

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6010571号
(P6010571)

(45) 発行日 平成28年10月19日 (2016. 10. 19)

(24) 登録日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23)

| | | | | | | |
|----------------|---------------|-------------------|---------|------|---------|--|
| (51) Int. Cl. | F 1 | | | | | |
| A 6 1 B | 1/00 | (2006. 01) | A 6 1 B | 1/00 | 3 0 0 D | |
| A 6 1 B | 5/1459 | (2006. 01) | A 6 1 B | 5/14 | 3 2 1 | |
| 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 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2014-37597 (P2014-37597)
 (22) 出願日 平成26年2月27日 (2014. 2. 27)
 (65) 公開番号 特開2015-160013 (P2015-160013A)
 (43) 公開日 平成27年9月7日 (2015. 9. 7)
 審査請求日 平成27年6月30日 (2015. 6. 30)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100075281
 弁理士 小林 和憲
 (72) 発明者 齋藤 孝明
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士フイルム株式会社内
 審査官 増淵 俊仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡システム、内視鏡システム用プロセッサ装置、内視鏡システムの作動方法、内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、前記第1波長範囲よりも前記黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、前記第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得部と、

前記第1画像信号と前記第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、前記第2画像信号と前記第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出部と、

前記第1信号比と比較するための閾値を前記第2信号比に応じて算出し、前記第1信号比と前記閾値の比較結果に基づいて前記観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知部と、

を備える内視鏡システム。

【請求項2】

前記第1信号比は、前記第1画像信号の画素値に対する前記第2画像信号の画素値の比である請求項1に記載の内視鏡システム。

【請求項3】

前記第2信号比は、前記第2画像信号の画素値に対する前記第3画像信号の画素値の比である請求項1または2に記載の内視鏡システム。

【請求項 4】

前記画像信号取得部は、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化する第 4 波長範囲に対応する第 4 画像信号を取得し、

少なくとも前記第 4 画像信号に基づいて前記観察対象の前記酸素飽和度を画素毎に算出する酸素飽和度算出部をさらに備える請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の内視鏡システム。

【請求項 5】

前記信号比算出部は、前記第 2 画像信号と前記第 4 画像信号に基づいて第 3 信号比を画素毎に算出し、

前記警告報知部は、前記第 1 信号比と比較するための前記閾値を、前記第 2 信号比及び前記第 3 信号比に応じて算出する請求項 4 に記載の内視鏡システム。 10

【請求項 6】

前記第 3 信号比は、前記第 2 画像信号に対する前記第 4 画像信号の画素値の比である請求項 5 に記載の内視鏡システム。

【請求項 7】

前記観察対象の前記酸素飽和度を表す酸素飽和度画像を生成する画像生成部と、

前記酸素飽和度画像を表示部に表示するための表示用画像信号を生成する表示用画像信号生成部と、を備え、

前記警告報知信号は、各画素の前記信号比と前記閾値との比較結果を含み、

前記表示用画像信号生成部は、前記警告報知信号に基づいて、前記第 3 信号比が特定範囲の画素と、前記第 3 信号比が前記特定範囲外の画素とで表示を異ならせる請求項 5 または 6 に記載の内視鏡システム。 20

【請求項 8】

前記表示用画像信号生成部は、前記第 3 信号比が前記特定範囲の画素の色差信号を零にし、前記第 3 信号比が前記特定範囲外の画素の色差信号を前記酸素飽和度の値に応じた値にした前記酸素飽和度画像を生成する請求項 7 に記載の内視鏡システム。

【請求項 9】

前記第 1 波長範囲は、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化しない等吸収点を含む請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の内視鏡システム。

【請求項 10】

黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第 1 波長範囲に対応する第 1 画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第 2 波長範囲に対応する第 2 画像信号と、前記第 1 波長範囲よりも前記黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、前記第 2 波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第 3 波長範囲に対応する第 3 画像信号と、を取得する画像信号取得部と、

前記第 1 画像信号と前記第 2 画像信号に基づいて第 1 信号比を画素毎に算出し、前記第 2 画像信号と前記第 3 画像信号に基づいて第 2 信号比を画素毎に算出する信号比算出部と、

前記第 1 信号比と比較するための閾値を前記第 2 信号比に応じて算出し、前記第 1 信号比と前記閾値の比較結果に基づいて前記観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知部と、

を備える内視鏡システム用プロセッサ装置。 40

【請求項 11】

画像信号取得部が、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第 1 波長範囲に対応する第 1 画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第 2 波長範囲に対応する第 2 画像信号と、前記第 1 波長範囲よりも前記黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、前記第 2 波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第 3 波長範囲に対応する第 3 画像信号と、を取得する画像信号取得ステップと、

信号比算出部が、前記第 1 画像信号と前記第 2 画像信号に基づいて第 1 信号比を画素毎に算出し、前記第 2 画像信号と前記第 3 画像信号に基づいて第 2 信号比を画素毎に算出す 50

る信号比算出ステップと、

警告報知部が、前記第1信号比と比較するための閾値を前記第2信号比に応じて算出し、前記第1信号比と前記閾値の比較結果に基づいて前記観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知信号生成ステップと、

を備える内視鏡システムの作動方法。

【請求項12】

画像信号取得部が、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、前記第1波長範囲よりも前記黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、前記第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得ステップと、

10

信号比算出部が、前記第1画像信号と前記第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、前記第2画像信号と前記第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出ステップと、

警告報知部が、前記第1信号比と比較するための閾値を前記第2信号比に応じて算出し、前記第1信号比と前記閾値の比較結果に基づいて前記観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知信号生成ステップと、

を備える内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、被検体内の観察対象を撮像する内視鏡システム、内視鏡システム用プロセッサ装置、内視鏡システムの作動方法、内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野においては、光源装置、内視鏡、プロセッサ装置を備える内視鏡システムを用いて診断することが一般的になっている。特に、単に観察対象を撮像するだけでなく、観察対象に照射する照明光の波長を工夫したり、観察対象を撮像して得た画像信号に分光推定処理等の信号処理を施したりすることによって、血管や腺管構造等の特定の組織や構造が強調された観察画像を得る内視鏡システムが普及している。

30

【0003】

このような内視鏡システムでは、観察対象に汚れ（残渣や有色の粘液の付着等）がある場合や、着色用の色素が用いられている場合には、目的の特定組織が上手く強調されなかったり、汚れ等が強調されてしまったりする等の不具合が生じることがあるので、例えば特許文献1の血管を強調表示する内視鏡システムでは、分光推定画像に基づいて残渣等に含まれる色素を検出し、その影響を補正した画像を生成している。

【0004】

また、近年においては、観察対象を撮像して得られる画像信号に基づいて生体機能情報を得る内視鏡システムもある。例えば、血中ヘモグロビンの酸素飽和度を用いた病変部の診断が行われつつある。酸素飽和度を取得する方法としては、波長帯域と、酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光係数が異なる第1信号光と第2信号光を交互に粘膜内の血管に照射して、第1及び第2信号光の各反射光を内視鏡先端部のセンサで検出する方法が知られている（特許文献2）。

40

【0005】

センサで検出した第1信号光の反射光に対応する画像信号と、第2信号光の反射光に対応する画像信号の各画素の信号値の比率（以下、信号比という）は、血管内の酸素飽和度に変化がなければ一定値を維持するが、酸素飽和度の変化が生じれば、それにもとって変化する。したがって、上記画像信号の信号比に基づいて酸素飽和度を算出することができる。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第5191329号

【特許文献2】特許第5231511号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

酸素飽和度は上記のように信号比に基づいて算出されるので、観察対象に信号比を狂わせる汚れ等があると、算出精度が低下する。例えば、観察対象が下部消化管の粘膜である場合、ビリルビンやステルコピリン等の黄色（あるいは黄褐色）の色素を含む粘液等が粘膜に付着していることがある。これらの黄色色素は青色波長域の光を吸収するので、特許文献1のように青色波長域の光を信号光として用いる場合、血中ヘモグロビンだけでなく、黄色色素によっても信号光が吸収されてしまうので、酸素飽和度の算出精度が低下してしまうことがある。

10

【0008】

観察対象は事前に洗浄されるが、残渣があることも珍しくなく、観察しているうちに有色色素を含む粘液が新たに分泌されてしまうこともある。また、残渣や有色粘液等の付着量によっても酸素飽和度の算出精度の低下度合いが異なるので、酸素飽和度を正確に算出するためには、残渣や有色粘液等の有無だけでなく、その量も考慮する必要がある。しかし、こうした観察対象の汚れの程度が、洗浄が必要な程度か否か判断することは難しい。

20

【0009】

本発明は、観察対象に有色の粘液等の汚れを洗浄する必要がある場合に警告を表示することができる内視鏡システム、内視鏡システム用プロセッサ装置、内視鏡システムの作動方法、内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の内視鏡システムは、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、第1波長範囲よりも黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得部と、第1画像信号と第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、第2画像信号と第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出部と、第1信号比と比較するための閾値を第2信号比に応じて算出し、第1信号比と閾値の比較結果に基づいて観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知部と、を備える。

30

【0011】

第1信号比は、第1画像信号の画素値に対する第2画像信号の画素値の比であることが好ましい。

【0012】

第2信号比は、第2画像信号の画素値に対する第3画像信号の画素値の比であることが好ましい。

40

【0013】

画像信号取得部は、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化する第4波長範囲に対応する第4画像信号を取得し、少なくとも第4画像信号に基づいて観察対象の酸素飽和度を画素毎に算出する酸素飽和度算出部をさらに備えることが好ましい。

【0014】

信号比算出部は、第2画像信号と第4画像信号に基づいて第3信号比を画素毎に算出し、警告報知部は、第1信号比と比較するための閾値を、第2信号比及び第3信号比に応じて算出することが好ましい。

50

【0015】

第3信号比は、第2画像信号に対する第4画像信号の画素値の比であることが好ましい。

【0016】

観察対象の酸素飽和度を表す酸素飽和度画像を生成する画像生成部と、酸素飽和度画像を表示部に表示するための表示用画像信号を生成する表示用画像信号生成部と、を備え、警告報知信号は、各画素の信号比と閾値との比較結果を含み、表示用画像信号生成部は、警告報知信号に基づいて、第3信号比が特定範囲の画素と、第3信号比が特定範囲外の画素とで表示を異ならせることが好ましい。

【0017】

表示用画像信号生成部は、第3信号比が特定範囲の画素の色差信号を零にし、第3信号比が特定範囲外の画素の色差信号を酸素飽和度の値に応じた値にした酸素飽和度画像を生成することが好ましい。

【0018】

第1波長範囲は、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化しない等吸収点を含むことが好ましい。

【0019】

本発明の内視鏡システム用プロセッサ装置は、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、第1波長範囲よりも黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得部と、第1画像信号と第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、第2画像信号と第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出部と、第1信号比と比較するための閾値を第2信号比に応じて算出し、第1信号比と閾値の比較結果に基づいて観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知部と、を備える。

【0020】

本発明の内視鏡システムの作動方法は、画像信号取得部が、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、第1波長範囲よりも黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得ステップと、信号比算出部が、第1画像信号と第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、第2画像信号と第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出ステップと、警告報知部が、第1信号比と比較するための閾値を第2信号比に応じて算出し、第1信号比と閾値の比較結果に基づいて観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知信号生成ステップと、を備える。

【0021】

本発明の内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法は、画像信号取得部が、黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する青色の第1波長範囲に対応する第1画像信号と、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する緑色の第2波長範囲に対応する第2画像信号と、第1波長範囲よりも黄色色素の濃度による吸光量の変化が小さく、かつ、第2波長範囲よりも血液量による吸光量の変化が小さい赤色の第3波長範囲に対応する第3画像信号と、を取得する画像信号取得ステップと、信号比算出部が、第1画像信号と第2画像信号に基づいて第1信号比を画素毎に算出し、第2画像信号と第3画像信号に基づいて第2信号比を画素毎に算出する信号比算出ステップと、警告報知部が、第1信号比と比較するための閾値を第2信号比に応じて算出し、第1信号比と閾値の比較結果に基づいて観察対象の洗浄を促す警告を報知するための警告報知信号を生成する警告報知信号生成ステップと、を備える。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0022】

本発明の内視鏡システム、内視鏡システム用プロセッサ装置、内視鏡システムの作動方法、内視鏡システム用プロセッサ装置の作動方法によれば、観察対象に有色の粘液等の汚れを洗浄する必要がある場合に警告を表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】内視鏡システムの外観図である。

10

【図2】内視鏡システムのブロック図である。

【図3】白色光のスペクトルを示すグラフである。

【図4】回転フィルタの説明図である。

【図5】RGBカラーフィルタの分光透過率を示すグラフである。

【図6】通常観察モード時の撮像制御を示す説明図である。

【図7】特殊観察モード時の撮像制御を示す説明図である。

【図8】酸素飽和度画像生成部及び診断情報算出部のブロック図である。

【図9】信号比と酸素飽和度の相関関係を示す説明図である。

【図10】酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光係数を示すグラフである。

【図11】酸素飽和度を算出する方法を示す説明図である。

20

【図12】黄色色素の典型的な吸光係数スペクトルを示すグラフである。

【図13】警告を報知する様子を示す説明図である。

【図14】閾値と信号比 R_2 / G_2 の関係を示すグラフである。

【図15】内視鏡システムの作用を示すフローチャートである。

【図16】変形例の作用を示す説明図である。

【図17】モノクロの撮像素子を用いる場合に使用する回転フィルタである。

【図18】CMOSイメージセンサを用いる場合の通常観察モードの撮像制御を示す説明図である。

【図19】CMOSイメージセンサを用いる場合の特殊観察モードの撮像制御を示す説明図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0024】

〔第1実施形態〕

図1に示すように、第1実施形態の内視鏡システム10は、内視鏡12と、光源装置14と、プロセッサ装置16、モニタ18（表示部）と、コンソール20とを有する。内視鏡12は、光源装置14と光学的に接続されるとともに、プロセッサ装置16と電氣的に接続される。内視鏡12は、被検体内に挿入される挿入部21と、挿入部21の基端部分に設けられた操作部22と、挿入部21の先端側に設けられた湾曲部23及び先端部24を有している。操作部22のアングルノブ22aを操作することにより、湾曲部23は湾曲動作する。この湾曲動作にともなって、先端部24が所望の方向に向けることができる。

40

【0025】

また、操作部22には、アングルノブ22aの他、観察モード切替SW（観察モード切替スイッチ）22bと、ズーム操作部22cと、静止画像を保存するためのフリーズボタン（図示しない）と、が設けられている。モード切替SW22bは、通常観察モードと、特殊観察モードの2種類のモード間の切り替え操作に用いられる。通常観察モードは、被検体内の観察対象をフルカラー画像化した通常光画像をモニタ18に表示するモードである。特殊観察モードは、観察対象の血中ヘモグロビンの酸素飽和度を画像化した酸素飽和度画像をモニタ18に表示するモードである。ズーム操作部22cは、内視鏡12内のズームレンズ47（図2参照）を駆動させて、観察対象を拡大させるズーム操作に用いられ

50

る。

【0026】

プロセッサ装置16は、モニタ18及びコンソール20と電氣的に接続される。モニタ18は、通常光画像や酸素飽和度画像等の画像、及びこれらの画像に関する情報(以下、画像情報等という)を表示する。コンソール20は、機能設定等の入力操作を受け付けるUI(ユーザインタフェース)として機能する。なお、プロセッサ装置16には、画像情報等を記録する記録部(図示省略)を接続しても良い。

【0027】

図2に示すように、光源装置14は、広帯域光源36と、回転フィルタ37と、フィルタ制御部38とを備える。広帯域光源36は、例えばキセノンランプや白色LED(Light Emitting Diode)等からなり、図3に示すように波長帯域が青色から赤色に及ぶ白色光を発する。広帯域光源36が発する白色光は、集光レンズ、光ファイバ、合波器等の光学部材(いずれも図示せず)や回転フィルタ37を介してライトガイド(LG)41に入射する。ライトガイド41は、光源装置14と内視鏡12を接続するユニバーサルコード17(図1参照)と、内視鏡12に内蔵されている。ライトガイド41は入射した光を、内視鏡12の先端部24まで伝搬する。なお、ライトガイド41としては、マルチモードファイバを使用することができる。一例として、コア径105 μm 、クラッド径125 μm 、外皮となる保護層を含めた径が0.3~0.5mmの細径なファイバケーブルを使用することができる。

【0028】

回転フィルタ37は、広帯域光源36が発生させる白色光がライトガイド41に入射される光路上に回転自在に配置される。回転フィルタ37は、図4に示すように、狭帯域フィルタ37Aと開口37Bとを備える。狭帯域フィルタ37は、透過する光の波長帯域を、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化する波長帯域である中心波長473 \pm 10nmの光(以下、青色狭帯域光という)に制限し、それ以外の波長帯域の光をカットする。このため、狭帯域フィルタ37が光路上に配置されると、広帯域光源36が発する白色光のうち青色狭帯域光だけが狭帯域フィルタ37を透過し、ライトガイド41に入射する。この場合、観察対象に照射される照明光は、この青色狭帯域光になる。一方、開口37Bが光路上に配置されると、広帯域光源36が発する白色光がそのままライトガイド41に入射する。この場合、観察対象に照射される照明光は、白色光である。

【0029】

フィルタ制御部38は、回転フィルタ37の回転を制御する。特殊観察モードの場合、フィルタ制御部38は、観察対象の撮像タイミングに同期して回転フィルタ37を回転させる。これにより、狭帯域フィルタ37Aと開口37Bとが交互に広帯域光源36が発する白色光の光路を通過し、観察対象には青色狭帯域光と白色光とが交互に照射される。一方、通常観察モードの場合、フィルタ制御部38は、広帯域光源36が発する白色光の光路上に開口37Bを配置した状態で、回転フィルタ37の回転を停止させる。これにより、通常観察モードでは白色光が観察対象に照射される。

【0030】

なお、広帯域光源36と回転フィルタ37とによって、観察対象に照射するための照明光を発生する光源が構成される。また、本実施形態では、上記のようにフィルタ制御部38が回転フィルタ37の回転及び停止を制御しているが、回転フィルタ37が白色光の光路上から退避可能に設けられている場合には、フィルタ制御部38は通常観察モード時に回転フィルタ37を退避させ、白色光が回転フィルタ37を介さず、ライトガイド41に直接入射するようにしても良い。

【0031】

内視鏡12の先端部24は、照明光学系24aと撮像光学系24bを有している。照明光学系24aには、照明レンズ45が設けられており、ライトガイド41から白色光または青色狭帯域光が照明レンズ45を介して観察対象に照射される。

【0032】

内視鏡 1 2 の撮像光学系 2 4 b は、撮像レンズ 4 6、ズームレンズ 4 7、センサ 4 8 を有している（図 2 参照）。観察対象からの反射光は、撮像レンズ 4 6 及びズームレンズ 4 7 を介してセンサ 4 8 に入射する。これにより、センサ 4 8 に観察対象の反射像が結像される。ズームレンズ 4 7 は、ズーム操作部 2 2 c を操作することでテレ端とワイド端との間を移動する。ズームレンズ 4 7 がテレ端側に移動すると観察対象の反射像が拡大する。一方、ズームレンズ 4 7 がワイド端側に移動することで、観察対象の反射像が縮小する。なお、拡大観察をしない場合（非拡大観察時）には、ズームレンズ 4 7 はワイド端に配置されている。そして、拡大観察を行う場合には、ズーム操作部 2 2 c の操作によってズームレンズ 4 7 はワイド端からテレ端側に移動される。

【 0 0 3 3 】

センサ 4 8 は、カラーの撮像素子であり、観察対象の反射像を撮像して画像信号を出力する。センサ 4 8 としては、例えば C C D (Charge Coupled Device) イメージセンサや C M O S (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) イメージセンサを用いることができる。本実施形態では、センサ 4 8 は C C D イメージセンサである。また、センサ 4 8 は、撮像面に R G B カラーフィルタが設けられた R G B 画素を有しており、R G B の各色の画素で光電変換をすることによって R, G, B の三色の画像信号を出力する。

【 0 0 3 4 】

図 5 に示すように、B カラーフィルタは 3 9 0 ~ 5 1 0 n m の分光透過率を有しており、B カラーフィルタが透過する光の波長帯域は、本実施形態では中心波長が 4 5 0 n m に定められている。B カラーフィルタの中心波長は、青色狭帯域光の波長帯域 (4 7 3 ± 1 0 n m) に対して、中心波長の差が 2 0 n m 以上 1 0 0 n m 以下になるように定められていけば良い。また、G カラーフィルタは 4 5 0 ~ 6 3 0 n m の分光透過率を有しており、R カラーフィルタは 5 8 0 ~ 7 6 0 n m の分光透過率を有している。このため、G カラーフィルタは、観察対象の血液量に応じて吸光量が変化する波長帯域の光を透過し、R カラーフィルタは、B カラーフィルタや G カラーフィルタと比較して、酸素飽和度及び血液量による吸光量の変化が小さい波長帯域の光を透過する。

【 0 0 3 5 】

センサ 4 8 は、上記特性のカラーフィルタを有しているので、青色狭帯域光が照明光として観察対象に照射されると、少なくとも B 画素から、青色狭帯域光の反射光に対応する画像信号が得られる。一方、観察対象に白色光が照射されると、各色のカラーフィルタに対応する画像信号が R G B 各画素から得られる。

【 0 0 3 6 】

センサ 4 8 としては、撮像面に C (シアン), M (マゼンタ), Y (イエロー) 及び G (グリーン) の補色フィルタを備えた、いわゆる補色イメージセンサを用いても良い。センサ 4 8 として補色イメージセンサを用いる場合は、C M Y G の四色の画像信号から R G B の三色の画像信号に色変換する色変換部を、内視鏡 1 2、光源装置 1 4 またはプロセッサ装置 1 6 のいずれかに設けておけば良い。こうすれば補色イメージセンサを用いる場合でも、C M Y G の四色の画像信号から色変換によって R G B 三色の画像信号を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

撮像制御部 4 9 はセンサ 4 8 の撮像制御を行う。図 6 に示すように、通常観察モード時には、1 フレームの期間 (以下、単に 1 フレームという) 毎に、白色光で照明された観察対象をセンサ 4 8 で撮像する。これにより、1 フレーム毎にセンサ 4 8 から R G B の各画像信号が出力される。なお、本実施形態の場合、センサ 4 8 は C C D イメージセンサなので、1 フレームは例えば電荷蓄積期間 (露光期間とも言う) の終了時 (時刻 T_A) から次の電荷蓄積期間の終了時 (時刻 T_B) までの長さの期間である。また、センサ 4 8 は C C D イメージセンサであるため、図 6 では読出期間と電荷蓄積期間を分けているが、ほぼ 1 フレームの全てを電荷蓄積期間にし、信号電荷の蓄積中に前のフレームで蓄積された信号電荷の読み出すこともできる。撮像制御部 4 9 は、こうした電荷蓄積期間の長さの調節等の制御も行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

撮像制御部 4 9 は、特殊観察モード時も、通常観察モード時と同様にしてセンサ 4 8 の撮像制御を行う。但し、特殊観察モード時には、センサ 4 8 の撮像のフレームに同期して青色狭帯域光と白色光が交互に観察対象に照射される。このため、図 7 に示すように、センサ 4 8 は、青色狭帯域光のもとで観察対象を撮像して得た信号電荷を 1 フレーム目の読出期間に読み出して、少なくとも B 画素から画像信号を出力する。そして、白色光のもとで観察対象を撮像して得た信号電荷を 2 フレーム目の読出期間に読み出して、R G B 各色の画像信号を出力する。センサ 4 8 は、1 フレーム目、2 フレーム目とも R G B の各色の画像信号を出力するが、依拠する照明光のスペクトルが異なるので、以下では区別のために、センサ 4 8 が 1 フレーム目に B 画素から出力する画像信号を B 1 画像信号という。また、本実施形態では使用しないが、1 フレーム目に R 及び G 画素から出力される画像信号は、それぞれ R 1 画像信号、G 1 画像信号という。2 フレーム目に出力する R G B 各色の画像信号は R 2 画像信号、G 2 画像信号、B 2 画像信号という。

10

【 0 0 3 9 】

なお、B 1 画像信号は、血中ヘモグロビンの酸素飽和度に応じて吸光量が変化する青色狭帯域光の波長帯域に対応する画像信号である。また、B 2 画像信号は、B カラーフィルタの波長帯域に対応する画像信号であり、B カラーフィルタの波長帯域では主に黄色色素の濃度に応じて吸光量が変化する。B 2 画像信号は黄色色素の濃度に応じた信号値を有する画像信号である。G 2 画像信号は、G カラーフィルタの波長帯域に対応する画像信号であり、G カラーフィルタの波長帯域では主に観察対象の血液量に応じて吸光量が変わるので、G 2 画像信号は観察対象の血液量に応じた信号値を有する画像信号である。R 2 画像信号は、R カラーフィルタの波長帯域に対応する画像信号であり、R カラーフィルタの波長帯域では、黄色色素、酸素飽和度及び血液量による各吸光量の変化が B カラーフィルタ及び G カラーフィルタよりも小さいので、R 2 画像信号は、B 2 画像信号及び G 2 画像信号よりも、黄色色素、酸素飽和度及び血液量に対する依存性が低い信号値を有する画像信号である。本実施形態では、酸素飽和度を算出する場合に、G 2 画像信号を B 1 画像信号や R 2 画像信号のリファレンスとなる画像信号として用い、B 1 画像信号や R 2 画像信号の規格化のために利用しているが、他の画像信号を規格化用にしても良い。

20

【 0 0 4 0 】

また、酸素飽和度の算出には、B 1 画像信号と G 2 画像信号の信号比 $B 1 / G 2$ と、R 2 画像信号と G 2 画像信号の信号比 $R 2 / G 2$ とが用いられる。これらのうち、酸素飽和度の算出に必須な信号比は、青色狭帯域光の波長帯域に対応する B 1 画像信号を用いた $B 1 / G 2$ である。このため、青色狭帯域光が酸素飽和度を算出するための第 1 信号光であり、白色光中の G 2 画像信号になる成分 (G カラーフィルタを透過する成分) が酸素飽和度を算出するための第 2 信号光である。

30

【 0 0 4 1 】

センサ 4 8 から出力される各色の画像信号は、C D S (correlated double sampling) / A G C (automatic gain control) 回路 5 0 に送信される (図 2 参照) 。 C D S / A G C 回路 5 0 は、センサ 4 8 から出力されるアナログの画像信号に相関二重サンプリング (C D S) や自動利得制御 (A G C) を行う。C D S / A G C 回路 5 0 を経た画像信号は、A / D 変換器 5 2 によってデジタル画像信号に変換される。こうしてデジタル化された画像信号はプロセッサ装置 1 6 に入力される。

40

【 0 0 4 2 】

プロセッサ装置 1 6 は、画像信号取得部 5 4 と、画像処理切替部 6 0 と、通常観察画像処理部 6 2 と、特殊観察画像処理部 6 4 と、警告報知部 6 5 と、表示用画像信号生成部 6 6 とを備えている。画像信号取得部 5 4 は、内視鏡 1 2 から入力される画像信号を受信する。画像信号取得部 5 4 は D S P (Digital Signal Processor) 5 6 とノイズ除去部 5 8 と信号変換部 5 9 とを備えている。

【 0 0 4 3 】

D S P 5 6 は、受信した画像信号に対して、欠陥補正処理、オフセット処理、ゲイン補

50

正処理、リニアマトリクス処理、ガンマ変換処理、デモザイク処理、Y C変換処理等の各種信号処理を行う。欠陥補正処理では、センサ48の欠陥画素の信号が補正される。オフセット処理では、欠陥補正処理が施された画像信号から暗電流成分を除かれ、正確な零レベルを設定される。ゲイン補正処理は、オフセット処理後のRGB各画像信号に特定のゲインを乗じることにより各画像信号の信号レベルを整える。ゲイン補正処理後の各色の画像信号には、色再現性を高めるためのリニアマトリクス処理が施される。その後、ガンマ変換処理によって、各画像信号の明るさや彩度が整えられる。リニアマトリクス処理後の画像信号には、デモザイク処理（等方化処理，同時化処理とも言う）が施され、補間により各画素の欠落した色の信号を生成される。デモザイク処理によって、全画素がRGB各色の信号を有するようになる。DSP59は、デモザイク処理後の各画像信号にY C変換処理を施し、輝度信号Yと色差信号Cb, Crをノイズ除去部58に出力する。

10

【0044】

ノイズ除去部58は、DSP56でデモザイク処理等が施された画像信号に対して、例えば移動平均法やメディアンフィルタ法等によるノイズ除去処理を施す。ノイズが除去された画像信号は、信号変換部59に入力され、RGBの画像信号に再変換され、画像処理切替部60に入力される。

【0045】

画像処理切替部60は、観察モード切替SW22bが通常観察モードにセットされている場合には、画像信号を通常観察画像処理部62に入力する。一方、観察モード切替SW22bが特殊観察モードに設定されている場合、画像処理切替部60は、画像信号を特殊観察画像処理部64に入力する。

20

【0046】

通常観察画像処理部62は、色変換部68と、色彩強調部70と、構造強調部72とを有する。色変換部68は、入力された1フレーム分のRGBの各画像信号を、それぞれR画素、G画素、B画素に割り当てたRGB画像データを生成する。そして、RGB画像データに対して、さらに3×3のマトリクス処理、階調変換処理、3次元LUT処理等の色変換処理を施す。

【0047】

色彩強調部70は、色変換処理済みのRGB画像データに対して、各種色彩強調処理を施す。構造強調部72は、色彩強調処理済みのRGB画像データに対して、空間周波数強調等の構造強調処理を施す。構造強調部72で構造強調処理が施されたRGB画像データは、通常観察画像として表示用画像信号生成部66に入力される。

30

【0048】

特殊観察画像処理部64は、酸素飽和度画像生成部76と、構造強調部78とを有する。酸素飽和度画像生成部76は、酸素飽和度を算出し、算出した酸素飽和度を表す酸素飽和度画像を生成する。

【0049】

構造強調部78は、酸素飽和度画像生成部76から入力される酸素飽和度画像に対して、空間周波数強調処理等の構造強調処理を施す。構造強調部72で構造強調処理が施された酸素飽和度画像は、表示用画像信号生成部66に入力される。

40

【0050】

表示用画像信号生成部66は、通常観察画像または酸素飽和度画像を表示用形式の信号（表示用画像信号）に変換し、モニタ18に入力する。これにより、モニタ18には通常観察画像または酸素飽和度画像が表示される。

【0051】

図8に示すように、酸素飽和度画像生成部76は、信号比算出部81と、相関関係記憶部82と、酸素飽和度算出部83と、画像生成部84と、を備えている。

【0052】

信号比算出部81は、酸素飽和度算出部83で酸素飽和度の算出のために用いる信号比と、警告報知部65で用いる信号比を算出する。信号比算出部81が算出する信号比とは

50

、2つの画像信号の画素毎の信号値の比である。具体的には、信号比算出部81は、信号比算出部81は、B1画像信号とG2画像信号の信号比 $B1/G2$ （第3信号比）と、R2画像信号とG2画像信号の信号比 $R2/G2$ （第2信号比）と、G2画像信号とB2画像信号の信号比 $G2/B2$ （第1信号比）とをそれぞれ画素毎に算出する。信号比 $B1/G2$ と信号比 $R2/G2$ とは酸素飽和度算出部83と警告報知部65で用いられ、信号比 $G2/B2$ は警告報知部65で用いられる。

【0053】

相関関係記憶部82は、信号比算出部81が算出する各信号比と、酸素飽和度との相関関係を記憶している。この相関関係は、図9に示す二次元空間上に酸素飽和度の等値線を定義した二次元テーブルで記憶されており、信号比に対する等値線の位置及び形状は、光散乱の物理的なシミュレーションによって予め得られる。各等値線の間隔は血液量を表す信号比 $R2/G2$ に応じて変化する。なお、信号比と、酸素飽和度との相関関係はlogスケールで記憶されている。

10

【0054】

上記相関関係は、図10に示す酸化ヘモグロビン（グラフ90）や還元ヘモグロビン（グラフ91）の吸光特性や光散乱特性と密接に関連し合っている。例えば、青色狭帯域光の中心波長473nmのように、酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光係数の差が大きい波長では、酸素飽和度の情報を取り扱いやすい。しかしながら、473nmの光に対応するB1画像信号は、酸素飽和度だけでなく、血液量にも依存度が高い。そこで、B1画像信号に加え、主として血液量に依存して変化する光に対応したG2画像信号と、黄色色素、酸素飽和度及び血液量に対する依存性が低いR2画像信号とから得られる信号比 $R2/G2$ を用いることで血液量に依存することなく、酸素飽和度を正確に求めることができる。

20

【0055】

酸素飽和度算出部83は、信号比算出部81で算出された信号比 $B1/G2$ と信号比 $R2/G2$ とを用いて酸素飽和度を算出する。より具体的には、酸素飽和度算出部83は、相関関係記憶部82に記憶された相関関係を参照し、信号比算出部81で算出された信号比に対応する酸素飽和度を画素毎に算出する。例えば、特定画素における信号比 $B1/G2$ 、信号比 $R2/G2$ がそれぞれ $B1^*/G2^*$ 、 $R2^*/G2^*$ である場合、図11に示すように、相関関係を参照すると、信号比 $B1^*/G2^*$ 、信号比 $R2^*/G2^*$ 及び信号比 $G2^*/B2^*$ に対応する酸素飽和度は「60%」である。したがって、酸素飽和度算出部83は、この特定画素の酸素飽和度を「60%」と算出する。

30

【0056】

なお、信号比 $B1/G2$ 、信号比 $R2/G2$ が極めて大きくなったり、極めて小さくなったりすることはほとんどない。すなわち、信号比 $B1/G2$ 、信号比 $R2/G2$ の組み合わせが、酸素飽和度0%の下限等値線93（図9参照）を上回ったり、反対に酸素飽和度100%の上限等値線94（図9参照）を下回ったりすることはほとんどない。但し、算出する酸素飽和度が下限等値線93を下回ってしまった場合には酸素飽和度算出部83は酸素飽和度を0%とし、上限等値線94を上回ってしまった場合には酸素飽和度を100%とする。また、信号比 $B1/G2$ 、信号比 $R2/G2$ 、信号比 $G2/B2$ に対応する点が下限等値線93と上限等値線94の間から外れた場合には、その画素における酸素飽和度の信頼度が低いことが分かるように表示をしたり、酸素飽和度を算出しないようにしても良い。

40

【0057】

画像生成部84は、酸素飽和度算出部83で算出された酸素飽和度を用いて、酸素飽和度を画像化した酸素飽和度画像を生成する。具体的には、画像生成部84は、B2画像信号、G2画像信号、R2画像信号を取得し、これらの画像信号に対して酸素飽和度に応じたゲインを画素毎に施す。そして、ゲインを施したB2画像信号、G2画像信号、R2画像信号を用いてRGB画像データを生成する。例えば、画像生成部84は、酸素飽和度が60%以上の画素ではB2画像信号、G2画像信号、R2画像信号のいずれにも同じゲイ

50

ン「1」を乗じる。これに対して、酸素飽和度が60%未満の画素では、B2画像信号に対して「1」未満のゲインを乗じ、G2画像信号及びR2画像信号に対しては「1」以上のゲインを乗じる。このゲイン処理後のB2画像信号、G2画像信号、R2画像信号を用いて生成されたRGB画像データが酸素飽和度画像である。

【0058】

画像生成部84が生成した酸素飽和度画像では、高酸素の領域（酸素飽和度が60～100%の領域）では、通常観察画像と同様の色で表される。一方、酸素飽和度が特定値を下回る低酸素の領域（酸素飽和度が0～60%の領域）は、通常観察画像とは異なる色（疑似カラー）で表される。

【0059】

なお、本実施形態では、画像生成部84は、低酸素の領域のみ疑似カラー化するゲインを乗じているが、高酸素領域でも酸素飽和度に応じたゲインを施し、酸素飽和度画像の全体を疑似カラー化しても良い。また、低酸素領域と高酸素領域を酸素飽和度60%で分けているがこの境界も任意である。

【0060】

警告報知部65は、信号比算出部81から信号比 $G2/B2$ を取得し、信号比 $G2/B2$ を閾値 Q_{TH} と比較し、その比較結果に基づいて警告報知信号を生成する。具体的には、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素がある場合に、警告報知信号を生成する。図12に示すように、粘液や残渣等に含まれるビリルビンやステルコビリリン等の黄色色素は、波長に対して漸減するスペクトルを有している。このため、観察対象に黄色色素を含む粘液等の汚れが付着していると、黄色色素による吸光のために、B2画像信号の信号値は黄色色素がない場合の値よりも小さくなるので、信号比 $G2/B2$ の値は大きくなる。

【0061】

同様に、黄色色素を含む粘液等が観察対象に付着している場合、黄色色素による吸光によって画像信号B1の信号値は黄色色素がない場合よりも小さくなるので、酸素飽和度を算出するための信号比 $B1/G2$ の値は小さくなる。このため、黄色色素を含む粘液等によって観察対象が汚れていると、黄色色素の量や濃度に応じて、酸素飽和度は高く測定されてしまう不具合が生じる。

【0062】

したがって、信号比 $G2/B2$ は黄色色素の有無や濃度（あるいは総量）の目安となる信号比であり、黄色色素のために生じる酸素飽和度の誤差の濃度の目安となる信号比である。警告報知部65はこれを利用し、信号比 $G2/B2$ が大きく、観察対象が黄色色素を含む粘液等による汚れがひどい場合（酸素飽和度の誤差が大きい場合）に警告報知信号を生成する。警告報知信号は、表示用画像信号生成部66に入力される。

【0063】

図13に示すように、表示用画像信号生成部66は警告報知信号が入力されると、酸素飽和度画像101とともに、観察対象の洗浄を促す警告メッセージ102をモニタ18に表示させる。

【0064】

なお、警告報知部65は、信号比算出部81から信号比 $R2/G2$ （第2信号比）を取得し、例えば図14に示すように、信号比 $G2/B2$ （第1信号比）と比較するための閾値 Q_{TH} を、信号比 $R2/G2$ （第2信号比）に応じて変更する。すなわち、信号比 $R2/G2$ は主に血液量に応じて変化するので、警告報知部65は、観察対象の血液量に応じて閾値 Q_{TH} を変更する。これは、相関関係における酸素飽和度の等値線の間隔が信号比 $R2/G2$ に応じて変化するためである（図9参照）。例えば、黄色色素の量を反映した信号比 $G2/B2$ が一定値であるとしても、信号比 $R2/G2$ が小さく、血液量が少ない場合には、酸素飽和度の等値線の間隔が狭くなるので、信号比 $G2/B2$ が僅かにずれるだけでも算出される酸素飽和度の誤差が大きい。このため、閾値 Q_{TH} を血液量に応じて変更すれば、黄色色素の量が酸素飽和度の算出に与える影響の大きさを適切に判別して洗浄

10

20

30

40

50

を促す警告を報知することができる。

【 0 0 6 5 】

次に、本実施形態の内視鏡システム 10 による観察の流れを図 15 のフローチャートに沿って説明する。まず、通常観察モードにおいて、最も遠景の状態からスクリーニングを行う (S 10)。通常観察モードでは、通常観察画像がモニタ 18 に表示される。このスクリーニング時に、ブラウニッシュエリアや発赤等の病変の可能性がある部位 (以下、病変可能性部位という) を発見した場合 (S 11) には、モード切替 SW 22 b を操作して、特殊観察モードに切り替える (S 12)。そして、この特殊観察モードにおいて、病変可能性部位の診断を行う。

【 0 0 6 6 】

特殊観察モードでは、青色狭帯域光と白色光がセンサ 48 の撮像フレームに同期して交互に観察対象に照射されるので、センサ 48 は 1 フレーム目に B 1 画像信号を出力し、2 フレーム目に R 2 画像信号、G 2 画像信号、B 2 画像信号を出力する。そして、プロセッサ装置 16 は画像信号取得部 54 でこれらの撮像信号を取得されると (S 13 及び S 14 : 画像信号取得ステップ)、信号比算出部 81 によって信号比 B 1 / G 2、信号比 R 2 / G 2、信号比 G 2 / B 2 が算出され (S 15 : 信号比算出ステップ)、これらのうち信号比 B 1 / G 2 と信号比 R 2 / G 2 とに基づき、酸素飽和度算出部 83 によって酸素飽和度が画素毎に算出される (S 16 : 酸素飽和度算出ステップ)。その後、画像生成部 84 によって、画像信号 B 2、G 2、R 2 と酸素飽和度算出部 83 が算出した酸素飽和度に基づいて、酸素飽和度画像が生成される (S 17 : 酸素飽和度画像生成ステップ)。

【 0 0 6 7 】

また、信号比算出部 81 が信号比を算出すると、警告表示部 65 は、信号比算出部 81 から信号比 G 2 / B 2 を取得して閾値 Q_{TH} と比較する。その結果、信号比 G 2 / B 2 が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素がある場合には、警告表示部 65 は、警告報知信号を生成する (S 18 (警告報知信号生成ステップ) : YES)。表示用画像信号生成部 66 は、警告報知信号を受けると、酸素飽和度画像とともに警告メッセージをモニタ 18 に表示することにより、観察対象の洗浄を促す (S 19)。一方、信号比 G 2 / B 2 が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素がない場合には、警告報知信号は生成されず (S 18 : NO)、表示用画像信号生成部 66 は、酸素飽和度画像をモニタ 18 に表示する (S 20)。

【 0 0 6 8 】

なお、これらの動作は、通常観察モードに切り替えられるか (S 21)、診断終了 (S 22) まで繰り返し行われる

【 0 0 6 9 】

上記のように、内視鏡システム 10 は、信号比 G 2 / B 2 を閾値 Q_{TH} と比較することにより、観察対象が黄色色素を含む粘液等によるひどい汚れがあるか否かを判別し、酸素飽和度に大きな誤差を生じさせるようなひどい汚れがある場合には、警告メッセージ 102 をモニタ 18 に表示して、観察対象の洗浄を促す。このように、警告メッセージ 102 を表示して、洗浄の必要性を報知すれば、内視鏡システム 10 を使用する医師は、観察対象の酸素飽和度に基づいて診断を行うに際し、観察対象に付着した汚れの酷さを的確に把握することができる。そして、警告メッセージ 102 が表示された場合には、観察対象を洗浄してから算出された酸素飽和度に基づいた診断をすることができるので、誤診を防ぐことができる。

【 0 0 7 0 】

特に、警告報知部 65 が信号比 G 2 / B 2 と比較するための閾値 Q_{TH} を、信号比 R 2 / G 2 (すなわち血液量) に応じて変更するので、内視鏡システム 10 では黄色色素の量が酸素飽和度の算出に与える影響の大小を適切に判別して洗浄を促す警告を報知することができる。

【 0 0 7 1 】

なお、警告報知部 65 は、信号比算出部 81 から信号比 B 1 / G 2 を取得し、閾値 Q_{TH} の値を信号比 B 1 / G 2 に応じて変更してもよい。このように信号比 B 1 / G 2 によ

10

20

30

40

50

て閾値 Q_{TH} の値を変更すると、閾値 Q_{TH} の酸素飽和度に対する依存性を低減することができるので、一定の閾値 Q_{TH} を用いる場合よりも黄色色素の量が酸素飽和度の算出に与える影響の大小を適切に判別して洗浄を促す警告を報知することができる。さらに、警告報知部 65 に信号比算出部 81 から信号比 $R2/G2$ と信号比 $B1/G2$ とを取得させ、これらの信号比に応じて閾値 Q_{TH} を変更させれば、閾値 Q_{TH} の血液量及び酸素飽和度に対する各依存性を低減できるので、黄色色素の量が酸素飽和度の算出に与える影響の大小を特に適切に判別して洗浄を促す警告を報知することができる。

【0072】

なお、内視鏡システム 10 は、モニタ 18 に警告メッセージ 102 を表示するが、代わりに、警告音を発したり、警告メッセージを音声により再生したり、ランプや回転灯等を点灯させたりすることによって、観察対象の洗浄を促しても良い。

10

【0073】

また、警告報知部 65 は、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素がある領域を検出し、警告報知信号を、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素の位置情報としてもよい。この場合、例えば、表示用画像信号生成部 66 は、RGB 画像データである酸素飽和度画像をモニタ 18 に表示するための輝度信号 Y 及び色差信号 Cb, Cr に変換する場合に、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の値の画素の色差信号 Cb, Cr を零に置き換える。こうすると、例えば、図 16 に示すように、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の汚染領域 143 と、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 未満の清浄領域 146 に分かれた酸素飽和度画像 121 がモニタ 18 に表示される。この酸素飽和度画像 121 では、汚染領域 143 は無彩色で表示され、清浄領域 146 が酸素飽和度に応じて疑似カラー化された有彩色で表示される。このように、信号比 $G2/B2$ が特定範囲の画素と、信号比 $G2/B2$ が特定範囲外の画素と表示方法を異ならせて表示すると、黄色色素を含む粘液等によって酸素飽和度の誤差が大きい領域を視覚的に判別することができる。汚染領域 143 の位置や面積を見れば、洗浄の必要性を判断できるので、警告メッセージ 102 の代わりにもなる。

20

【0074】

この例では、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の全画素の色差信号 Cb, Cr を零に置き換えているが、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上で、酸素飽和度が疑似カラー化される値（例えば 60% 未満）の画素についてだけ色差信号 Cb, Cr を零にし、無彩色化しても良い。また、表示用画像信号を生成する段階で色彩の調節をしているが、酸素飽和度画像を生成する段階で、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の画素の表示色を変更しておいても良い。この場合、画像生成部 84 が警告報知信号を受け、この処理をする。

30

【0075】

なお、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の画素の色差信号 Cb, Cr は零に置き換える代わりに、予め定めた特定値に置き換えることによって、信号比 $G2/B2$ が閾値 Q_{TH} 以上の画素を特定色で表示させても良い。この場合、酸素飽和度の表示に使用される色と混同しない色を選択することが好ましい。

【0076】

本実施形態では B カラーフィルタの中心波長は 450 nm であるが、これは酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光係数がほぼ等しい等吸収点の波長である（図 9 参照）。このように、B カラーフィルタが透過する光の中心波長を、等吸収点あるいはその近傍の波長とすることで、酸素飽和度に対する依存度が低い B2 画像信号が得られる。この等吸収点近傍の波長帯域に対応する B2 画像信号を用いることで、酸素飽和度に依らず、より正確に、黄色色素が存在あるいはその濃度等に基づいた警告を報知することができる。

40

【0077】

本発明は、黄色色素の存在によって算出誤差が生じやすいので、酸素飽和度を算出する内視鏡システム及び内視鏡システム用プロセッサに特に好適である。但し、酸素飽和度を算出しない内視鏡システム及びそのプロセッサ装置に本発明を適用した場合でも、黄色色素を含む粘液等による汚れ度合いを客観的に報知することができるので、酸素飽和度を算

50

出しない内視鏡システム及びそのプロセッサ装置にも本発明は好適である。

【0078】

なお、上記実施形態では、広帯域光源36を用いているが、これらの代わりに、RGBのLEDで白色光を発生させる光源や、LD（レーザダイオード）とLDが発するレーザー光に励起されて発光する蛍光体で白色光を発生させる光源を用いることができる。これらの光源を用いる場合、上記実施形態のように回転フィルタ37を併用しても良く、回転フィルタ37の代わりにLEDやLDの点灯や消灯、光量の配分の調節によって照明光の波長帯域や光量を調節しても良い。

【0079】

また、上記実施形態では、RGBカラーフィルタが設けられたカラー撮像素子をセンサ48として用いているが、カラーフィルタが設けられていないモノクロの撮像素子をセンサ48として用いても良い。この場合、図17に示す回転フィルタ237を用いる。

【0080】

回転フィルタ237は、通常観察モード用フィルタ238と特殊観察モード用フィルタ239を有し、通常観察モード用フィルタ238を白色光の光路上に配置する第1位置と、特殊観察モード用フィルタ239を白色光の光路上に配置する第2位置とで移動自在に設けられる。通常観察モード用フィルタ238は、回転フィルタ237の内周部に設けられ、赤色光を透過するRフィルタ238aと、緑色光を透過するGフィルタ238bと、青色光を透過するBフィルタ238cとを有する。したがって、回転フィルタ237を通常光観察モード用の第1位置に配置すると、広帯域光源36からの白色光は、回転フィルタ237の回転に応じてRフィルタ238a、Gフィルタ238b、Bフィルタ238cのいずれかに入射する。このため、観察対象には、透過したフィルタに応じて、赤色光、緑色光、青色光が順次照射され、モノクロのセンサは、これらの反射光によりそれぞれ観察対象を撮像することにより、R画像信号、G画像信号、B画像信号を順次出力する。

【0081】

また、特殊観察モード用フィルタ239は、回転フィルタ237の外周部に設けられている。特殊観察モード用フィルタ239は、赤色光を透過するRフィルタ239aと、緑色光を透過するGフィルタ239bと、青色光を透過するBフィルタ239cと、 473 ± 10 nmの狭帯域光を透過する狭帯域フィルタ239dとを有する。したがって、回転フィルタ237を特殊観察モード用の第2位置に配置すると、広帯域光源36からの白色光は、回転フィルタ237の回転に応じてRフィルタ239a、Gフィルタ239b、Bフィルタ239c、狭帯域フィルタ239dのいずれかに入射する。このため、観察対象には、透過したフィルタに応じて、赤色光、緑色光、青色光、狭帯域光（473 nm）が順次照射され、モノクロのセンサは、これらの反射光によりそれぞれ観察対象を撮像することにより、R画像信号、G画像信号、B画像信号、及び狭帯域画像信号を順次出力する。

【0082】

特殊観察モードで得られるRGB各画像信号は、それぞれ第1実施形態のR2画像信号、G2画像信号、B2画像信号に対応する。また、特殊観察モードで得られる狭帯域画像信号は、第1実施形態のB1画像信号に対応し、したがって、その後の処理は第1実施形態の内視鏡システム10と同様に行うことができる。

【0083】

なお、上記実施形態では、信号比 $B1/G2$ と信号比 $R2/G2$ に基づいて酸素飽和度を算出しているが、信号比 $B1/G2$ のみに基づいて酸素飽和度を算出しても良い。この場合には、相関関係記憶部82には信号比 $B1/G2$ と、酸素飽和度との相関関係を記憶しておけば良い。

【0084】

また、上記実施形態では、酸素飽和度を画像化した酸素飽和度画像を生成及び表示しているが、これに加えて、血液量を画像化した血液量画像を生成及び表示しても良い。血液量は信号比 $R2/G2$ と相関があるので、信号比 $R2/G2$ に応じて異なる色を割り当て

10

20

30

40

50

ることで、血液量を画像化した血液量画像を作成することができる。

【 0 0 8 5 】

上記実施形態では酸素飽和度を算出しているが、これに代えて、あるいはこれに加えて、「血液量 × 酸素飽和度 (%)」から求まる酸化ヘモグロビンインデックスや、「血液量 × (1 - 酸素飽和度) (%)」から求まる還元ヘモグロビンインデックス等、他の生体機能情報を算出しても良い。

【 0 0 8 6 】

また、上記実施形態では、センサ 48 として CCD イメージセンサを用いているが、センサ 48 として CMOS イメージセンサを用いても良い。但し、CMOS イメージセンサはいわゆるローリングシャッタ方式で駆動され、画素の行 (1 ~ N 行の各行) 毎に順に信号電荷の蓄積及び読み出しが行われる。このため、各行の信号電荷の蓄積及び読み出しのタイミングが行毎に異なるので、青色狭帯域光 (または緑色狭帯域光) と白色光の切り替えは読み出しのタイミングに合わせて行うことが望ましい。例えば、図 18 に示すように、通常観察モード時には、N 行目の蓄積開始 (時刻 T_1) から 1 行目の蓄積完了 (時刻 T_2) までの間、白色光の照射を行う一方、1 行目の読み出し開始から N 行目の読み出し完了までの間、白色光の照射を停止させる。また、図 19 に示すように、特殊観察モード時には、N 行目の蓄積開始 (時刻 T_1) から 1 行目の蓄積完了 (時刻 T_2) までの間、青色狭帯域光の照射を行う一方、1 行目の読み出し開始 (時刻 T_2) から N 行目の読み出し完了 (時刻 T_3) までの間、青色狭帯域光及び白色光の照射を停止させる。そして、次のフレームにおいて、N 行目の蓄積開始 (時刻 T_3) から 1 行目の蓄積完了 (時刻 T_4) までの間、白色光の照射を行う一方、1 行目の読み出し開始 (時刻 T_4) から N 行目の読み出し完了 (時刻 T_5) までの間、青色狭帯域光及び白色光の照射を停止させる。こうすると、各行の実質的な電荷蓄積期間の長さ (露光量) を統一し、かつ、青色狭帯域光による信号と白色光による信号が混ざるのを防ぐことができるので、センサ 48 として CMOS イメージセンサを用いる場合でも上記各実施形態のように正確な酸素飽和度を算出することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 7 】

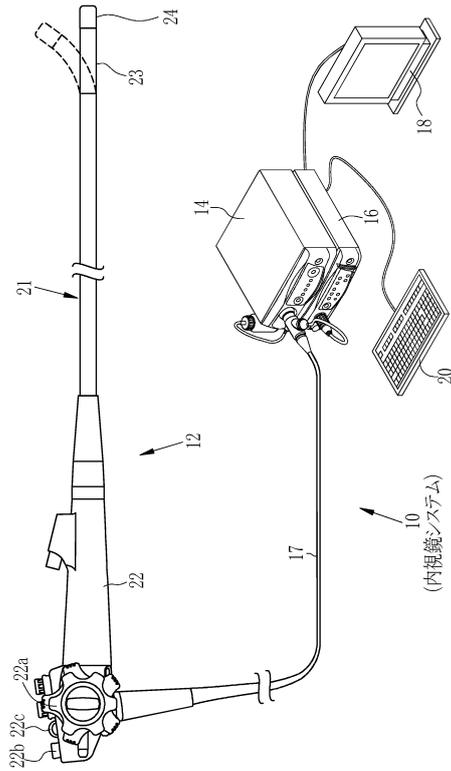
- 10 内視鏡システム
- 16 プロセッサ装置
- 18 モニタ
- 36 広帯域光源
- 37 回転フィルタ
- 65 警告報知部
- 76 酸素飽和度画像生成部
- 81 信号比算出部
- 82 相関関係記憶部
- 83 酸素飽和度算出部
- 84 画像生成部

10

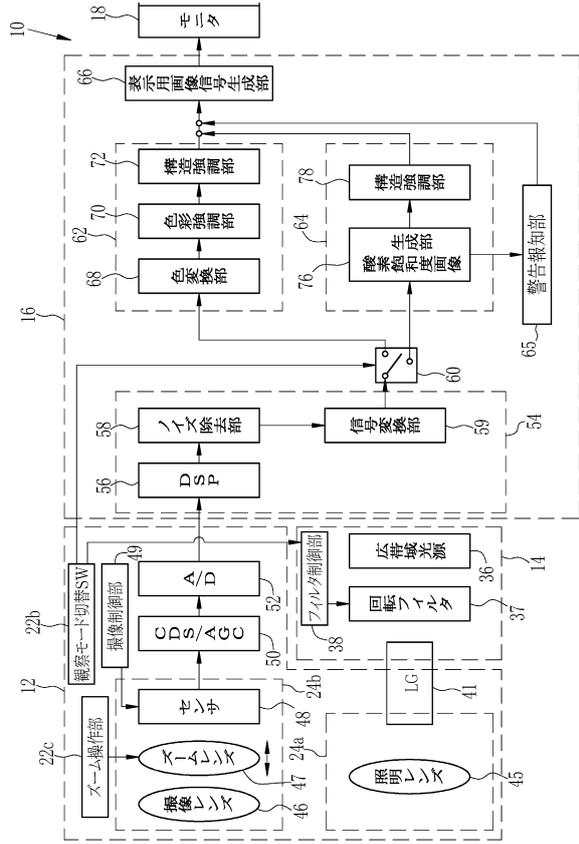
20

30

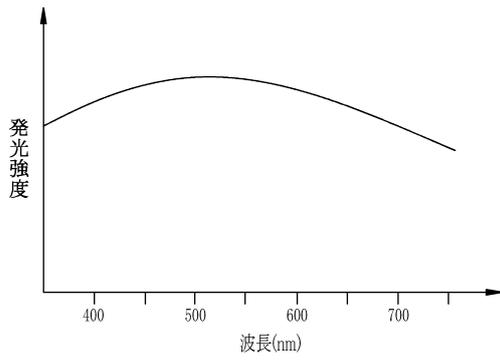
【図1】



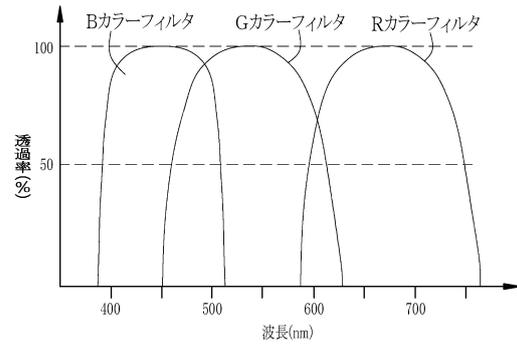
【図2】



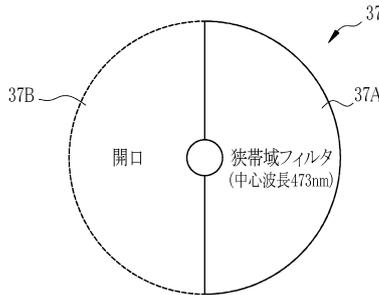
【図3】



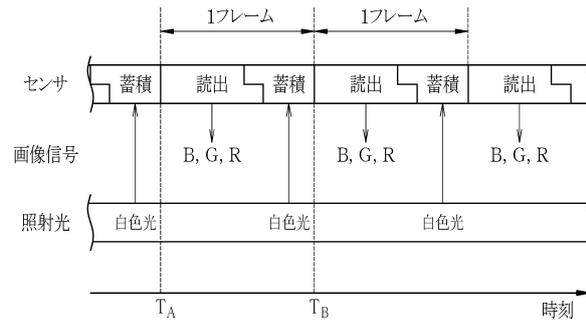
【図5】



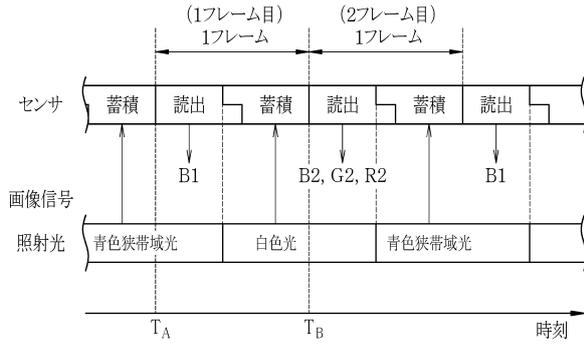
【図4】



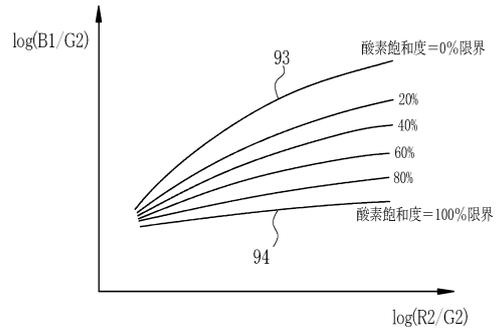
【図6】



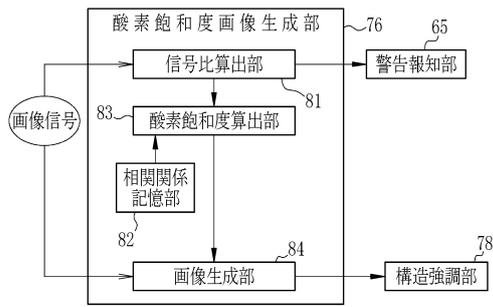
【図7】



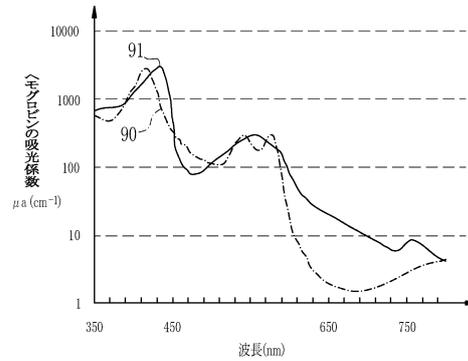
【図9】



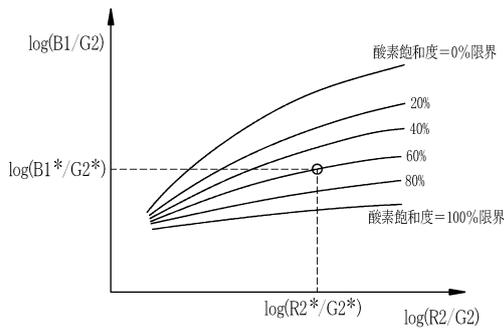
【図8】



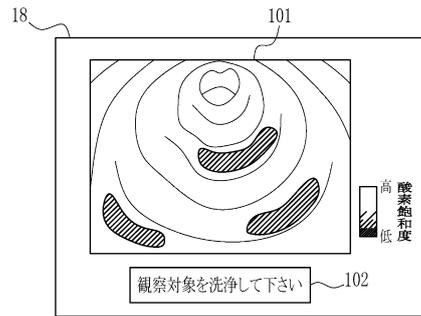
【図10】



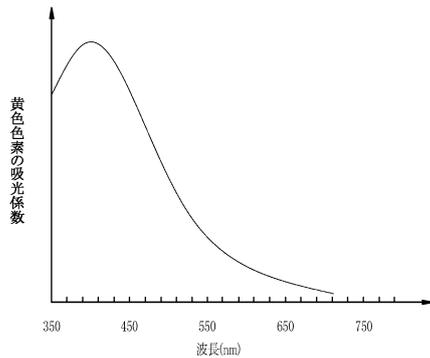
【図11】



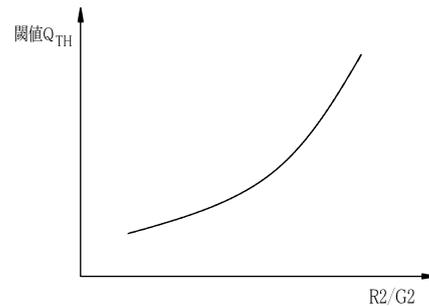
【図13】



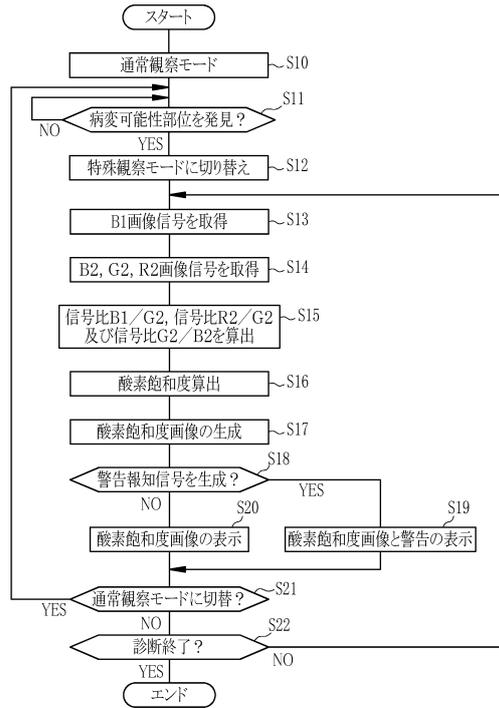
【図12】



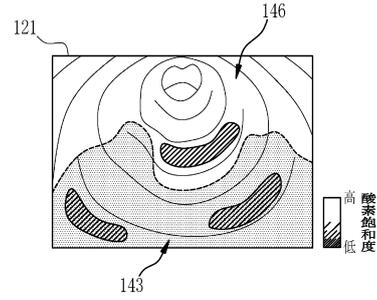
【図14】



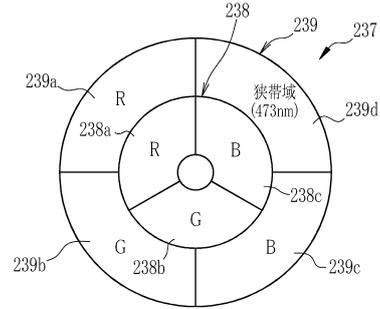
【図15】



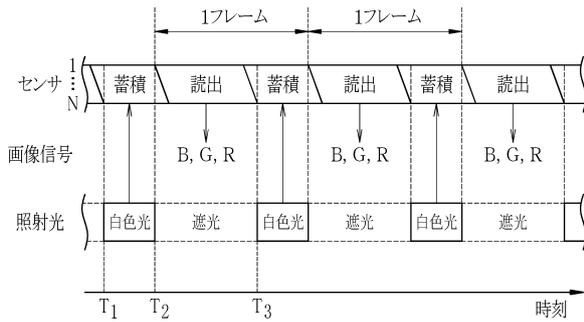
【図16】



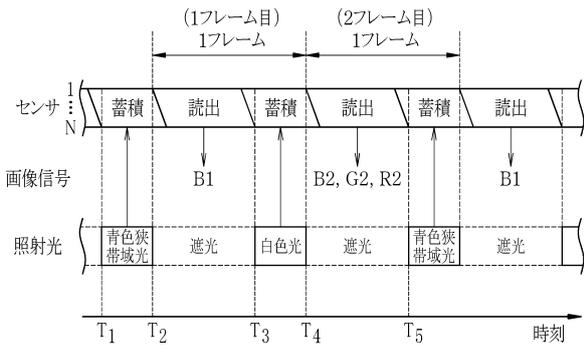
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2013/085061(WO, A1)
米国特許出願公開第2007/0191677(US, A1)
米国特許出願公開第2013/0235177(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0289801(US, A1)
米国特許出願公開第2013/0211217(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0179013(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 1/00 - 1/32