1} , L_{g2} , L_{r3} 、第2光のR, B, G光の各照明期間 L_{r1} , L_{b2} , L_{g3} 、フレーム1~3における水平ラインnへの第1光のB光に対する露光期間 b_1 , b_3 、第1光のG光に対する露光期間 g_1 , g_2 、第1光のR光に対する露光期間 r_2 , r_3 、第2光のR光に対する露光期間 R_1 , R_3 、第2光のB光に対する露光期間 B_1 , B_2 、および、第2光のG光に対する露光期間 G_2 , G_3 が4フレーム目の演算式中の行列 A_4 のパラメータとなる。以下、(6)式における行列 A_4 の1行目の分子成分から成る行ベクトル($r_3 + R_3$, G_3 , b_3)をSa、2行目の分子成分から成る行ベクトル(r_2 , $g_2 + G_2$, B_2)をSb、3行目の分子成分から成る行ベクトル(R_1 , g_1 , $b_1 + B_1$)をScという。

20

【0099】

色成分演算部31aは、水平ラインnに対応する各第1色および第2色の照明期間および露光時間を行列 A_4 のパラメータとして適用し、画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の水平ラインnの出力値を入力した(6)式を解く演算処理を行う。この結果、色成分演算部31aは、4フレーム目の水平ラインnに対応する、期間($R_1 + L_{r3} + R_3$)にR光で露光された場合の画像信号に対応するR画像信号 $F_{4n(R)}$ 、期間($L_{g2} + L_{g3}$)にG光で露光された場合の画像信号に対応するG画像信号 $F_{4n(G)}$ 、期間($b_1 + L_{b2} + b_3$)にB光で露光された場合の画像信号に対応するB画像信号 $F_{4n(B)}$ を生成することができる。色成分演算部31aは、各水平ラインnに対応するパラメータを行列 A_k のパラメータとして用い、演算対象の水平ラインnの画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の出力値を入力した(6)式を解く演算処理を、先頭の水平ライン1から最終の水平ラインNまでそれぞれ順次行う。この結果、色成分演算部31aは、4フレーム目のR画像信号 $F_{4(R)}$ 、G画像信号 $F_{4(G)}$ 、B画像信号 $F_{4(B)}$ をフレーム単位で取得することができる。5フレーム目についても、同様に、(6)式の行列 A_k にそれぞれ対応するパラメータを適用し、水平ラインnごとに行列 A_k の逆行列 A_k^{-1} を演算して、水平ラインnごとに各色成分の画像信号(R画像信号 $F_{5n(R)}$ 、G画像信号 $F_{5n(G)}$ 、B画像信号 $F_{5n(B)}$)を生成し、5フレーム目のR画像信号 $F_{5(R)}$ 、G画像信号 $F_{5(G)}$ 、B画像信号 $F_{5(B)}$ をフレーム単位で取得する。6フレーム目についても同様である。

30

40

【0100】

次に、(6)式中の行列 A_4 の階数について説明する。(6)式の行列 A_4 は、以下の(7)式のように分解できる。

【0101】

【数 7】

$$\begin{aligned}
 A_4 &= (A_{4-1} + A_{4-2})A_{4-3} \\
 &= \left(\begin{array}{c} \boxed{\begin{matrix} r_3 & 0 & b_3 \end{matrix}} \\ \boxed{\begin{matrix} r_2 & g_2 & 0 \end{matrix}} \\ \boxed{\begin{matrix} 0 & g_1 & b_1 \end{matrix}} \end{array} + \begin{array}{c} \boxed{\begin{matrix} R_3 & G_3 & 0 \end{matrix}} \\ \boxed{\begin{matrix} 0 & G_2 & B_2 \end{matrix}} \\ \boxed{\begin{matrix} R_1 & 0 & B_1 \end{matrix}} \end{array} \right) \begin{bmatrix} \frac{1}{R_1 + L_{r3} + R_3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_{g2} + L_{g3}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b_1 + L_{b2} + b_3} \end{bmatrix} \quad \dots (7)
 \end{aligned}$$

Saa
Sba
Sab
Sbb

Sca
Scb

10

【0102】

(7) 式のように、行列 A_4 は、第 1 光による各露光時間 $r_2, r_3, g_1, g_2, b_1, b_3$ がパラメータとなる行列 A_{4-1} 、第 2 光による各露光時間 $R_1, R_3, G_2, G_3, B_1, B_2$ がパラメータとなる行列 A_{4-2} 、第 1 光の照射期間と第 2 光の照射期間との和の逆数がパラメータとなる行列 A_{4-3} に分解できる。このうち、行列 A_{4-3} は、対角行列であるため、ランク 3 であり、逆行列が存在する。このため、(6) 式の解が一意に決まるためには、行列 A_{4-1} と行列 A_{4-2} の加算後の行列がランク 3 であればよい。以下、(7) 式における行列 A_{4-1} の 1 行目の成分から成る行ベクトル $(r_3, 0, b_3)$ を Saa 、2 行目の成分から成る行ベクトル $(r_2, g_2, 0)$ を Sba 、3 行目の成分から成る行ベクトル $(0, g_1, b_1)$ を Sca という。(7) 式における行列 A_{4-2} の 1 行目の成分から成る行ベクトル $(R_3, G_3, 0)$ を Sab 、2 行目の成分から成る行ベクトル $(0, G_2, B_2)$ を Sbb 、3 行目の成分から成る行ベクトル $(R_1, 0, B_1)$ を Scb という。

20

【0103】

図 12 は、本実施の形態 2 で求める画像信号の解の一意性を説明する図であり、行列 A_{4-1} の行ベクトル Saa, Sba, Sca と、行列 A_{4-2} の行ベクトル Sab, Sbb, Scb を R, G, B 空間で見た場合を示す図である。図 12 では、いずれの色の照明期間も全て同期間であって、調光を行わない場合について示す。この場合、行ベクトル Saa と行ベクトル Scb は、 $R-B$ 平面上で同一の軌跡 P_{Saa}, P_{Scb} を描く。また、行ベクトル Sba と行ベクトル Sab は、 $R-G$ 平面上で同一の軌跡 P_{Sba}, P_{Sab} を描き、行ベクトル Sca と行ベクトル Sbb は、 $G-B$ 平面上で同一の軌跡 P_{Sca}, P_{Sbb} を描く。このため、最終的に、(6) 式における行ベクトル Sa は、点 P_1 を起点とし点 P_2 を終点とする軌跡 P_{Sa} をたどり、行ベクトル Sb は、点 P_3 を起点とし点 P_1 を終点とする軌跡 P_{Sb} をたどり、行ベクトル Sc は、点 P_2 を起点とし点 P_3 を終点とする軌跡 P_{Sc} をたどる。したがって、行ベクトル $Sa \sim Sc$ は常に一次独立となり、行列 A_4 はランク 3 となるため、(6) 式における行列 A_4 の逆行列 A_4^{-1} は存在し、(6) 式の解は一意に定まる。

30

【0104】

図 13 は、本実施の形態 2 で求める画像信号の解の一意性を説明する図であり、行列 A_{4-1} の行ベクトル Saa, Sba, Sca と、行列 A_{4-2} の行ベクトル Sab, Sbb, Scb を R, G, B 空間で見た場合の他の例を示す図である。図 13 では、各色の照明期間のうち、フレーム 3 の第 2 光である G 光の照明期間 L_{g3} 以外の各色の照明期間は全て同期間であって、他の照明期間よりも照明期間 L_{g3} のみが長く調光した場合について示す。

40

【0105】

この場合、行ベクトル Sba と行ベクトル Sab は、 $R-B$ 平面上で異なる軌跡 P_{Sba}, P_{Sab} を描くものの、終点は一致している。また、行ベクトル Sca と行ベクトル Sbb は、 $G-B$ 平面上で異なる軌跡 P_{Sca}, P_{Sbb} を描くものの、起点は一致している。したがって、最終的に (6) 式における行ベクトル Sa の軌跡 P_{Sa} における起点

50

と行ベクトル S_b の軌跡 P_{s_b} における終点とが、図 12 の場合と比して、照明期間 L_g に対応する点 P_4 となるのみで、行ベクトル $S_a \sim S_c$ は常に一次独立となり、行列 A_4 はランク 3 となるため、調光を行った場合であっても、(6) 式における行列 A_4 の逆行列 A_4^{-1} は存在し、(6) 式の解は一意に定まる。したがって、 R, G, B に対する調光の有無によらず、(6) 式の解は、必ず一意に定まるため、各 R 画像信号 $F_{4n}(R)$ 、 G 画像信号 $F_{4n}(G)$ 、 B 画像信号 $F_{4n}(B)$ の値を演算において求めることができる。なお、実施の形態 2 では、色成分演算部 31a が用いる関係式 ((6) 式) の解が一意に定まる各色の照明光の照明期間の組み合わせの中から、調光条件に最も近い照明期間の組み合わせで各光を照明させることによって、色成分演算部 31a による演算の簡略化を図っている。

10

【0106】

上述の色成分演算処理 (ステップ S17) では、1 フレームで R, G, B 画像信号のいずれもが演算される。画像信号処理 (ステップ S18) では、同時化部 31e は、この R, G, B 画像信号のうち、演算で使った連続する 3 フレームのうちの最後のフレームの読み出し期間に近い 2 つの期間で露光される色の画像信号が低残像となるため、同時化処理において採用する。例えば、4 フレーム目では、フレーム 3 における読み出し期間 $T_3 \sim T_4$ に近い露光期間 L_{g3} および露光期間 L_{g2} の 2 つの期間に対応する G 画像信号 $F_{4c}(G)$ を採用し、5 フレーム目では、フレーム 4 における読み出し期間 $T_4 \sim T_5$ に最も近い露光期間 L_{r4} および露光期間 L_{r3} の 2 つの期間に対応する R 画像信号 $F_{5c}(R)$ を採用し、6 フレーム目では、フレーム 5 における読み出し期間 $T_5 \sim T_6$ に最も近い露光期間 L_{b5} および露光期間 L_{b4} に対応する B 画像信号 $F_{6c}(B)$ を採用し、採用した R 画像信号 $F_{4c}(R)$ 、 G 画像信号 $F_{5c}(G)$ 、 B 画像信号 $F_{6c}(B)$ を用いて、同時化を行い、 RGB 画像信号を生成する。

20

【0107】

この実施の形態 2 のように、1 フレームで 2 色発光を行った場合も、複数の連続したフレームの画像信号の出力値を用いた演算処理において、取得対象のフレームの各色成分の画像信号を抽出しているため、実施の形態 1 と同様の効果を奏する。さらに、実施の形態 2 では、実施の形態 1 と比して、各色の照明頻度が多くなるため、被写体が動いた場合の残像を低減することができる。

【0108】

30

なお、実施の形態 2 は、実施の形態 1 と同様に、撮像素子 25 がグローバルシャッタ方式を採用する CCD 撮像素子である場合にも適用可能である。図 14 は、撮像素子 25 が CCD 撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。照明制御部 234a が、光源装置 4 に、図 14 の (1) に示す条件で G 光、 B 光、 R 光を照射させ、例えば 4 フレーム目の R 画像信号 $F_{4c}(R)$ 、 G 画像信号 $F_{4c}(G)$ 、 B 画像信号 $F_{4c}(B)$ を生成する場合には、連続する 3 つのフレーム画像信号 $F_1 \sim F_3$ (図 14 の (2) 参照) の出力値を、水平ラインごとに、(6) 式に入力して演算する。この場合も、CMOS 撮像素子の場合と同様に、水平ライン n については、連続するフレーム 1 ~ 3 の第 1 光の B, G, R 光の各照明期間 L_{b1}, L_{g2}, L_{r3} 、第 2 光の R, B, G 光の各照明期間 L_{r1}, L_{b2}, L_{g3} 、フレーム 1 ~ 3 における水平ライン n への第 1 光の B 光に対する露光期間 b_1, b_3 、第 1 光の G 光に対する露光期間 g_1, g_2 、第 1 光の R 光に対する露光期間 r_2, r_3 、第 2 光の R 光に対する露光期間 R_1, R_3 、第 2 光の B 光に対する露光期間 B_1, B_2 、および、第 2 光の G 光に対する露光期間 G_2, G_3 が (6) 式の行列 A_4 のパラメータとなる。

40

【0109】

また、本実施の形態 2 は、実施の形態 1 と同様に、NBI 観察方式にも適用可能である。この場合には、照明制御部 234a は、 V 光と G 光と無光との組み合わせ、 V 光と G 光と VV 光との組み合わせ、或いは、 V 光と G 光と GG 光 (2 回目の G 光) の組み合わせのいずれかのパターンを用いて、 R, G, B 光照射の条件と同様に、1 つの 1 ライン露光期間に 3 色のうちの 2 色の照明光を照明させる照明処理を、連続する 3 つのフレーム期間に

50

においていずれの色の照明光も同回数照明されるように実行させればよい。また、実施の形態 2 では、同一の 1 ライン露光期間において照明させる 2 色の照明光の照明期間が少なくとも一部で重複する状態で照明させる場合を例に説明したが、行列 A_k がランク 3 となる条件であれば、同一の 1 ライン露光期間において照明させる 2 色の照明光の照明期間が重複していなくともよい。

【0110】

(実施の形態 3)

次に、実施の形態 3 について説明する。実施の形態 3 では、1 つの 1 ライン露光期間に 3 色全ての照明光を照明させた場合について説明する。

【0111】

図 15 は、実施の形態 3 にかかる内視鏡システムの構成を模式的に示すブロック図である。図 15 に示すように、実施の形態 3 にかかる内視鏡システム 301 は、図 9 に示す処理装置 203 に代えて処理装置 303 を有する。処理装置 303 は、照明制御部 334a を有する制御部 334 を備える。照明制御部 334a は、光源装置 4 に対し、1 つの 1 ライン露光期間に R, G, B の 3 色の全ての照明光をそれぞれ異なる照明期間で照明させる。照明制御部 334a は、光源装置 4 に対し、同じ 1 ライン露光期間において照明される 3 色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように 3 色の照明光を照明させる。

【0112】

また、記憶部 36 は、実施の形態 2 と同様に、色成分演算部 31a が用いる所定の関係式の解が一意に定まる各色の照明光の照明期間の組み合わせが複数示された照明期間テーブル 336a (照明期間情報) を記憶する。照明制御部 334a は、光源装置 4 に対する照明期間テーブル 336a で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、調光部 33 が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で各色の照明光を照明させる。

【0113】

図 16 は、処理装置 303 において 1 フレーム分の RGB 画像信号が生成されるまでの処理の処理手順を示すフローチャートである。照明制御部 334a は、前フレームの照明期間を取得する前フレーム照明期間取得処理を行う (ステップ S21)。ステップ S21 では、照明制御部 334a は、1 フレーム過去の 3 光の各照明期間および 2 フレーム過去の 3 光の各照明期間を取得する。ステップ S22 は、図 3 に示すステップ S1 である。照明制御部 334a は、記憶部 36 の照明期間テーブル 336a を参照する照明期間テーブル参照処理を行う (ステップ S23)。照明制御部 334a は、ステップ S21 において取得した前フレームの照明期間も勘案して、照明期間テーブル 336a で示された各色の照明光の照明期間の組み合わせのうち、調光部 33 が求めた各色の照明光の照明期間に最も近い組み合わせの照明期間で次に照明する各色の照明期間を設定する照明期間設定処理を行う (ステップ S24)。照明制御部 334a は、設定した照明期間で光源装置 4 に各照明光を照明させる照明制御処理を行う (ステップ S25)。ステップ S26 ~ ステップ S28 は、図 3 に示すステップ S3 ~ ステップ S5 である。

【0114】

次に図 17 を参照して、図 16 に示す一部の処理について説明する。図 17 は、図 15 に示す撮像素子 25 における露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートである。図 17 には、撮像素子 25 の露光、読み出しタイミング (図 17 の (1)) に対応して撮像素子 25 から読み出される画像信号 (図 17 の (2))、該画像信号を基に生成される R, G, B 画像信号 (図 17 の (3) ~ (5)) についても示している。なお、図 17 の (3) ~ (5) においては、各色成分の画像信号の生成のために使用する画像信号の説明の容易化のために、各色成分の画像信号の生成タイミングを実際のタイミングから移動させた状態で示している。

【0115】

照明制御部 334a は、ステップ S23 において設定した照明期間で、光源装置 4 に対

10

20

30

40

50

し、1つの1ライン露光期間にR, G, Bの3色全ての照明光を照明させる照明処理（ステップS24）を、同じ1ライン露光期間における3色の照明期間がそれぞれ異なる期間で照明されるように実行させる。さらに、照明制御部334aは、光源装置4に対し、同一の1ライン露光期間において照明させる3色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように3色の照明光を照明させる。そして、照明制御部334aは、光源装置4に対し、実施の形態1と同様に、いずれの光も各フレームの1ライン露光期間の終了時間 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 で消灯させる。

【0116】

具体的には、フレーム1の1ライン露光期間では、第1光のG光が照明期間 L_{g1} で照射され、第2光のB光が照明期間 $L_{b1} (< L_{g1})$ で照明され、第3光のR光が照明期間 $L_{r1} (< L_{b1})$ で照明される。フレーム2の1ライン露光期間では、第1光のB光が照明期間 L_{b2} で照射され、第2光のR光が照明期間 $L_{r2} (< L_{b2})$ で照明され、第3光のG光が照明期間 $L_{g2} (< L_{r2})$ で照明される。フレーム3の1ライン露光期間では、第1光のR光が照明期間 L_{r3} で照射され、第2光のG光が照明期間 $L_{g3} (< L_{r3})$ で照明され、第3光のB光が照明期間 $L_{b3} (< L_{g3})$ で照明される。以降のフレームについても、同じ1ライン露光期間における3色の照明期間がそれぞれ異なる期間で照明されるとともに、同じ1ライン露光期間において照明される3色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように3色の照明光を照明させる。

【0117】

ステップS26における画像信号読み出し処理で読み出されるフレームの画像信号 $F_1 \sim F_5$ の各出力値は、水平ラインによって、照明光の色や数、照明回数、および、照明期間が異なり、複数の色の光の露光に対応した値となっている。実施の形態3では、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n の出力画像信号 $F_{(k-3)n}, F_{(k-2)n}, F_{(k-1)n}$ の値と、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ の各1ライン露光期間における第1光、第2光および第3光の各照明期間、並びに、フレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n への第1光、第2光および第3光の各露光期間とに基づく行列 A_k と、フレーム k の水平ライン n のR画像信号 $F_{kn(R)}$, G画像信号 $F_{kn(G)}$, B画像信号 $F_{kn(B)}$ との関係を示す3元一次連立方程式（(1)式）が成立する。色成分演算部31aは、水平ラインごとに、実施の形態3に対応する行列 A_k の逆行列 A_k^{-1} を求めて(2)式を解き、フレーム k の水平ライン n のR画像信号 $F_{kn(R)}$, G画像信号 $F_{kn(G)}$, B画像信号 $F_{kn(B)}$ を求める。

【0118】

実施の形態3では、連続するフレーム $(k-3) \sim (k-1)$ の各1ライン露光期間における第1光、第2光および第3光の照明期間、並びに、フレーム $(k-3) \sim (k-1)$ における水平ライン n への第1光、第2光および第3光の各露光期間が行列 A_k のパラメータとなる。例えば、4フレーム目の水平ライン n のR画像信号 $F_{4n(R)}$, G画像信号 $F_{4n(G)}$, B画像信号 $F_{4n(B)}$ については、以下の(8)式に、フレーム1~3の画像信号 F_{1n}, F_{2n}, F_{3n} における水平ライン n の出力値を入力して求める。

【0119】

10

20

30

40

【数 8】

$$A_4 \begin{bmatrix} F_{4n(R)} \\ F_{4n(G)} \\ F_{4n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{3n} \\ F_{2n} \\ F_{1n} \end{bmatrix} \quad \text{--- (8)}$$

$$\begin{bmatrix} r_3 + r_3' & g_3 + G_3 & B_3 + b_3' \\ r_1' + L_{r2} + L_{r3} + r_3' & g_1 + L_{g2} + L_{g3} + g_3 & B_1 + L_{b2} + L_{b3} + B_3 \\ r_2 + R_2 & G_2 + g_2' & b_2 + b_2' \\ r_1' + L_{r2} + L_{r3} + r_3' & g_1 + L_{g2} + L_{g3} + g_3 & B_1 + L_{b2} + L_{b3} + B_3 \\ R_1 + r_1' & g_1 + g_1' & b_1 + B_1 \\ r_1' + L_{r2} + L_{r3} + r_3' & g_1 + L_{g2} + L_{g3} + g_3 & B_1 + L_{b2} + L_{b3} + B_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{4n(R)} \\ F_{4n(G)} \\ F_{4n(B)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{3n} \\ F_{2n} \\ F_{1n} \end{bmatrix}$$

Qa Qb Qc

10

【0120】

(8)式では、連続するフレーム1, 2, 3の第1光のG, B, R光の各照明期間 L_{g1} , L_{b2} , L_{r3} 、第2光のB, R, G光の各照明期間 L_{b1} , L_{r2} , L_{g3} 、第3光のR, G, B光の各照明期間 L_{r1} , L_{g2} , L_{b3} 、フレーム1~3における水平ラインnへの第1光のG光に対する露光期間 g_1 , g_3 、第1光のB光に対する露光期間 b_1 , b_2 、第1光のR光に対する露光期間 r_2 , r_3 、第2光のB光に対する露光期間 B_1 , B_3 、第2光のR光に対する露光期間 R_1 , R_2 、第2光のG光に対する露光期間 G_2 , G_3 、第3光のR光に対する露光期間 r_1' , r_3' 、第3光のG光に対する露光期間 g_1' , g_2' 、第3光のB光に対する露光期間 b_2' , b_3' が、4フレーム目の演算式中の行列 A_4 のパラメータとなる。以下、(8)式における行列 A_4 の1行目の分子成分から成る行ベクトル $(r_3 + r_3', g_2 + G_3, B_3 + b_3')$ をQa、2行目の分子成分から成る行ベクトル $(r_2 + R_2, G_2 + g_2', b_2 + b_2')$ をQb、3行目の分子成分から成る行ベクトル $(R_1 + r_1', g_1 + g_1', b_1 + B_1)$ をQcという。

20

【0121】

色成分演算部31aは、水平ラインnに対応する各第1色、第2色および第3色の照明期間および露光時間を行列 A_4 のパラメータとして適用し、画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の水平ラインnの出力値を入力した(8)式を解く演算処理を行う。この結果、4フレーム目の水平ラインnに対応する、期間 $(r_1' + L_{r2} + L_{r3} + r_3')$ にR光で露光された場合の画像信号に対応するR画像信号 $F_{4n(R)}$ 、期間 $(g_1 + L_{g2} + L_{g3} + g_3)$ にG光で露光された場合の画像信号に対応するG画像信号 $F_{4n(G)}$ 、期間 $(B_1 + L_{b2} + L_{b3} + B_3)$ にB光で露光された場合の画像信号に対応するB画像信号 $F_{4n(B)}$ を生成することができる。色成分演算部31aは、各水平ラインに対応するパラメータを行列 A_k のパラメータとして用い、演算対象の水平ラインの画像信号 F_{3n} , F_{2n} , F_{1n} の出力値を入力した(8)式を解く演算処理を、先頭の水平ライン1から最終の水平ラインNまでそれぞれ順次行う。この結果、色成分演算部31aは、4フレーム目のR画像信号 $F_{4(R)}$ 、G画像信号 $F_{4(G)}$ 、B画像信号 $F_{4(B)}$ をフレーム単位で取得することができる。5フレーム以降についても、(8)式の行列 A_k にそれぞれ対応するパラメータを適用し、各水平ラインnごとに行列 A_k の逆行列 A_k^{-1} を演算して、水平ラインnごとに各色成分の画像信号を取得する。

30

40

【0122】

次に、(8)式中の行列 A_4 の階数について説明する。(8)式の行列 A_4 は、以下の(9)式のように分解できる。

【0123】

【数 9】

$$A_4 = (A_{4-11} + A_{4-12} + A_{4-13})A_{4-14}$$

$$= \begin{pmatrix} \begin{matrix} r_3 & g_3 & 0 \\ r_2 & 0 & b_2 \\ 0 & g_1 & b_1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & G_3 & B_3 \\ R_2 & G_2 & 0 \\ R_1 & 0 & B_1 \end{matrix} & \begin{matrix} r_3' & 0 & b_3' \\ 0 & g_2' & b_2' \\ r_1' & g_1' & 0 \end{matrix} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{r_1' + L_{r2} + L_{r3} + r_3'} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{g_1 + L_{g2} + L_{g3} + g_3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{B_1 + L_{b2} + L_{b3} + B_3} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

Qaa Qba Qab Qbb Qac Qbc
Qca Qcb Qcc

10

【0124】

(9) 式のように、行列 A_4 は、第 1 光による各露光時間 $r_2, r_3, g_1, g_3, b_1, b_2$ がパラメータとなる行列 A_{4-11} 、第 2 光による各露光時間 $R_1, R_2, G_2, G_3, B_1, B_3$ がパラメータとなる行列 A_{4-12} 、第 3 光による各露光時間 $r_1', r_3', g_1', g_2', b_2', b_3'$ がパラメータとなる行列 A_{4-13} 、第 1 光の照射期間と第 2 光の照射期間と第 3 光の照射期間との和の逆数がパラメータとなる行列 A_{4-14} に分解できる。このうち、行列 A_{4-14} は、対角行列であるため、ランク 3 であり、逆行列が存在する。このため、(8) 式の解が一意に決まるためには、行列 $A_{4-11} \sim$ 行列 A_{4-13} の加算後の行列がランク 3 であればよい。以下、(9) 式における行列 A_{4-11} の 1 行目の成分から成る行ベクトル $(r_3, g_3, 0)$ を Qaa、2 行目の成分から成る行ベクトル $(r_2, 0, b_2)$ を Qba、3 行目の成分から成る行ベクトル $(0, g_1, b_1)$ を Qca という。(9) 式における行列 A_{4-12} の 1 行目の成分から成る行ベクトル $(0, G_3, B_3)$ を Qab、2 行目の成分から成る行ベクトル $(R_2, G_2, 0)$ を Qbb、3 行目の成分から成る行ベクトル $(R_1, 0, B_1)$ を Qcb という。(9) 式における行列 A_{4-13} の 1 行目の成分から成る行ベクトル $(r_3', 0, b_3')$ を Qac、2 行目の成分から成る行ベクトル $(0, g_2', b_2')$ を Qbc、3 行目の成分から成る行ベクトル $(r_1', g_1', 0)$ を Qcc という。

20

【0125】

図 18 は、本実施の形態 3 で求める画像信号の解の一意性を説明する図であり、行列 A_{4-11} の行ベクトル Qaa, Qba, Qca と、行列 A_{4-12} の行ベクトル Qab, Qbb, Qcb と、行列 A_{4-13} の行ベクトル Qac, Qbc, Qcc と、を R, G, B 空間で見た場合を示す図である。図 18 は、第 1 光の R, G, B の照明期間が同期間であり、第 2 光の R, G, B の各照明期間が同期間であり、第 3 光の R, G, B の照明期間が同期間であり、第 1 光は、第 3 光の照明期間の 3 倍の期間であり、第 2 光は第 3 光の照明期間の 2 倍の期間である場合について示す。

30

【0126】

第 1 光の露光期間に対応する行ベクトル Qaa, Qba, Qca は、R - G 平面、B - R 平面、G - B 平面の各平面上で、R 軸上、G 軸上、B 軸上の第 1 光の照明時間幅に対応する 3 点が起点或いは終点となる軌跡 $P_{Qaa}, P_{Qba}, P_{Qca}$ を描く。第 2 光の露光期間に対応する行ベクトル Qab, Qbb, Qcb は、R - G 平面、B - R 平面、G - B 平面の各平面上で、R 軸上、G 軸上、B 軸上の第 2 光の照明時間幅に対応する 3 点が起点或いは終点となる軌跡 $P_{Qab}, P_{Qbb}, P_{Qcb}$ を描く。第 3 光の露光期間に対応する行ベクトル Qac, Qbc, Qcc は、R - G 平面、B - R 平面、G - B 平面の各平面上で、R 軸上、G 軸上、B 軸上の第 3 光の照明時間幅に対応する 3 点が起点或いは終点となる軌跡 $P_{Qac}, P_{Qbc}, P_{Qcc}$ を描く。

40

【0127】

この結果、行ベクトル Qaa, Qab, Qac の合成ベクトルである行列 A_4 の行ベクトル Qa は、軌跡 P_{Qa} を描き、行ベクトル Qba, Qbb, Qbc の合成ベクトルである行列 A_4 の行ベクトル Qb は、軌跡 P_{Qb} を描き、行ベクトル Qca, Qcb, Qcc の合成ベクトルである行列 A_4 の行ベクトル Qc は、軌跡 P_{Qc} を描き、行ベクトル Qa

50

～ Q_c に対応する軌跡で形成される三角形が面積を有する状態となる。この場合には、いずれの行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ についても対応する軌跡が重複することがない。行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ は独立性を保持し、行列 A_4 はランク3となるため、(8)式における行列 A_4 の逆行列 A_4^{-1} は存在し、(8)式の解は一意に定まる。

【0128】

図19は、本実施の形態3で求める画像信号の解の一意性を説明する図であり、行列 A_{4-11} の行ベクトル Q_{aa} 、 Q_{ba} 、 Q_{ca} と、行列 A_{4-12} の行ベクトル Q_{ab} 、 Q_{bb} 、 Q_{cb} と、行列 A_{4-13} の行ベクトル Q_{ac} 、 Q_{bc} 、 Q_{cc} と、を R 、 G 、 B 空間で見た場合の他の例を示す図である。各色の照明期間のうち、フレーム3の第1光の R 光の照明期間 L_{r3} を、他のフレーム1、2の第1光の照明期間の(4/3)倍に長くし、第2光の G 光の照明期間 L_{g3} を他のフレーム1、2の第2光の照明期間の(4/3)倍に長くし、第3光の B 光の照明期間 L_{b3} を他のフレーム1、2の第3光の照明期間の(4/3)倍に長くした場合について示す。

【0129】

この場合には、図18と比して、軌跡 $P_{Q_{ba}}$ の起点および軌跡 $P_{Q_{ca}}$ の終点が、他のフレーム1、2の第1光の照明期間の(4/3)倍に長いフレーム3の第1光の R 光の照明期間 L_{r3} に対応する点となり、軌跡 $P_{Q_{ab}}$ の起点および軌跡 $P_{Q_{bb}}$ の終点が、他のフレーム1、2の第2光の照明期間の(4/3)倍に長いフレーム3の第2光の G 光の照明期間 L_{g3} に対応する点となり、軌跡 $P_{Q_{ac}}$ の起点および軌跡 $P_{Q_{bc}}$ の終点が、他のフレーム1、2の第2光の照明期間の(4/3)倍に長いフレーム3の第3光の B 光の照明期間 L_{b3} に対応する点となる。この場合も、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ に対応する軌跡 P_{Q_a} 、 P_{Q_b} 、 P_{Q_c} で形成される三角形が面積を有する状態となり、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ は独立性を保持し、行列 A_4 はランク3となる。したがって、実施の形態3では、第1光、第2光、第3光の照明期間を、他のフレームの第1光、第2光、第3光の照明期間と異なる期間に変更することが可能である。

【0130】

ただし、同一フレームにおける第1光、第2光、第3光の照明期間をいずれも同期間にした場合には、行ベクトル Q_{aa} 、 Q_{bb} 、 Q_{cc} が重複し、行ベクトル Q_{ac} 、 Q_{ba} 、 Q_{cb} が重複し、行ベクトル Q_{ab} 、 Q_{bc} 、 Q_{ca} が重複する。この場合には、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ は、行ベクトル Q_{aa} 、 Q_{bb} 、 Q_{cc} 、行ベクトル Q_{ac} 、 Q_{ba} 、 Q_{cb} 、行ベクトル Q_{ab} 、 Q_{bc} 、 Q_{ca} の軌跡で形成される三角形の重心に位置し、動かなくなるため、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ の一次独立は破綻し、ランク3が崩れ、(8)式の解が一意に定まらない。したがって、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ に対応する軌跡 P_{Q_a} 、 P_{Q_b} 、 P_{Q_c} で形成される三角形が面積を有することが、行列 A_4 のランク3を維持する条件となるため、照明制御部334aは、同じ1ライン露光期間における3色の照明期間がそれぞれ異なる期間で照明されるように制御する必要がある。なお、第1光、第2光および第3光の照明期間の差が大きいと、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ に対応する軌跡 P_{Q_a} 、 P_{Q_b} 、 P_{Q_c} で形成される三角形の面積が大きくなり、行ベクトル $Q_a \sim Q_c$ の独立性を維持しやすくなるため、照明制御部334aは、同じ1ライン露光期間における第1光、第2光および第3光の照明期間の差が大きくなる条件を設定することが望ましい。

【0131】

この実施の形態3のように、1フレームで3色発光を行った場合も、複数の連続したフレームの画像信号の出力値を用いた演算処理において、取得対象のフレームの各色成分の画像信号を抽出しているため、実施の形態1と同様の効果を奏する。さらに、実施の形態3では、実施の形態2よりもさらに各色の照明頻度が多くなる分、被写体が動いた場合の残像を低減できる。

【0132】

なお、実施の形態3は、実施の形態1、2と同様に、撮像素子25がグローバルシャッタ方式を採用するCCD撮像素子である場合にも適用可能である。図20は、撮像素子25がCCD撮像素子である場合の露光、読み出しタイミングを示すタイミングチャートで

ある。照明制御部 334a が、光源装置 4 に、図 20 の (1) に示す条件で G 光、B 光、R 光を照射させ、例えば 4 フレーム目の R 画像信号 $F_{4c(R)}$ 、G 画像信号 $F_{4c(G)}$ 、B 画像信号 $F_{4c(B)}$ を生成する場合には、連続する 3 つのフレーム画像信号 $F_1 \sim F_3$ (図 20 の (2) 参照) の演算対象の水平ラインと同ラインの出力値を、(8) 式に入力して、水平ラインごとに演算する。この場合も、CMOS 撮像素子の場合と同様に、水平ライン n については、連続するフレーム 1 ~ 3 の第 1 光の G、B、R 光の各照明期間 L_{g1} 、 L_{b2} 、 L_{r3} 、第 2 光の B、R、G 光の各照明期間 L_{b1} 、 L_{r2} 、 L_{g3} 、第 3 光の R、G、B 光の各照明期間 L_{r1} 、 L_{g2} 、 L_{b3} 、フレーム 1 ~ 3 における水平ライン n への第 1 光の G 光に対する露光期間 g_1 、 g_3 、第 1 光の B 光に対する露光期間 b_1 、 b_2 、第 1 光の R 光に対する露光期間 r_2 、 r_3 、第 2 光の B 光に対する露光期間 B_1 、 B_3 、第 2 光の R 光に対する露光期間 R_1 、 R_2 、第 2 光の G 光に対する露光期間 G_2 、 G_3 、第 3 光の R 光に対する露光期間 r_1' 、 r_3' 、第 3 光の G 光に対する露光期間 g_1' 、 g_2' 、第 3 光の B 光に対する露光期間 b_2' 、 b_3' が (8) 式の行列 A_4 のパラメータとなる。

【0133】

また、本実施の形態 3 は、実施の形態 1、2 と同様に、NBI 観察方式にも適用可能である。この場合には、照明制御部 334a は、V 光と G 光と無光との組み合わせ、V 光と G 光と VV 光との組み合わせ、或いは、V 光と G 光と GG 光の組み合わせのいずれかのパターンを用いて、R、G、B 光照射の条件と同様に、1 つの 1 ライン露光期間に 3 色全ての照明光を照明させる照明処理を、同じ 1 ライン露光期間における 3 色の照明期間がそれぞれ異なる期間で照明されるように実行させればよい。また、実施の形態 3 では、同じ 1 ライン露光期間において照明される 3 色の照明光のいずれもが重複して照明される期間を含むように 3 色の照明光を照明させる場合を例に説明したが、(8) 式の行列 A_4 がランク 3 となる条件であれば、同一の 1 ライン露光期間において照明させる 3 色の照明光の照明期間が重複していなくともよい。

【0134】

また、本実施の形態において、光源装置と別体である処理装置 3、203、303 を例に説明したが、もちろん、光源が一体となった光源一体型処理装置にも適用可能である。また、本実施の形態において、照明光の組み合わせは、R、G、B 光の組み合わせ、或いは、狭帯域化された V 光と G 光との組み合わせに限らない。G 光と励起光と励起光との組み合わせ、G 光と第 1 の R 光と第 1 の R 光とは異なる波長帯域の第 2 の R 光との組み合わせであってもよい。また、狭帯域化された V 光と G 光との組み合わせ例でも説明したように、3 回単位で発する照明光のうちの 2 回の照明光において、波長帯域が異なれば本実施の形態は適用可能である。

【0135】

また、本実施の形態にかかる処理装置 3、203、303、並びに、他の構成部で実行される各処理に対する実行プログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルで CD-ROM、フレキシブルディスク、CD-R、DVD (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録して提供するように構成してもよく、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成しても良い。また、インターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

【符号の説明】

【0136】

- 1, 201, 301 内視鏡システム
- 2 内視鏡
- 3, 203, 303 処理装置
- 4 光源装置
- 5 表示装置
- 21 挿入部

10

20

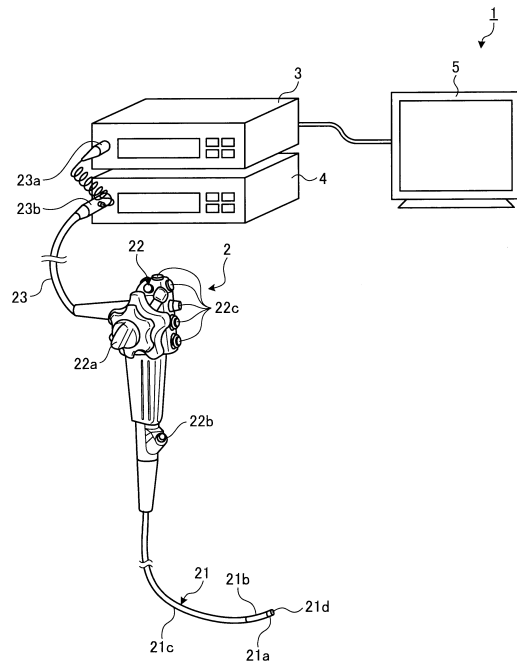
30

40

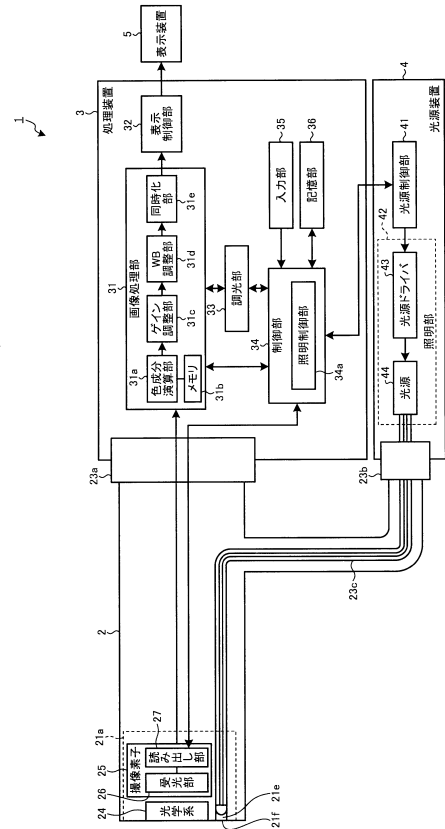
50

2 1 a	先端部	
2 1 b	湾曲部	
2 1 c	可撓管部	
2 1 d	開口部	
2 1 e	照明レンズ	
2 1 f	照明窓	
2 2	操作部	
2 2 a	湾曲ノブ	
2 2 b	処置具挿入部	
2 2 c	スイッチ部	10
2 3	ユニバーサルコード	
2 3 a , 2 3 b	コネクタ	
2 3 c	ライトガイドケーブル	
2 4	光学系	
2 5	撮像素子	
2 6	受光部	
2 7	読み出し部	
3 1	画像処理部	
3 1 a	色成分演算部	
3 1 b	メモリ	20
3 1 c	ゲイン調整部	
3 1 d	W B 調整部	
3 1 e	同時化部	
3 2	表示制御部	
3 3	調光部	
3 4 , 2 3 4 , 3 3 4	制御部	
3 4 a , 2 3 4 a , 3 3 4 a	照明制御部	
3 5	入力部	
3 6	記憶部	
4 1	光源制御部	30
4 2	照明部	
4 3	光源ドライバ	
4 4	光源	
2 3 6 a , 3 3 6 a	照明期間テーブル	

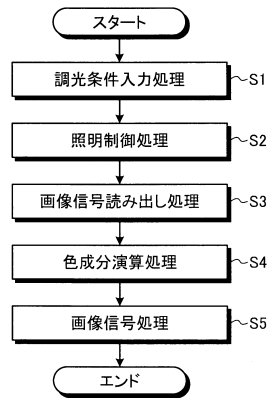
【図 1】



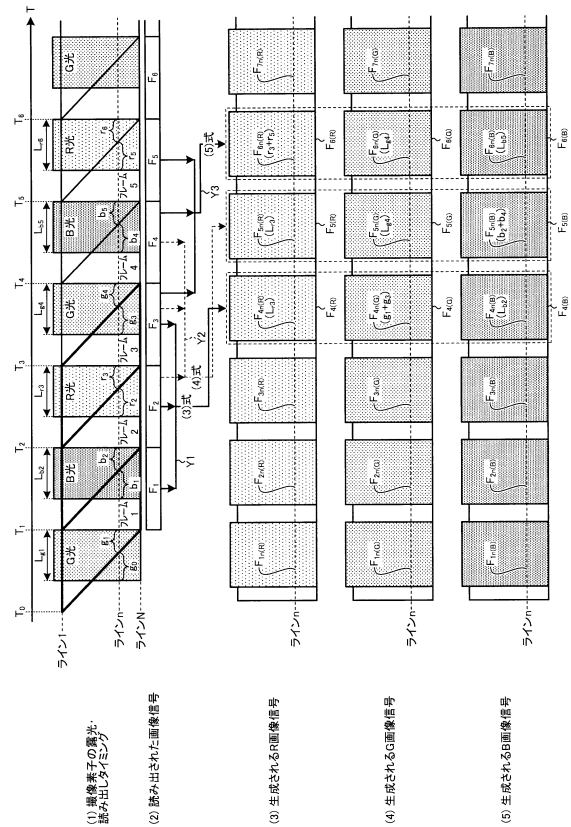
【図 2】



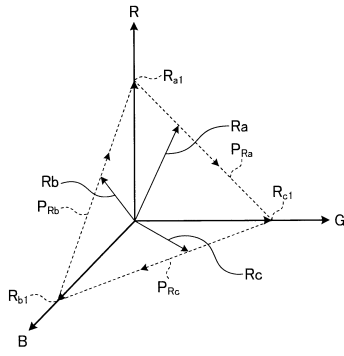
【図 3】



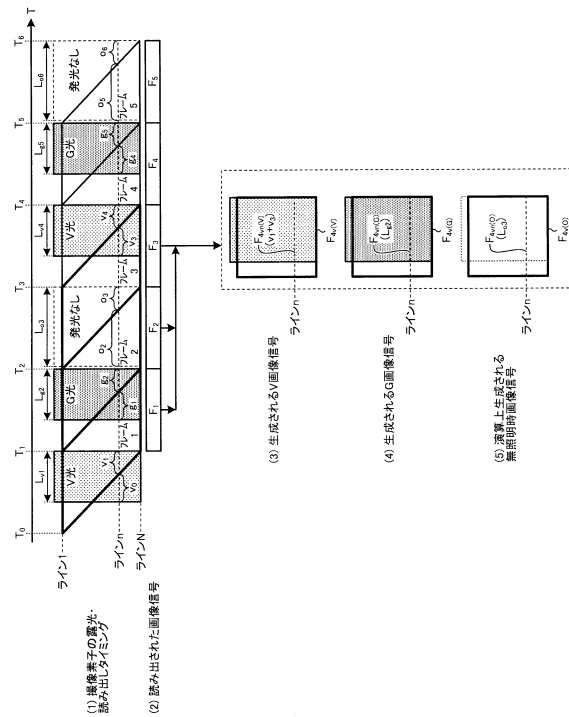
【図 4】



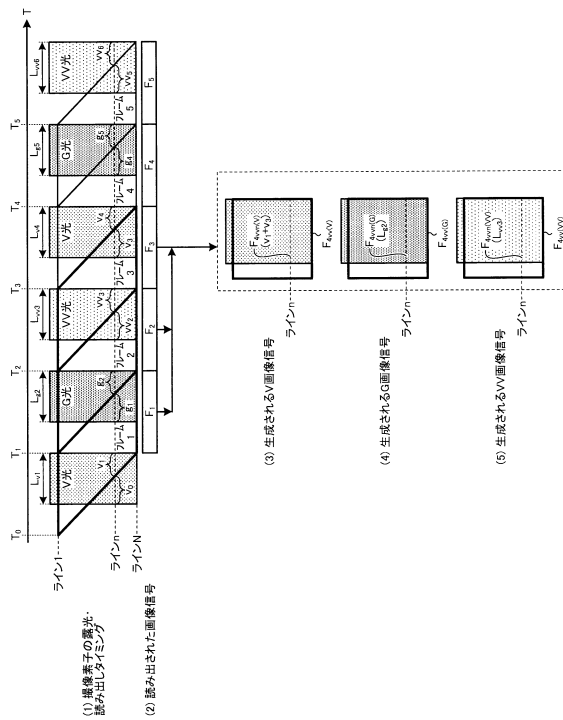
【図 5】



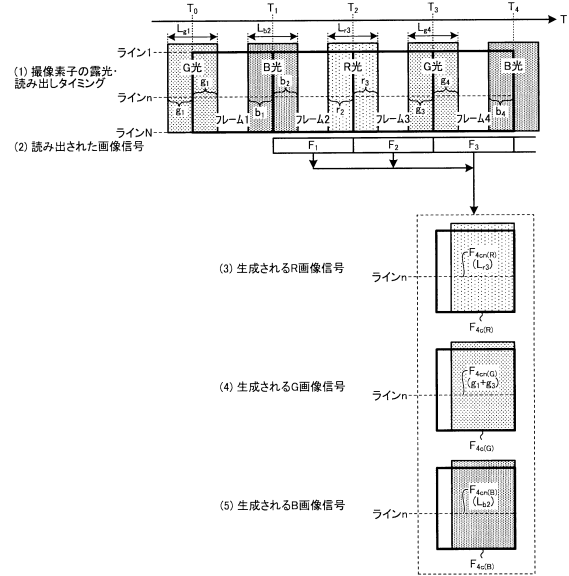
【図 6】



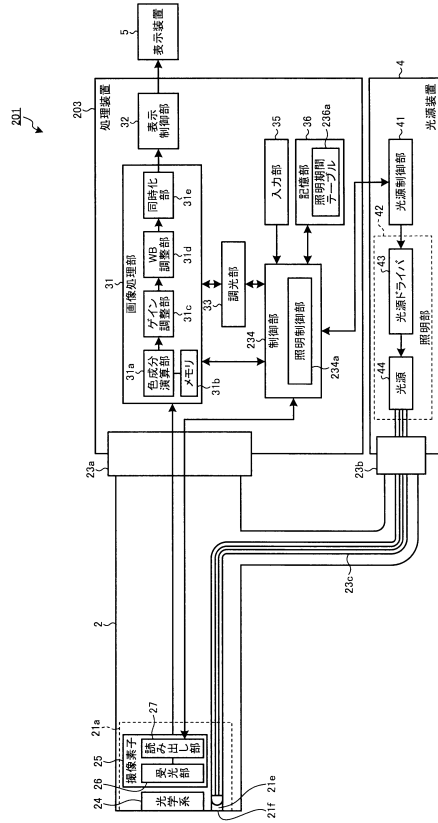
【図 7】



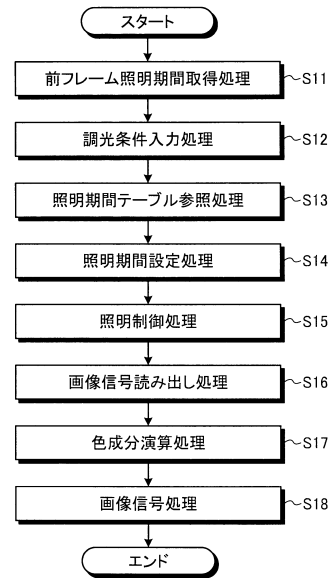
【図 8】



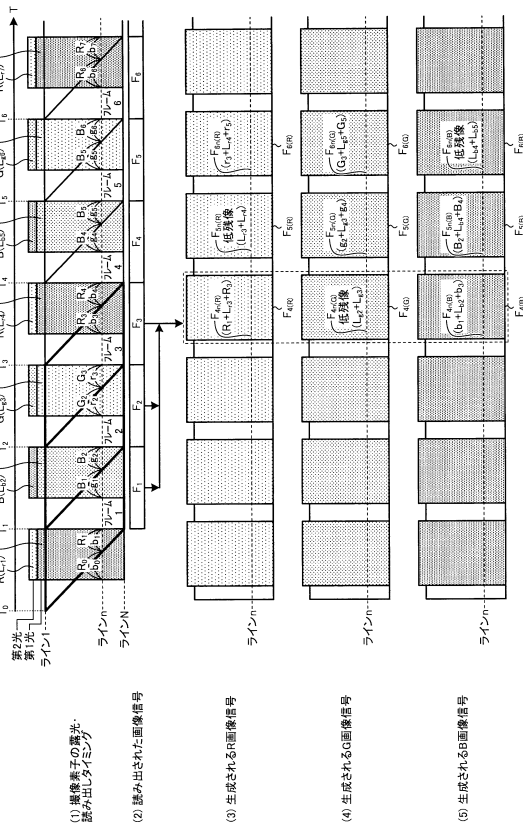
【図 9】



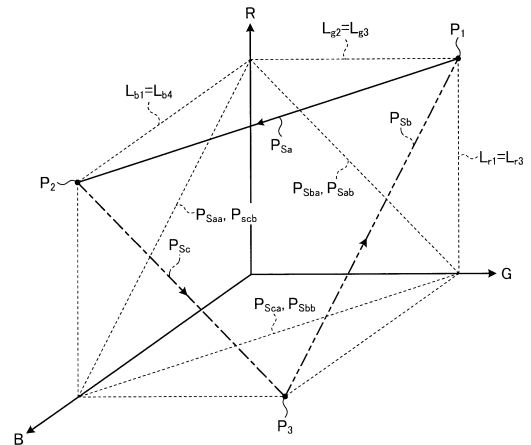
【図 10】



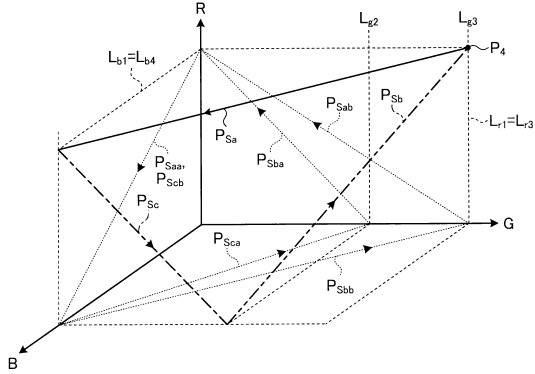
【図 11】



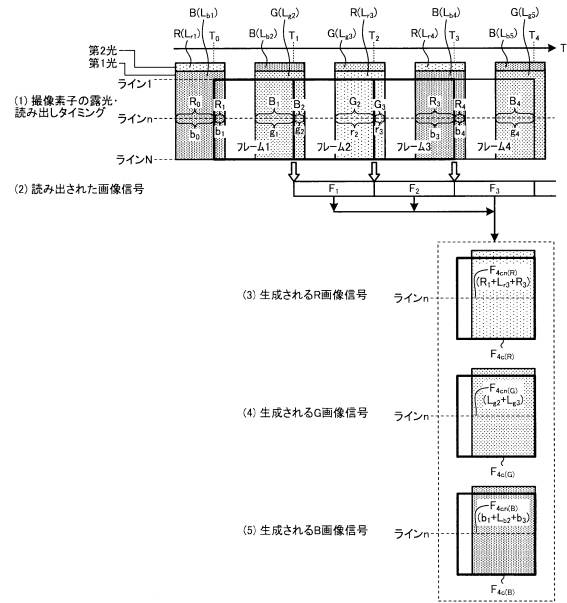
【図 12】



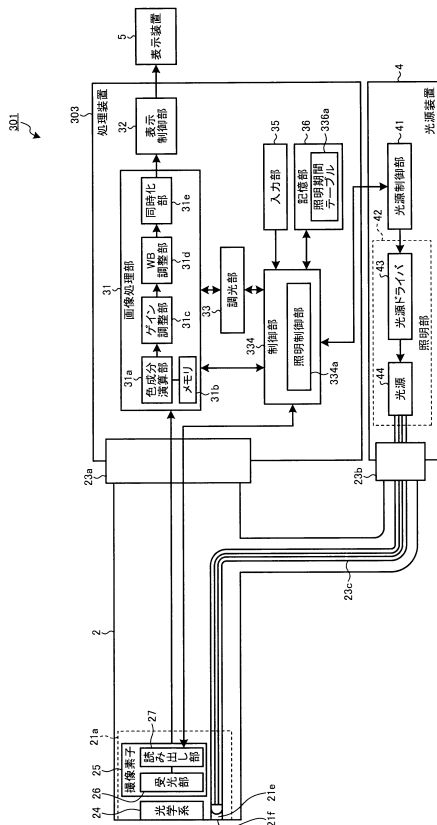
【図 13】



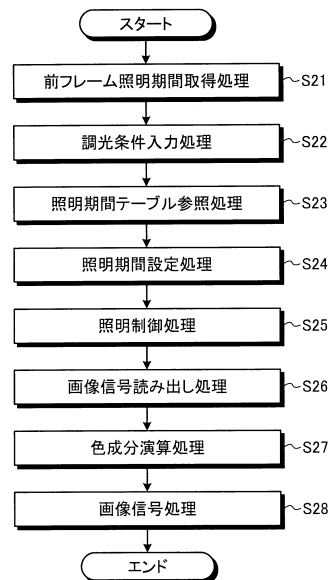
【図 14】



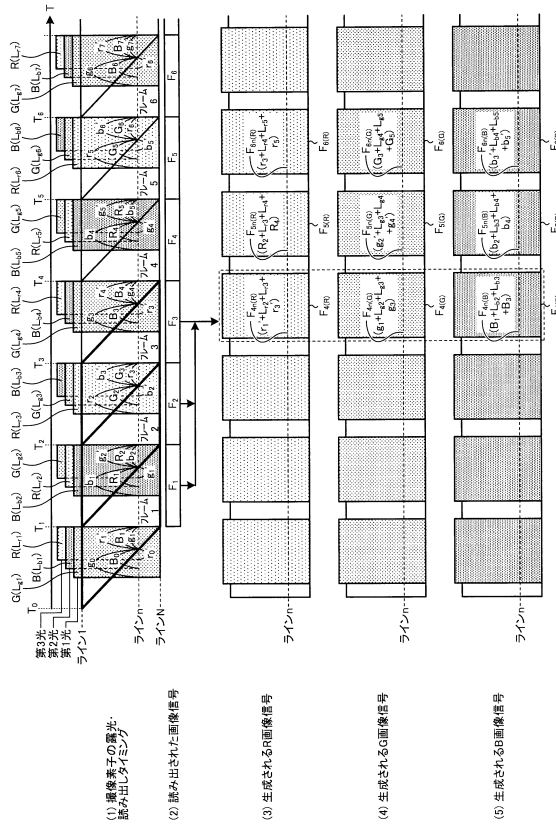
【図 15】



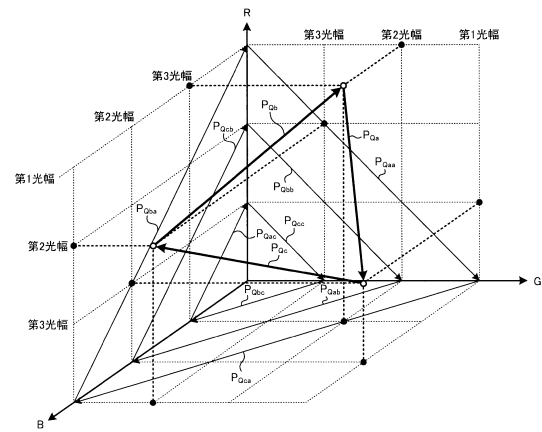
【図 16】



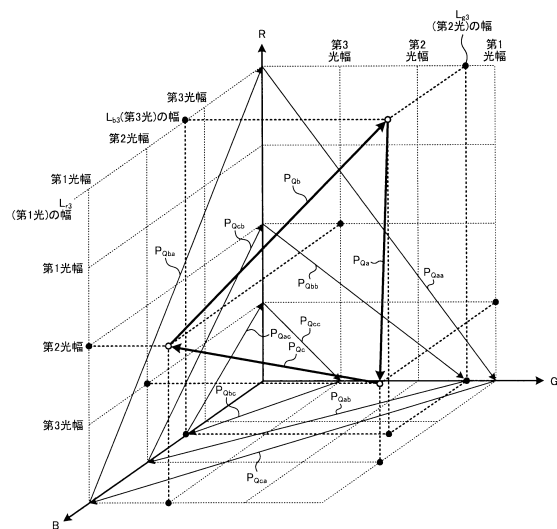
【 図 1 7 】



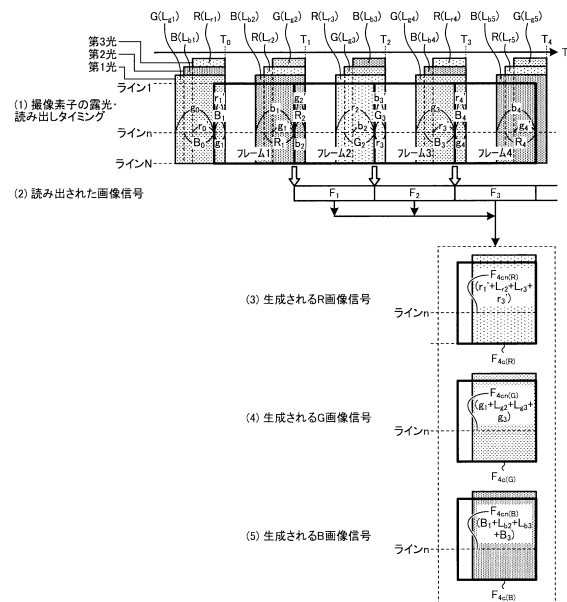
【 図 1 8 】



【 ㄨ 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 1 / 0 4

A 6 1 B 1 / 0 6

专利名称(译)	内窥镜系统		
公开(公告)号	JP6072372B2	公开(公告)日	2017-02-01
申请号	JP2016534264	申请日	2016-01-08
[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		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	香川 凉平		
发明人	香川 凉平		
IPC分类号	A61B1/04 A61B1/06		
CPC分类号	A61B1/00006 A61B1/00009 A61B1/00057 A61B1/04 A61B1/06 A61B1/0638 H04N5/2354 H04N5/3532 H04N9/045 H04N2005/2255		
FI分类号	A61B1/04.370 A61B1/06.A		
优先权	2015007078 2015-01-16 JP		
其他公开文献	JPWO2016114231A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据本发明的内窥镜系统1包括光源装置4，其顺序地发射对应于帧周期的不同颜色的照明光，来自被照射光照射的对象的的光的光电转换以产生图像信号具有图像拾取元件25的内窥镜2，其中多个要输出的像素以矩阵形式排列;以及显示控制部分2，用于控制与照明光的颜色数对应的多个连续帧的显示并且处理装置3具有颜色分量计算单元31a，用于通过使用图像拾取装置25的图像信号的输出值来计算图像拾取装置25中的每行像素排列的每个颜色分量信号。

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6072372号 (P6072372)
(45) 発行日 平成29年2月1日 (2017. 2. 1)	(24) 登録日 平成29年1月13日 (2017. 1. 13)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 1/04 (2006. 01) A 6 1 B 1/06 (2006. 01)	F 1 A 6 1 B 1/04 3 7 0 A 6 1 B 1/06 A	
請求項の数 10 (全 34 頁)		
(21) 出願番号 特願2016-534264 (P2016-534264) (86) (22) 出願日 平成28年1月8日 (2016. 1. 8) (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/050506 (87) 国際公開番号 W02016/114231 (87) 国際公開日 平成28年7月21日 (2016. 7. 21) 審査請求日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25) (31) 優先権主張番号 特願2015-7078 (P2015-7078) (32) 優先日 平成27年1月16日 (2015. 1. 16) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 (74) 代理人 110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所 (72) 発明者 香川 凉平 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内 審査官 小田倉 直人	(56) 参考文献 国際公開第2 0 1 3 / 1 4 6 3 1 1 (W O , A 1) 国際公開第2 0 1 3 / 1 5 7 3 6 8 (W O , A 1) 最終頁に続く
早期審査対象出願		
(54) 【発明の名称】 内視鏡システム		