

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7344976号
(P7344976)

(45)発行日 令和5年9月14日(2023.9.14)

(24)登録日 令和5年9月6日(2023.9.6)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 1/045(2006.01)

A 6 1 B 1/045 6 1 7

請求項の数 10 (全21頁)

(21)出願番号	特願2021-551331(P2021-551331)	(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2番30号
(86)(22)出願日	令和2年9月29日(2020.9.29)	(74)代理人	110001988 弁理士法人小林国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/036987	(72)発明者	齋藤 孝明 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式社内
(87)国際公開番号	WO2021/065939	(72)発明者	繁田 典雅 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式社内
(87)国際公開日	令和3年4月8日(2021.4.8)	審査官	▲高▼ 芳徳
審査請求日	令和4年3月30日(2022.3.30)		
(31)優先権主張番号	特願2019-183849(P2019-183849)		
(32)優先日	令和1年10月4日(2019.10.4)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内視鏡システム及びその作動方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、
前記照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、
前記半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第1補正パラメータを記憶する第1補正パラメータ記憶メモリと、
前記分光画像における演算値の算出に用いる、ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、
前記半導体光源と前記内視鏡の組み合わせによって生じる前記演算値の違いを補正するための第2補正パラメータを取得し、且つ前記演算値、前記第1補正パラメータ、及び前記第2補正パラメータから算出した補正量に基づいて前記演算値を補正し、前記観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサとを備える内視鏡システム。

【請求項2】

複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、
前記照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、
前記半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第1補正パラメータを記憶する第1補正パラメータ記憶メモリと、
ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、
複数の前記分光画像、前記第1補正パラメータ、及び前記ホワイトバランス補正データに基づいて、前記観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサとを備え、

前記画像制御用プロセッサは、

前記分光画像のうち、前記酸素飽和度の算出に必要な特定分光画像に対して、ホワイトバランス補正データに基づくホワイトバランス補正処理を行うことによって、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像を取得し、

前記ホワイトバランス補正済みの特定分光画像に基づいて、前記酸素飽和度の算出用の演算値を算出し、

前記演算値、及び、前記第 1 補正パラメータに基づく演算処理によって、前記演算値を補正するための補正量を算出し、

前記補正量を用いて前記演算値を補正した補正後の演算値に基づいて、前記酸素飽和度を算出する内視鏡システム。

10

【請求項 3】

前記画像制御用プロセッサは、

前記補正量を算出する場合には、前記半導体光源と前記内視鏡の組み合わせによって生じる前記演算値の違いを補正するための第 2 補正パラメータを取得し、且つ、前記演算値、及び、前記第 1 補正パラメータに加えて、前記第 2 補正パラメータに基づいて、前記補正量を算出する請求項 2 記載の内視鏡システム。

【請求項 4】

前記半導体光源は、前記第 2 補正パラメータを取得するための特定照明光を発する請求項 3 記載の内視鏡システム。

【請求項 5】

20

前記特定照明光は緑色光である請求項 4 記載の内視鏡システム。

【請求項 6】

複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、

前記照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、

前記半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第 1 補正パラメータを記憶する第 1 補正パラメータ記憶メモリと、

ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、

複数の前記分光画像、前記第 1 補正パラメータ、及び前記ホワイトバランス補正データに基づいて、前記観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサと、

前記半導体光源の光量を変化させることにより生じる前記照明光の波長特性の変化に基づく特定分光画像の違いを補正するための第 3 補正パラメータを取得する光源用プロセッサとを備え、

30

前記画像制御用プロセッサは、

前記分光画像のうち、前記酸素飽和度の算出に必要な特定分光画像に対して、ホワイトバランス補正データに基づくホワイトバランス補正処理を行うことによって、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像を取得し、

前記ホワイトバランス補正済みの特定分光画像に基づいて、前記酸素飽和度の算出用の演算値を算出し、

前記演算値、及び、前記第 1 補正パラメータに基づく演算処理によって、前記演算値を補正するための補正量を算出し、

40

前記補正量を用いて前記演算値を補正した補正後の演算値に基づいて、前記酸素飽和度を算出し、

前記画像制御用プロセッサは、

前記演算値、及び、前記第 1 補正パラメータに加えて、前記第 3 補正パラメータに基づいて、前記補正量を算出する内視鏡システム。

【請求項 7】

前記第 1 補正パラメータは、各半導体光源のピーク波長と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られる請求項 1 ないし 6 いずれか 1 項記載の内視鏡システム。

【請求項 8】

前記複数の半導体光源には、中心波長に 450nm を含む第 1 青色光を発する B S 光源

50

、中心波長に470nmを含む第2青色光を発するB光源、緑色光を発する緑色光源、及び、赤色光を発する赤色光源を含む請求項1ないし7いずれか1項記載の内視鏡システム。

【請求項9】

前記複数の分光画像には、中心波長に450nmを含む第1青色光に対応するB1画像、中心波長に470nmを含む第2青色光に対応するB2画像、緑色光に対応するG1画像、及び、赤色光に対応するR1画像が含まれる請求項1ないし7いずれか1項記載の内視鏡システム。

【請求項10】

複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源を備える内視鏡システムの作動方法において、

内視鏡が、前記照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得るステップと、

前記半導体光源と前記内視鏡の組み合わせによって生じる、ホワイトバランス補正データを用いて算出する分光画像における演算値の違いを補正するための第2補正パラメータを取得し、且つ前記演算値、複数の前記分光画像、前記半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第1補正パラメータ、及び前記第2補正パラメータ、から算出した補正量に基づいて、前記演算値を補正し、前記観察対象の酸素飽和度を算出するステップとを有する内視鏡システムの作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、観察対象の酸素飽和度を求める内視鏡システム及びその作動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野において、生体内の観察対象を撮影する内視鏡システムが広く利用されている。近年では、酸素飽和度と病変部との相関関係が知られていることから、酸素飽和度を用いた診断も行われつつある。酸素飽和度を用いる診断においては、酸素飽和度によって吸光係数が変化する酸素飽和度観察用照明光を患部に照射して得られる複数の分光画像に基づいて、観察対象の酸素飽和度を算出し、酸素飽和度を画像化した酸素飽和度画像をモニタに表示する。

【0003】

酸素飽和度の算出に際しては、複数の分光画像に基づく演算処理により得られる演算値として、異なる分光画像間の信号比を用いている。入力となる信号比のわずかな変動が、出力となる酸素飽和度のノイズとなるため、ハード面で、酸素飽和度観察用照明光を発する光源部の発光量の厳密な制御が必要となるだけでなく、内視鏡や光源部の個体差に対する補正技術も重要となる。例えば、特許文献1では、酸素飽和度を算出するための本撮影の前にプレ撮影を行い、プレ撮影で得られた補正量を用いることで、酸素飽和度が正確に算出するようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2014-76375号公報
国際公開第2015/194422号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

酸素飽和度の算出に用いる信号比に関しては、酸素飽和度観察用照明光を発する光源部の分光特性が個体別に異なることから、同じ観察対象を撮像しても、信号比に違いが生じることがある。更には、光源部を有する光源装置と観察対象を撮像する内視鏡の組み合わ

10

20

30

40

50

せによって、同じ観察対象に対して得られる信号比に違いが生じることがある。これに対して、ホワイトバランス補正処理（例えば、特許文献２）を行うことによって、信号比の違いを補正することが考えられる。しかしながら、ホワイトバランス補正処理は、白色部分について個体差が無くなるように補正するものであり、酸素飽和度算出においては、白色部分だけでなく、他の色の部分も使用するため、ホワイトバランス補正処理だけでは個体差により生ずる信号比の違いを十分に補正することが難しかった。

【０００６】

本発明は、酸素飽和度観察用照明光を発する光源部などの個体差によらず、酸素飽和度を正確に算出することができる内視鏡システム及びそ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】

【０００７】

本発明の内視鏡システムは、複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第１補正パラメータを記憶する第１補正パラメータ記憶メモリと、ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、分光画像における演算値の算出に用いる、半導体光源と内視鏡の組み合わせによって生じる演算値の違いを補正するための第２補正パラメータを取得し、且つ演算値、第１補正パラメータ、及び第２補正パラメータから算出した補正量に基づいて演算値を補正し、観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサとを備える。

【０００８】

本発明の内視鏡システムは、複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第１補正パラメータを記憶する第１補正パラメータ記憶メモリと、ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、複数の前記分光画像、第１補正パラメータ、及びホワイトバランス補正データに基づいて、観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサとを備え、画像制御用プロセッサは、分光画像のうち、酸素飽和度の算出に必要となる特定分光画像に対して、ホワイトバランス補正データに基づくホワイトバランス補正処理を行うことによって、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像を取得し、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像に基づいて、酸素飽和度の算出用の演算値を算出し、演算値、及び、第１補正パラメータに基づく演算処理によって、演算値を補正するための補正量を算出し、補正量を用いて演算値を補正した補正後の演算値に基づいて、酸素飽和度を算出する。

【０００９】

画像制御用プロセッサは、補正量を算出する場合には、半導体光源と内視鏡の組み合わせによって生じる演算値の違いを補正するための第２補正パラメータを取得し、且つ、演算値、及び、第１補正パラメータに加えて、第２補正パラメータに基づいて、補正量を算出することが好ましい。半導体光源は、第２補正パラメータを取得するための特定照明光を発することが好ましい。特定照明光は緑色光であることが好ましい。

【００１０】

本発明の内視鏡システムは、複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源と、照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得る内視鏡と、半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第１補正パラメータを記憶する第１補正パラメータ記憶メモリと、ホワイトバランス補正データを記憶するホワイトバランス補正データ記憶メモリと、複数の分光画像、第１補正パラメータ、及びホワイトバランス補正データに基づいて、観察対象の酸素飽和度を算出する画像制御用プロセッサと、半導体光源の光量を変化させることにより生じる照明光の波長特性の変化に基づく特定分光画像の違いを補正するための第３補正パラメータを取得する光源用プロセッサとを備え、画像制御用プロセッサは、分光画像のうち、酸素飽和度の算出に必要となる特定分光画像に対して、ホワイトバランス補正データに基づくホワイトバランス補正処理を行うことによって、ホワイ

10

20

30

40

50

トバランス補正済みの特定分光画像を取得し、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像に基づいて、酸素飽和度の算出用の演算値を算出し、演算値、及び、第1補正パラメータに基づく演算処理によって、演算値を補正するための補正量を算出し、補正量を用いて演算値を補正した補正後の演算値に基づいて、酸素飽和度を算出し、画像制御用プロセッサは、演算値、及び、第1補正パラメータに加えて、第3補正パラメータに基づいて、補正量を算出する。第1補正パラメータは、各半導体光源のピーク波長と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られることが好ましい。

【0011】

複数の半導体光源には、中心波長に450nmを含む第1青色光を発するBS光源、中心波長に470nmを含む第2青色光を発するBL光源、緑色光を発する緑色光源、及び、赤色光を発する赤色光源を含むことが好ましい。複数の分光画像には、中心波長に450nmを含む第1青色光に対応するB1画像、中心波長に470nmを含む第2青色光に対応するB2画像、緑色光に対応するG1画像、及び、赤色光に対応するR1画像が含まれることが好ましい。

10

【0012】

本発明は、複数の波長帯域の照明光を発する複数の半導体光源を備える内視鏡システムの作動方法において、内視鏡が、照明光に基づいて照明された観察対象を撮像して複数の分光画像を得るステップと、プロセッサが、半導体光源と内視鏡の組み合わせによって生じる、ホワイトバランス補正データを用いて算出する分光画像における演算値の違いを補正するための第2補正パラメータを取得し、且つ演算値、複数の分光画像、半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第1補正パラメータ、及び第2補正パラメータ、から算出した補正量に基づいて、演算値を補正し、観察対象の酸素飽和度を算出するステップとを有する。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、酸素飽和度観察用照明光を発する光源部などの個体差によらず、酸素飽和度を正確に算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】内視鏡システムの外觀図である。

30

【図2】内視鏡システムの機能を示すブロック図である。

【図3】第1青色光、第2青色光、緑色光、及び、赤色光の発光スペクトルを示すグラフである。

【図4】第3補正パラメータ取得部の機能を示すブロック図である。

【図5】第1青色光と波長変動の変動量との関係を示すグラフである。

【図6】第1実施形態の酸素飽和度観察モードにおける発光パターンを示す説明図である。

【図7】カラーフィルタの分光特性を示すグラフである。

【図8】第1実施形態の特殊処理部の機能を示すブロック図である。

【図9】酸素飽和度と信号比X、Yとの関係を示す説明図である。

【図10】キャリブレーションモードの流れを示すフローチャートである。

40

【図11】キャリブレーション装置を示す説明図である

【図12】補正データ取得領域ARを示す説明図である。

【図13】酸素飽和度観察モードの流れを示すフローチャートである。

【図14】第2実施形態の酸素飽和度観察モードにおける発光パターンを示す説明図である。

【図15】第2実施形態の特殊処理部の機能を示すブロック図である。

【図16】第2補正パラメータ取得部の機能を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

[第1実施形態]

50

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 と、表示部であるモニタ 18 と、ユーザーインターフェース 19 とを有する。内視鏡 12 は、光源装置 14 と光学的に接続するとともに、プロセッサ装置 16 に電氣的に接続する。内視鏡 12 は、被検体内に挿入する挿入部 12a と、挿入部 12a の基端部分に設けられた操作部 12b と、挿入部 12a の先端側に設けられた湾曲部 12c と、先端部 12d とを有している。操作部 12b のアングルノブ 12e を操作することにより、湾曲部 12c が湾曲する。この湾曲部 12c が湾曲した結果、先端部 12d が所望の方向に向く。なお、先端部 12d には、観察対象に向けて空気や水等を噴射する噴射口（図示しない）が設けられている。

【0016】

また、操作部 12b には、アングルノブ 12e の他、モード切替スイッチ 13a、フリーズスイッチ 13b、ズーム操作部 13c が設けられている。モード切替スイッチ 13a は、観察モードの切り替え操作に用いる。内視鏡システム 10 は、通常モード、特殊モード、及び、キャリブレーションモードを有する。通常モードは、照明光に白色光を用いて観察対象を撮影して得る自然な色合いの画像（以下、通常画像という）をモニタ 18 に表示する観察モードである。

【0017】

特殊モードは、観察対象の酸素飽和度を算出して表示する酸素飽和度観察モードである。酸素飽和度観察モードでは、観察対象を撮像して得る複数の分光画像を用いて観察対象の酸素飽和度を算出し、算出した酸素飽和度の値を、疑似カラーを用いて示す画像（以下、酸素飽和度画像という）を生成してモニタ 18 に表示する。キャリブレーションモードでは、ホワイトバランス補正処理に用いるホワイトバランス補正データを取得する。

【0018】

フリーズスイッチ 13b は、プロセッサ装置 16 に対して静止画取得指示を行うためのスイッチであり、プロセッサ装置 16 は、静止画取得指示に従って、静止画画像を保存する。

【0019】

プロセッサ装置 16 は、モニタ 18 及びユーザーインターフェース 19 と電氣的に接続する。モニタ 18 は、各観察モードの画像や画像に付帯する画像情報等を出力表示する。ユーザーインターフェース 19 は、キーボードなどを有し、機能設定等の入力操作を受け付ける。ユーザーインターフェース 19 としては、キーボードの他に、マウスなどを設けてもよい。なお、プロセッサ装置 16 には、画像や画像情報等を記録する外付けの記録部（図示省略）を接続してもよい。

【0020】

図 2 に示すように、光源装置 14 は、照明光を発光する光源部 20 と、光源部 20 の駆動を制御する光源制御部 22 と、を備えている。

【0021】

光源部 20 は、B S 光源 20a、B L 光源 20b、G 光源 20c、及び、R 光源 20d の 4 個の半導体光源を備える。本実施形態においては、B S 光源 20a、B L 光源 20b、G 光源 20c、及び、R 光源 20d はいずれも L E D (Light Emitting Diode) である。光源部 20 には、これらの L E D の代わりに、L D (Laser Diode) と蛍光体と帯域制限フィルタとの組み合わせや、キセノンランプ等のランプと帯域制限フィルタの組み合わせ等を用いることができる。

【0022】

図 3 に示すように、B S 光源 20a は、中心波長（ピーク波長）が約 $450 \pm 10 \text{ nm}$ 、波長帯域が約 $420 \text{ nm} \sim 500 \text{ nm}$ の第 1 青色光 B S を発光する青色光源である。B L 光源 20b は、中心波長（ピーク波長）及び波長帯域が約 $470 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ であり、青色のいわゆる狭帯域光（以下、第 2 青色光 B L という）を発光する青色光源である。G 光源 20c は、中心波長（ピーク波長）が約 $540 \pm 20 \text{ nm}$ 、波長帯域が約 $480 \text{ nm} \sim 600 \text{ nm}$ に及び緑色光 G を発光する緑色光源である。R 光源 20d は、中心波長（

10

20

30

40

50

ピーク波長)が約 620 ± 20 nm、波長帯域が約 600 nm ~ 650 nmに及び赤色光 R を発光する赤色光源である。

【0023】

光源装置 14 には、酸素飽和度観察モードにて用いる第 1 補正パラメータを記憶する第 1 補正パラメータ記憶メモリ 23 が設けられている。第 1 補正パラメータは、演算値の補正値の算出に用いられるパラメータであって、BS 光源 20a、BL 光源 20b、G 光源 20c、及び、R 光源 20d の光学特性の個体ごとの違い(バラツキ)を補正するためのパラメータである。各光源 20a ~ 20d は、個体ごとに、ピーク波長値又は中心波長などの分光特性が異なっている(バラツキがある)。

【0024】

具体的には、第 1 補正パラメータには、BS 光源 20a の第 1 青色光 BS のピーク波長 C BS と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られるパラメータ $\Delta 1$ (B450) が含まれる。その他に、BL 光源 20b の第 2 青色光 BL のピーク波長 C BL と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られるパラメータ $\Delta 1$ (B470)、G 光源 20c の緑色光 G のピーク波長 C G と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られるパラメータ $\Delta 1$ (G)、及び、R 光源 20d の赤色光 R のピーク波長 C R と基準光源のピーク波長との差分値に基づいて得られるパラメータ $\Delta 1$ (R) が、第 1 補正パラメータに含まれる。なお、第 1 補正パラメータは、工場出荷時に、光源装置 14 の個体ごとの分光特性を測定してパラメータ化することが好ましい。

【0025】

また、光源装置 14 には、キャリブレーションモードにて用いる第 3 補正パラメータを取得する第 3 補正パラメータ取得部 24 (図 2 参照)が設けられている。第 3 補正パラメータは、BS 光源 20a、BL 光源 20b、G 光源 20c、及び、R 光源 20d の光量を変化させることにより生じる各照明光の波長特性の変化(主として、波長変動)に基づく特定分光画像(酸素飽和度算出用の分光画像)の違いに関するパラメータである。図 4 に示すように、第 3 補正パラメータ取得部 24 では、第 3 補正パラメータを取得するために光量及び波長変動関係テーブル 24a と、第 3 補正パラメータ算出部 24b とを備えている。なお、光源装置 14 には、各種処理に関するプログラムがプログラム用メモリに組み込まれている。光源用プロセッサから構成される光源用中央制御部(図示しない)によってプログラム用メモリ内のプログラムが動作することによって、第 3 補正パラメータ取得部の機能が実現する。

【0026】

光量及び波長変動関係テーブル 24a は、各照明光の光量と各照明光の波長変動との関係が記憶されている。光量及び波長変動関係テーブル 24a は、BS 光源 20a、BL 光源 20b、G 光源 20c、及び、R 光源 20d のそれぞれに対してテーブルが設けられている。例えば、BS 光源 20a に用いられる光量及び波長変動関係テーブル 24a については、図 5 に示すように、第 1 青色光 BS の光量 L MB S と、第 1 青色光 BS の光量を変化させることにより生じる第 1 青色光 BS の波長変動(例えば、中心波長の変化量)の変動量 $\Delta \lambda$ (B450) との関係が記憶されている。第 1 青色光 BS の光量が比較的大きい場合には、第 1 青色光 BS の光量と波長変動の変動量 $\Delta \lambda$ との関係は線形的であるが、第 1 青色光 BS の光量が比較的小さい場合には、第 1 青色光 BS の光量と波長変動の変動量 $\Delta \lambda$ との関係は非線形である。

【0027】

第 3 補正パラメータ算出部 24b は、光源部 20 の光量が変化した場合には、変化した光源に対応する光量及び波長変動関係テーブル 24a を参照し、波長変動の変動量 $\Delta \lambda$ を特定する。そして、予め定められた波長変動の変動量 $\Delta \lambda$ と第 3 補正パラメータとの関係に基づいて、波長変動の変動量 $\Delta \lambda$ に対応する第 3 補正パラメータを算出する。第 3 補正パラメータは、BS 光源 20a の波長変動に対する第 3 補正パラメータ $\Delta 3$ (B450)、BL 光源 20b の波長変動に対する第 3 補正パラメータ $\Delta 3$ (B470)、G 光源 20c の波長変動に対する第 3 補正パラメータ $\Delta 3$ (G)、及び、R 光源 20d の波長変動に

10

20

30

40

50

対する第3補正パラメータ $\Delta 3(R)$ の4つが含まれる。

【0028】

光源制御部22は、光源部20を構成する各光源20a~20dの点灯や消灯のタイミング、及び点灯時の発光量等をそれぞれ独立に制御する。この光源制御部22の制御により、光源部20は、通常モードにおいて使用する通常観察用照明光と、酸素飽和度観察モードにおいて使用する酸素飽和度観察用照明光とを発光する。

【0029】

通常モードの場合、光源制御部22は、BS光源20a、G光源20c、及びR光源20dを同時に点灯する。このため、通常観察用照明光は、第1青色光BSと、緑色光Gと、赤色光Rとを含む白色光である。本実施形態においては、通常モードの場合、光源部20は上記白色光を常時発光するが、観察対象の撮影タイミング（以下、撮影フレームという）に合わせて、白色光を発光しても良い。

10

【0030】

酸素飽和度観察モード又はキャリブレーションモードの場合、光源制御部22は、第1パターンと第2パターンで各光源20a~20dの点灯または消灯を交互に繰り返す。第1パターンは、BS光源20aと、G光源20cと、R光源20dを同時に点灯するパターンである。第1パターンの際には、第1青色光BSと、緑色光Gと、赤色光Rとを含む白色光が照明光になる。一方、第2パターンは、BL光源20bと、G光源20cと、R光源20dを同時に点灯するパターンである。このため、第2パターンの際には、第2青色光BLと、緑色光Gと、赤色光Rとを含む酸素飽和度観察用照明光になる。酸素飽和度観察モードでは、図6に示すように、白色光と酸素飽和度観察用照明光とが撮影フレームに合わせて、例えば、1撮影フレーム毎に交互に繰り返し発光する。

20

【0031】

図2に示すように、光源部20が発光した照明光は、ライトガイド41に入射する。ライトガイド41は、内視鏡12及びユニバーサルコード（内視鏡12と光源装置14及びプロセッサ装置16とを接続するコード）内に内蔵されており、照明光を内視鏡12の先端部12d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 $\phi 0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ の細径なファイバケーブルを使用できる。

【0032】

30

内視鏡12の先端部12dには、照明光学系30aと撮影光学系30bが設けられている。照明光学系30aは、照明レンズ45を有しており、この照明レンズ45を介して照明光が観察対象に照射される。撮影光学系30bは、対物レンズ46、ズームレンズ47、及びイメージセンサ48を有している。イメージセンサ48は、対物レンズ46及びズームレンズ47を介して、観察対象から戻る照明光の反射光等（散乱光、観察対象が発する蛍光、または、観察対象に投与等した薬剤に起因した蛍光等を含む）を用いて観察対象を撮影する。なお、ズームレンズ47は、ズーム操作部13cの操作をすることで移動し、イメージセンサ48を用いて撮影する観察対象を拡大または縮小する。

【0033】

イメージセンサ48は、原色系のカラーセンサであり、青色カラーフィルタを有するB画素（青色画素）、緑色カラーフィルタを有するG画素（緑色画素）、及び、赤色カラーフィルタを有するR画素（赤色画素）の3種類の画素を備える。図7に示すように、青色カラーフィルタは、主として青色帯域の光、具体的には波長帯域が380~560nmの波長帯域の光を透過する。青色カラーフィルタBFの透過率は、波長460~470nm付近においてピークになる。緑色カラーフィルタはGF、主として緑色帯域の光、具体的には、460~470nmの波長帯域の光を透過する。赤色カラーフィルタRFは、主として赤色帯域の光、具体的には、580~760nmの波長帯域の光を透過する。

40

【0034】

イメージセンサ48を用いて観察対象を撮影すると、1回の撮影において最大で、B画素において撮影して得るB画像（青色画像）、G画素において撮像して得るG画像（緑色

50

画像)、及び、R画素において撮影して得るR画像(赤色画像)の3種類の分光画像を得ることができる。通常モードの場合、使用する通常観察用照明光は白色光なので、Bc画像、Gc画像、及びRc画像が得られる。Bc画像は、主に第1青色光BSの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像であり、Gc画像は、主に緑色光Gの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像である。同様に、Rc画像は、主に赤色光Rの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像である。

【0035】

一方、酸素飽和度観察モード又はキャリブレーションモードでは、白色光を発光するフレームにおいては、分光画像として、B1画像、G1画像、及びR1画像を取得し、酸素飽和度観察用照明光を発光するフレームにおいては、分光画像として、B2画像、G2画像、及びR2画像を取得する。B1画像、G1画像、及びR1画像は、上記のBc画像、Gc画像、及びRc画像と同様である。B2画像は、主に第2青色光BLの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像である。G2画像は、主に緑色光Gの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像である。同様に、R2画像は、主に赤色光Rの反射光等を用いて観察対象を撮影した画像である。

10

【0036】

イメージセンサ48としては、CCD(Charge Coupled Device)センサや、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサを利用可能である。また、本実施形態のイメージセンサ48は、原色系のカラーセンサであるが、補色系のカラーセンサを用いることもできる。補色系のカラーセンサは、例えば、シアンカラーフィルタが設けられたシアン画素、マゼンタカラーフィルタが設けられたマゼンタ画素、イエローカラーフィルタが設けられたイエロー画素、及び、グリーンカラーフィルタが設けられたグリーン画素を有する。補色系カラーセンサを用いる場合に上記各色の画素から得る画像は、補色-原色色変換をすれば、B画像、G画像、及びR画像に変換できる。また、カラーセンサの代わりに、カラーフィルタを設けていないモノクロセンサをイメージセンサ48として使用できる。この場合、BGR等各色の照明光を用いて観察対象を順次撮影することにより、上記各色の画像を得ることができる。

20

【0037】

図2に示すように、プロセッサ装置16は、統括制御部52と、画像取得部54と、画像処理部61と、静止画保存制御部64と、静止画保存部65と、表示制御部66とを有する。

30

【0038】

統括制御部52は、プロセッサ装置16内の各部を制御する。統括制御部52は、モード切替スイッチ13aからのモード切替信号に基づいて、各モードに対応する制御を行う。また、統括制御部52は、内視鏡12及び光源装置14を制御する。統括制御部52は、光源装置14の光源制御部22を制御することにより、照明光の照射タイミングを制御する。また、統括制御部52は、内視鏡12のイメージセンサ48を制御することにより、撮影のタイミングを制御する。

【0039】

なお、プロセッサ装置16には、各種処理に関するプログラムがプログラム用メモリ内に組み込まれている。画像制御用プロセッサによって構成される統括制御部52によってプログラム用メモリ内のプログラムが動作することによって、画像取得部54、画像処理部61、静止画保存制御部64、静止画保存部65、及び表示制御部66の機能が実現する。

40

【0040】

画像取得部54は、イメージセンサ48から観察対象の画像を取得する。通常モードの場合、画像取得部54は、撮影フレーム毎にBc画像、Gc画像、及びRc画像を取得する。酸素飽和度観察モード又はキャリブレーションモードの場合、画像取得部54は、照明光に白色光を使用する撮影フレームにおいては、B1画像、G1画像、及びR1画像を取得し、照明光に酸素飽和度観察用照明光を使用する撮影フレームにおいては、B2画像

50

、G 2 画像、及び R 2 画像を取得する。

【 0 0 4 1 】

また、画像取得部 5 4 は、D S P (Digital Signal Processor) 5 6 と、ノイズ低減部 5 8 と、変換部 5 9 と、を有し、これらを用いて、取得した画像に各種処理を施す。

【 0 0 4 2 】

D S P 5 6 は、取得した画像に対し、必要に応じて欠陥補正処理、オフセット処理、ゲイン補正処理、マトリクス処理、ガンマ変換処理、デモザイク処理、及び Y C 変換処理等の各種処理を施す。

【 0 0 4 3 】

欠陥補正処理は、イメージセンサ 4 8 の欠陥画素に対応する画素の画素値を補正する処理である。オフセット処理は、欠陥補正処理を施した画像から暗電流成分を低減し、正確な零レベルを設定する処理である。ゲイン補正処理は、オフセット処理をした画像にゲインを乗じることにより各画像の信号レベルを整える処理である。マトリクス処理は、オフセット処理をした画像の色再現性を高める処理であり、ガンマ変換処理は、マトリクス処理後の画像の明るさや彩度を整える処理である。デモザイク処理（等方化処理や同時化処理とも言う）は、欠落した画素の画素値を補間する処理であり、ガンマ変換処理後の画像に対して施す。欠落した画素とは、カラーフィルタの配列のため、イメージセンサ 4 8 において他の色の画素を配置しているために、画素値がない画素である。例えば、B 画像は B 画素において観察対象を撮影して得る画像なので、イメージセンサ 4 8 の G 画素や R 画素に対応する位置の画素には画素値がない。デモザイク処理は、B 画像を補間して、イメージセンサ 4 8 の G 画素及び R 画素の位置にある画素の画素値を生成する。Y C 変換処理は、デモザイク処理後の画像を、輝度チャンネル Y と色差チャンネル C b 及び色差チャンネル C r に変換する処理である。

【 0 0 4 4 】

ノイズ低減部 5 8 は、輝度チャンネル Y、色差チャンネル C b 及び色差チャンネル C r に対して、例えば、移動平均法またはメディアンフィルタ法等を用いてノイズ低減処理を施す。変換部 5 9 は、ノイズ低減処理後の輝度チャンネル Y、色差チャンネル C b 及び色差チャンネル C r を再び B G R の各色の画像に再変換する。

【 0 0 4 5 】

画像処理部 6 1 は、通常処理部 6 2 と、特殊処理部 6 3 と、キャリブレーション処理部 6 8 とを有する。通常処理部 6 2 は、通常モード時に作動し、上記各種処理を施した 1 撮影フレーム分の B c 画像、G c 画像、及び R c 画像に対して、色変換処理、色彩強調処理、及び構造強調処理を施し、通常画像を生成する。色変換処理は、B G R 各色の画像に対して 3 × 3 のマトリクス処理、階調変換処理、3 次元 L U T (ルックアップテーブル) 処理等を行う。色彩強調処理は、画像の色彩を強調する処理であり、構造強調処理は、例えば、血管やピットパターン等の観察対象の組織や構造を強調する処理である。表示制御部 6 6 は、通常処理部 6 2 から通常画像を順次取得し、取得した通常画像を表示に適した形式に変換してモニタ 1 8 に順次出力表示する。これにより、通常モードの場合、医師等は、通常画像の動画を用いて観察対象を観察できる。

【 0 0 4 6 】

特殊処理部 6 3 は酸素飽和度観察モード時に作動し、酸素飽和度の算出に必要な特定分光画像である B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、B 2 画像に加えて、キャリブレーションモードにて取得した第 1 補正パラメータ、及び、ホワイトバランス補正データに基づいて、酸素飽和度を算出する。また、特殊処理部 6 3 は、算出された酸素飽和度に応じて色付け処理等が施した酸素飽和度画像を作成する。

【 0 0 4 7 】

特殊処理部 6 3 は、図 8 に示すように、ホワイトバランス補正処理部 7 0、演算値算出部 7 1、補正量算出部 7 2、酸素飽和度算出部 7 3、及び、画像作成部 7 4 を備える。ホワイトバランス補正処理部 7 0 は、ホワイトバランス補正データ記憶メモリ 7 0 a に記憶されたホワイトバランス補正データを用いて、特定分光画像である B 1 画像、G 1 画像、

10

20

30

40

50

R 1 画像、及び B 2 画像に対して、ホワイトバランス補正処理を行う。ホワイトバランス補正データは、基準白色板 W P を撮像することにより得られ、内視鏡 1 2 と光源装置 1 4 との組み合わせによる分光画像の白色部分の違いを補正するためのデータである。ホワイトバランス補正データには、B 1 画像用ホワイトバランス補正データ N B 1、G 1 画像用ホワイトバランス補正データ N G 1、R 1 画像用ホワイトバランス補正データ N R 1、及び、B 2 画像用ホワイトバランス補正データ N B 2 が含まれる。

【 0 0 4 8 】

ホワイトバランス補正処理部 7 0 では、B 1 画像を B 1 画像用ホワイトバランス補正データ N B 1 で除することにより、ホワイトバランス補正済みの B 1 画像 ($B 1^* = B 1 / N B 1$) が得られる。同様にして、G 1 画像を G 1 画像用ホワイトバランス補正データ N G 1 で除することにより、ホワイトバランス補正済みの G 1 画像 ($G 1^* = G 1 / N G 1$) が得られる。また、R 1 画像を R 1 画像用ホワイトバランス補正データ N R 1 で除することにより、ホワイトバランス補正済みの R 1 画像 ($R 1^* = R 1 / N R 1$) が得られる。また、B 2 画像を B 2 画像用ホワイトバランス補正データ N B 2 で除することにより、ホワイトバランス補正済みの B 2 画像 ($B 2^* = B 2 / N B 2$) が得られる。

【 0 0 4 9 】

なお、光源部 2 0 の各半導体光源の波長変動に基づく特定分光画像の違いを補正するために、ホワイトバランス補正処理部 7 0 では、第 3 補正パラメータ $\Delta 3 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 3 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 3 (G)$ 、 $\Delta 3 (R)$ を用いて、ホワイトバランス補正済みの B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、B 2 画像 ($B 1^*$ 、 $G 1^*$ 、 $R 1^*$ 、 $B 2^*$) を更に補正することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

具体的には、ホワイトバランス補正済みの B 1 画像に対して、第 3 補正パラメータ $\Delta 3 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 3 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 3 (G)$ 、 $\Delta 3 (R)$ に基づく B 1 画像用補正係数 $\alpha (B 1)$ を掛け合わせることが好ましい ($B 1^* \times \alpha (B 1)$)。同様にして、ホワイトバランス補正済みの G 1 画像に対して、第 3 補正パラメータ $\Delta 3 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 3 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 3 (G)$ 、 $\Delta 3 (R)$ に基づく G 1 画像用補正係数 $\alpha (G 1)$ を掛け合わせることが好ましい ($G 1^* \times \alpha (G 1)$)。また、ホワイトバランス補正済みの R 1 画像に対して、第 3 補正パラメータ $\Delta 3 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 3 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 3 (G)$ 、 $\Delta 3 (R)$ に基づく R 1 画像用補正係数 $\alpha (R 1)$ を掛け合わせることが好ましい ($R 1^* \times \alpha (R 1)$)。また、ホワイトバランス補正済みの B 2 画像に対して、第 3 補正パラメータ $\Delta 3 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 3 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 3 (G)$ 、 $\Delta 3 (R)$ に基づく B 2 画像用補正係数 $\alpha (B 2)$ を掛け合わせることが好ましい ($B 2^* \times \alpha (B 2)$)。

【 0 0 5 1 】

演算値算出部 7 1 は、ホワイトバランス補正済みの特定分光画像である B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、B 2 画像 ($B 1^*$ 、 $G 1^*$ 、 $R 1^*$ 、 $B 2^*$ 、又は、 $B 1^* \times \alpha (B 1)$ 、 $G 1^* \times \alpha (G 1)$ 、 $R 1^* \times \alpha (R 1)$ 、 $B 2^* \times \alpha (B 2)$) に基づく演算処理によって、酸素飽和度の算出用の演算値を算出する。具体的には、演算値算出部 7 1 は、演算処理として、ホワイトバランス補正済みの R 1 画像をホワイトバランス補正済みの G 1 画像で除して対数化する演算を行うことによって、演算値として、信号比 $X (= \ln (R 1^* / G 1^*))$ を算出する。また、演算値算出部 7 1 は、演算処理として、ホワイトバランス補正済みの B 2 画像をホワイトバランス補正済みの G 1 画像で除して対数化する演算を行うことによって、演算値として、信号比 $Y (= \ln (B 2^* / G 1^*))$ を算出する。

【 0 0 5 2 】

補正量算出部 7 2 は、演算値である信号比 X 、 Y 、及び、第 1 補正パラメータに基づいて、信号比 X 、 Y を補正するための補正量を算出する。上記のようにホワイトバランス補正処理を行っているにも関わらず、信号比 X 、 Y を補正するのは、以下の理由からある。第 1 信号比及び第 2 信号比は、ホワイトバランス補正処理によって、白色部分では、内視鏡 1 2 及び光源装置 1 4 との組み合わせに関わらず、同じ値 (「 0 」) を示すが、白色部分以外の他の色の部分では補正されていない。他の色の部分で補正されていないと、酸素

10

20

30

40

50

飽和度を正確に算出することが難しい。

【 0 0 5 3 】

そこで、補正量算出部 7 2 では、光源装置 1 4 から、光源部 2 0 の各半導体光源の分光特性の違いを補正するための第 1 補正パラメータ $\Delta 1 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 1 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 1 (G)$ 、及び $\Delta 1 (R)$ を取得し、これら第 1 補正パラメータ $\Delta 1 (B 4 5 0)$ 、 $\Delta 1 (B 4 7 0)$ 、 $\Delta 1 (G)$ 、及び $\Delta 1 (R)$ を用いて、信号比 X 、 Y の補正量 ΔX 、 ΔY を算出する。具体的には、下記式 (1) に従って、補正量 ΔX 、 ΔY を算出する。

$$\text{式 (1) } \Delta X = M_{11} \times X + M_{12} \times Y$$

$$\Delta Y = M_{21} \times X + M_{22} \times Y$$

ただし、 M_{ij} はマトリックス係数であり、 $M_{ij} = b_{450_{ij}} \times \Delta 1 (B 4 5 0) + b_{470_{ij}} \times \Delta 1 (B 4 7 0) + g_{ij} \times \Delta 1 (G) + r_{ij} \times \Delta 1 (R)$ である。 $b_{450_{ij}}$ 、 $b_{470_{ij}}$ 、 g_{ij} 、 r_{ij} は、任意の係数である。なお、添え字の「 i 」は 1、2 であり、添え字の「 j 」は 1、2 である。

10

【 0 0 5 4 】

酸素飽和度算出部 7 3 は、補正量 ΔX 、 ΔY を用いて信号比 X 、 Y を補正し、補正後の信号比 X^* 、 Y^* に基づいて、酸素飽和度を算出する。具体的には、酸素飽和度算出部 7 3 は、下記式 (2) によって、補正後の信号比 X^* 、 Y^* を算出する。

$$\text{式 (2) } X^* = X + \Delta X$$

$$Y^* = Y + \Delta Y$$

酸素飽和度算出部 7 3 は、信号比 X 、 Y と酸素飽和度との相関関係を記憶した酸素飽和度用データ記憶部 7 3 a を参照して、補正後の X^* 、 Y^* に対応する酸素飽和度を画素毎に算出する。酸素飽和度用データ記憶部 7 3 a に記憶された相関関係は、図 9 に示すように、縦軸を信号比 Y とし、横軸を信号比 X とする特徴空間では、酸素飽和度が同じ値の点を結ぶ等値線が、ほぼ横方向に沿って形成される。また、等値線は、酸素飽和度が大きくなるほど縦軸方向の下方に位置する。例えば、酸素飽和度が 100 % の等値線 7 5 は、酸素飽和度が 0 % の等値線 7 6 よりも下方に位置する。

20

【 0 0 5 5 】

例えば、補正後の信号比 X^* 、 Y^* に対応する酸素飽和度は、酸素飽和度用データ記憶部 7 3 a が記憶する相関関係を参照すると「40 %」である。したがって、酸素飽和度算出部 7 0 は、補正後の信号比 X^* 、 Y^* に対応する画素の酸素飽和度を「40 %」と算出する。

30

【 0 0 5 6 】

画像作成部 7 4 は、酸素飽和度を用いて、酸素飽和度画像を作成する。具体的には、画像作成部 7 4 は、B 1 画像、G 1 画像、及び R 1 画像に基づいて通常画像を作成し、通常画像の色調を酸素飽和度に応じて変化させる。例えば、通常画像において、酸素飽和度が 70 % を超える画素については色調を変化させずにそのまま表示する一方、酸素飽和度が 70 % 以下の画素については色調を変化させて表示することが好ましい。色調を変化させる場合は、酸素飽和度が低くなる程、寒色系（例えば、青）の色に近づけることが好ましい。なお、画像作成部 7 4 では、通常画像を作成せずに、酸素飽和度と特定の色画像を用いて、酸素飽和度画像を作成してもよい。この場合、輝度チャンネル Y と色差チャンネル C_r 、 C_b を用いて酸素飽和度画像を作成することが好ましい。例えば、輝度チャンネル Y を G 1 画像信号に割り当て、色差チャンネル C_r 、 C_b については、酸素飽和度に応じて割り当てることが好ましい。

40

【 0 0 5 7 】

ホワイトバランス補正データを取得するキャリブレーションモードの一連の流れについて、図 10 のフローチャートに沿って説明する。内視鏡システム 10 の設置先の施設（病院など）において、キャリブレーションモードは実行される。まず、内視鏡 12 のモード切替スイッチ 13 a を操作して、キャリブレーションモードに切り替える。キャリブレーションモードに切り替えられると、白色光と酸素飽和度観察用照明光が交互に発光する。そして、図 11 に示すように、基準白色板 WP を有するキャリブレーション装置 80 に内

50

視鏡 12 を挿入する。内視鏡の先端部 12 d を基準白色板 W P に向けることによって、基準白色板 W P の撮像を行い、基準白色板 W P の撮影状態が一定条件を満たした場合に、基準白色板 W P の静止画を自動又は手動（フリーズスイッチ 13 b の操作）で取得する。基準白色板 W P の静止画は、キャリブレーション処理部 68 に送信される。

【0058】

基準白色板 W P の静止画には、白色光の分光画像である B 1 p 画像、G 1 p 画像、R 1 p 画像と、酸素飽和度観察用照明光の分光画像である B 2 p 画像、G 2 p 画像、R 2 p 画像とが含まれる。キャリブレーション処理部 68 では、基準白色板 W P の静止画のうち、B 1 p 画像、G 1 p 画像、R 1 p 画像、及び B 2 p 画像について、図 12 に示す矩形の補正データ取得領域 A R を設定し、補正データ取得領域 A R の画素値の平均値をそれぞれ算出する。これら、B 1 p 画像、G 1 p 画像、R 1 p 画像、及び B 2 p 画像の補正データ取得領域 A R の画素値の平均値を、ホワイトバランス補正データ N B 1、N G 1、N R 1、N B 2 とする。ホワイトバランス補正データは、ホワイトバランス補正データ記憶メモリ 70 a にそれぞれ格納される。なお、補正データ取得領域 A R の形状については、矩形の他、円状であってもよい。

10

【0059】

次に、酸素飽和度観察モードの一連の流れについて、図 13 のフローチャートに沿って説明する。内視鏡 12 のモード切替スイッチ 13 a を操作して、酸素飽和度観察モードに切り替える。酸素飽和度観察モードに切り替えられると、白色光と酸素飽和度観察用照明光が交互に発光する。白色光の撮像フレームの場合において、B 1 画像、G 1 画像、及び R 1 画像を取得する。酸素飽和度観察用照明光の撮像フレームにおいて、B 2 画像、G 2 画像、及び R 2 画像を取得する。B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、及び、B 2 画像が、酸素飽和度の算出に用いられる特定分光画像となる。

20

【0060】

ホワイトバランス補正処理部 70 において、特定分光画像である B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、及び、B 2 画像に対して、ホワイトバランス補正処理を行う。これにより、ホワイトバランス補正済みの B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、及び、B 2 画像が得られる。次に、演算値算出部 71 は、ホワイトバランス補正済みの B 1 画像、G 1 画像、R 1 画像、及び、B 2 画像に基づく演算処理によって、酸素飽和度算出用の演算値として、信号比 X、Y を算出する。

30

【0061】

補正量算出部 72 は、信号比 X、Y、及び、光源部 20 の半導体光源毎の分光特性の違いを補正するための第 1 補正パラメータに基づいて、信号比 X、Y を補正するための補正量 ΔX 、 ΔY を算出する。酸素飽和度算出部 73 は、補正量 ΔX 、 ΔY を用いて信号比 X、Y を補正し、補正後の信号比 X*、Y* に基づいて、酸素飽和度を算出する。画像作成部 74 は、算出された酸素飽和度を用いて、酸素飽和度画像を作成する。作成された酸素飽和度画像は、モニタ 18 に表示される。

【0062】

[第 2 実施形態]

第 2 実施形態では、第 1 補正パラメータに加えて、光源部 20 の各半導体光源と内視鏡 12 の組み合わせによって生じる演算値の違いを補正するための第 2 補正パラメータを用いて、信号比 X、Y の補正量を算出する。第 2 実施形態の酸素飽和度観察モードにおいては、白色光と酸素飽和度観察用照明光に加えて、第 2 補正パラメータを取得するための特定照明光を発光する。例えば、特定照明光としては、緑色光源 20 c から発する緑色光 G とすることが好ましい。この場合、図 14 に示すように、白色光、酸素飽和度観察用照明光、及び、緑色光を交互に発光することが好ましい。緑色光の撮像フレームにおいては、分光画像として、B 3 画像、G 3 画像、及び、R 3 画像が得られる。なお、B 3 画像、G 3 画像、及び、R 3 画像は、ホワイトバランス補正処理を行ってもよい。また、補正量の算出については、第 1 補正パラメータ、第 2 補正パラメータ、及び、第 3 補正パラメータに基づいて行ってもよい。また、補正量の算出については、第 1 補正パラメータ、第 2 補

40

50

正パラメータ、及び、第 3 補正パラメータのうち少なくともいずれかに基づいて行ってもよい。

【 0 0 6 3 】

第 2 実施形態の特殊処理部 6 3 には、第 2 補正パラメータを取得する第 2 補正パラメータ取得部 9 0 が設けられている。第 2 補正パラメータ取得部 9 0 は、図 1 6 に示すように、信号比 X、Y に関する基準の信号比 X s、Y s などを予め記憶する基準信号比記憶部 9 0 a と、第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b と、第 2 補正パラメータを算出する第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c とを備えている。

【 0 0 6 4 】

基準信号比記憶部 9 0 a には、基準の信号比 X s、Y s の他に、B 1 画像を G 1 画像で除して得られる信号比 Z 1 (= B 1 / G 1) に関する基準の信号比 Z 1 s、B 3 画像を G 1 画像で除して得られる信号比 Z 2 (= B 3 / G 1) に関する基準信号比 Z 2 s、G 3 画像を G 1 画像で除して得られる信号比 Z 3 (= G 3 / G 1) に関する基準信号比 Z 3 s、G 2 画像を G 1 画像で除して得られる信号比 Z 4 (= G 2 / G 1) に関する基準信号比 Z 4 s、及び、R 3 画像を G 1 画像で除して得られる信号比 Z 5 (= R 3 / G 1) に関する基準信号比 Z 5 s が含まれている。以上の信号比 Z 1 ~ Z 5 は、第 2 補正パラメータの算出に用いられる第 2 補正パラメータ算出用信号比である。

【 0 0 6 5 】

第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、第 2 補正パラメータ算出用信号比を算出する。即ち、第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、第 2 補正パラメータ算出用信号比として、B 1 画像と G 1 画像に基づいて、信号比 Z 1 を算出する。同様に、第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、B 3 画像と G 1 画像に基づいて、信号比 Z 2 を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、G 3 画像と G 1 画像に基づいて、信号比 Z 3 を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、G 2 画像と G 1 画像に基づいて、信号比 Z 4 を算出する。第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部 9 0 b は、R 3 画像と G 1 画像とに基づいて、信号比 Z 5 を算出する。

【 0 0 6 6 】

第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 X と基準信号比 X s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (X)$ を算出する。同様に、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Y と基準信号比 Y s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Y)$ を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Z 1 と基準信号比 Z 1 s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Z 1)$ を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Z 2 と基準信号比 Z 2 s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Z 2)$ を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Z 3 と基準信号比 Z 3 s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Z 3)$ を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Z 4 と基準信号比 Z 4 s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Z 4)$ を算出する。また、第 2 補正パラメータ算出部 9 0 c は、信号比 Z 5 と基準信号比 Z 5 s との差分により、第 2 補正パラメータ $\Delta 2 (Z 5)$ を算出する。

【 0 0 6 7 】

第 2 実施形態の補正量算出部 7 2 においても、第 1 実施形態と同様に、上記式 (1) により、信号比 X、Y の補正量 ΔX 、 ΔY を算出する。ただし、第 2 実施形態では、上記式 (1) のうち、マトリックス係数 M_i_j が第 1 実施形態と異なっている。第 2 実施形態のマトリックス係数 M_i_j は以下の通りである。なお、第 1 実施形態と同様、添え字の「 i 」は 1、2 であり、添え字の「 j 」は 1、2 である。

$$\begin{aligned} M_i_j = & b\ 4\ 5\ 0_i_j \times \Delta 1 (B\ 4\ 5\ 0) + b\ 4\ 7\ 0_ij \times \Delta 1 (B\ 4\ 7\ 0) + g_ij \\ & \times \Delta 1 (G) + r_ij \Delta 1 (R) \\ & + B\ 1_ij \times \Delta 2 (Z\ 1) + B\ 2_ij \times \Delta 2 (Y) + B\ 3_ij \times \Delta 2 (Z\ 2) \\ & + G\ 2_ij \times \Delta 2 (X) + G\ 3_ij \times \Delta 2 (Z\ 3) \\ & + R\ 2_ij \times \Delta 2 (Z\ 4) + R\ 3_ij \times \Delta 2 (Z\ 5) \end{aligned}$$

ただし、B 1、B 2、B 3、G 2、R 3、R 2、R 3 は、任意の係数である。

【0068】

なお、上記実施形態では、本発明の内視鏡システムとして、軟性鏡内視鏡である内視鏡12を用いる胸腔用内視鏡システムの例を説明しているが、本発明の内視鏡システムは、外科用の硬性内視鏡を用いる腹腔用内視鏡システムに対しても適用が可能である。

【0069】

上記において、第1補正パラメータ記憶メモリ23、第3補正パラメータ取得部24、画像取得部54、画像処理部61、通常処理部62、特殊処理部63、静止画保存制御部64、静止画保存部65、表示制御部66、キャリブレーション処理部68、ホワイトバランス補正処理部70、ホワイトバランス補正データ記憶メモリ70a、演算値算出部71、補正量算出部72、酸素飽和度算出部73、酸素飽和度用データ記憶部73a、画像作成部74、第2補正パラメータ取得部90、基準信号比記憶部90a、第2補正パラメータ算出用信号比算出部90b、第2補正パラメータ算出部90c等といった各種の処理を実行する処理部（processing unit）のハードウェア的な構造は、次に示すような各種のプロセッサ（processor）である。各種のプロセッサには、ソフトウェア（プログラム）を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU（Central Processing Unit）、FPGA（Field Programmable Gate Array）などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス（Programmable Logic Device: PLD）、各種の処理を実行するために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路（Graphical Processing Unit: GPU）などが含まれる。

【0070】

1つの処理部は、これら各種のプロセッサのうちの1つで構成されてもよいし、同種または異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ（例えば、複数のFPGAや、CPUとFPGAの組み合わせ、GPUとCPUの組み合わせ）で構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントやサーバなどのコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組み合わせで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ（System On Chip: SoC）などに代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC（Integrated Circuit）チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサを1つ以上用いて構成される。

【0071】

さらに、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた形態の電気回路（circuitry）である。また、記憶部のハードウェア的な構造はHDD（hard disc drive）やSSD（solid state drive）等の記憶装置である。

【符号の説明】

【0072】

10 内視鏡システム

12 内視鏡

12a 挿入部

12b 操作部

12c 湾曲部

12d 先端部

12e アンクルノブ

13a モード切替スイッチ

13b フリーズスイッチ

13c ズーム操作部

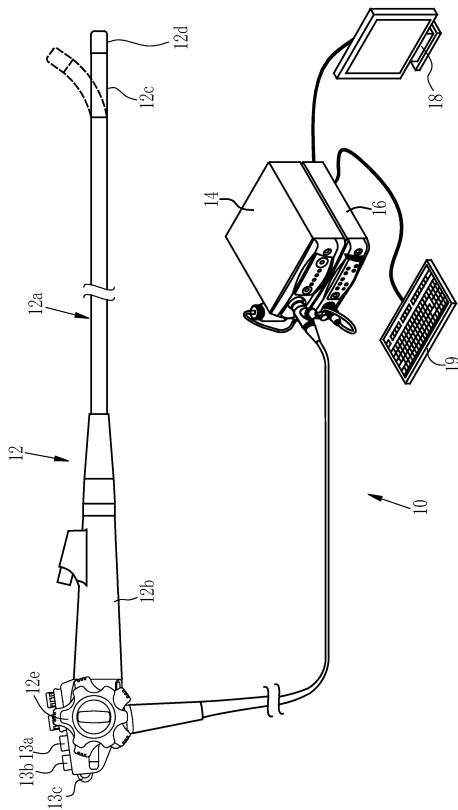
14 光源装置

1 6	プロセッサ装置	
1 8	モニタ	
1 9	ユーザーインターフェース	
2 0	光源部	
2 0 a	B S 光源	
2 0 b	B L 光源	
2 0 c	G 光源	
2 0 d	R 光源	
2 2	光源制御部	
2 3	第 1 補正パラメータ記憶メモリ	10
2 4	第 3 補正パラメータ取得部	
2 4 a	光量及び波長変動関係テーブル	
2 4 b	第 3 補正パラメータ算出部	
3 0 a	照明光学系	
3 0 b	撮像光学系	
4 1	ライトガイド	
4 5	照明レンズ	
4 6	対物レンズ	
4 7	ズームレンズ	
4 8	イメージセンサ	20
5 2	統括制御部	
5 4	画像取得部	
5 6	D S P	
5 8	ノイズ低減部	
5 9	変換部	
6 1	画像処理部	
6 2	通常処理部	
6 3	特殊処理部	
6 4	静止画保存制御部	
6 5	静止画保存部	30
6 6	表示制御部	
6 8	キャリブレーション処理部	
7 0	ホワイトバランス補正処理部	
7 0 a	ホワイトバランス補正データ記憶メモリ	
7 1	演算値算出部	
7 2	補正量算出部	
7 3	酸素飽和度算出部	
7 3 a	酸素飽和度用データ記憶部	
7 4	画像作成部	
7 5	1 0 0 % の等値線	40
7 6	0 % の等値線	
8 0	キャリブレーション装置	
9 0	第 2 補正パラメータ取得部	
9 0 a	基準信号比記憶部	
9 0 b	第 2 補正パラメータ算出用信号比算出部	
9 0 c	第 2 補正パラメータ算出部	
C B S	第 1 青色光のピーク波長	
C B L	第 2 青色光のピーク波長	
C G	緑色光のピーク波長	
C R	赤色光のピーク波長	50

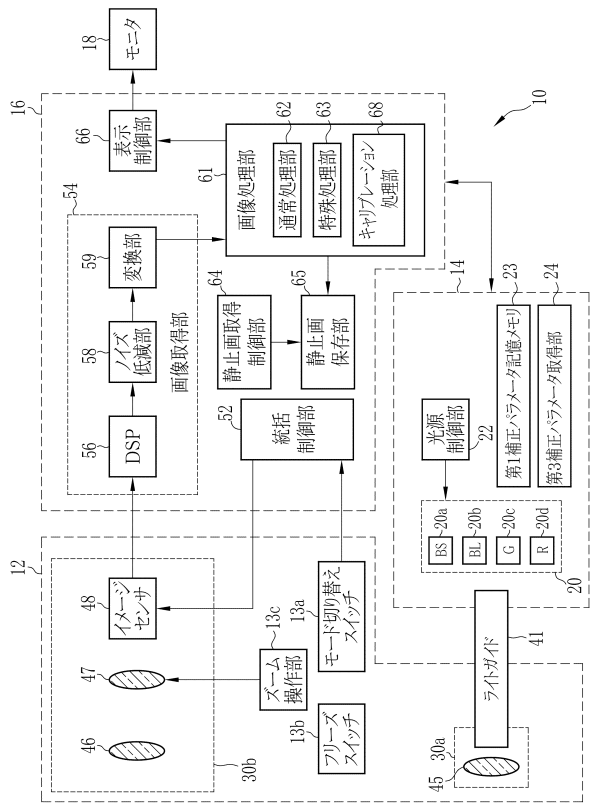
B F 青色カラーフィルタ
G F 緑色カラーフィルタ
R F 赤色カラーフィルタ
W P 基準白色板
A R 補正データ取得領域

【図面】

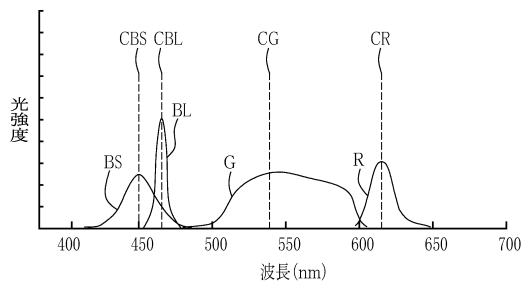
【図 1】



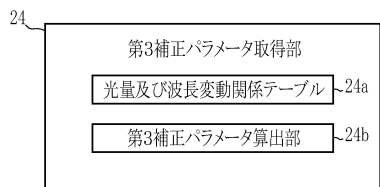
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

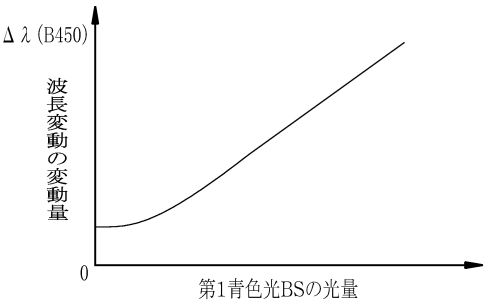
20

30

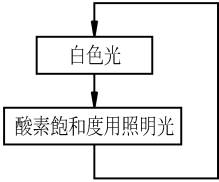
40

50

【図 5】

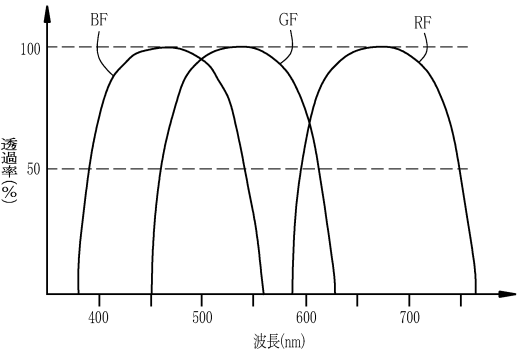


【図 6】

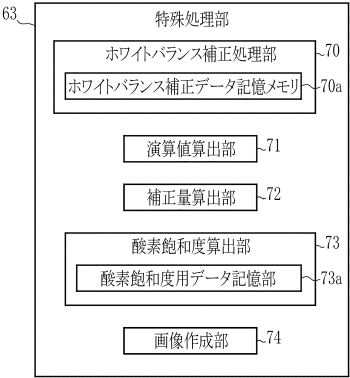


10

【図 7】



【図 8】



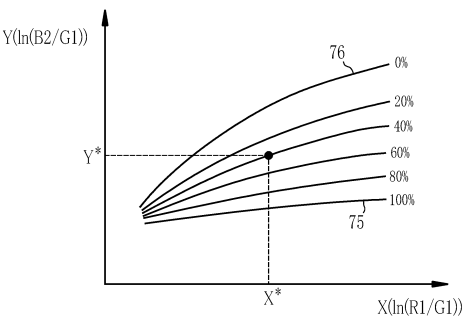
20

30

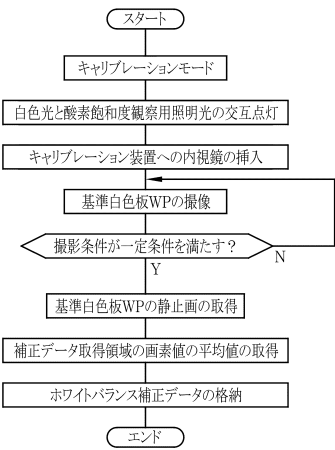
40

50

【図 9】

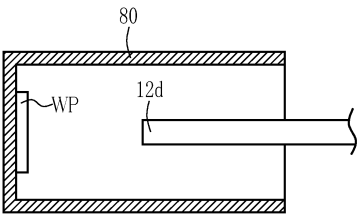


【図 10】

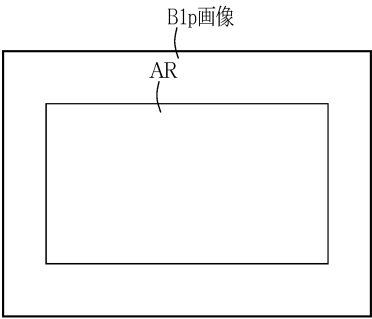


10

【図 11】



【図 12】



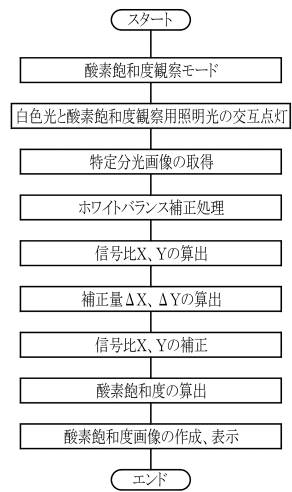
20

30

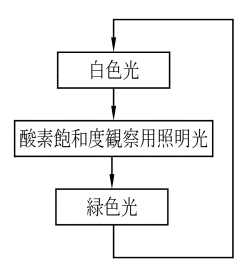
40

50

【図 1 3】

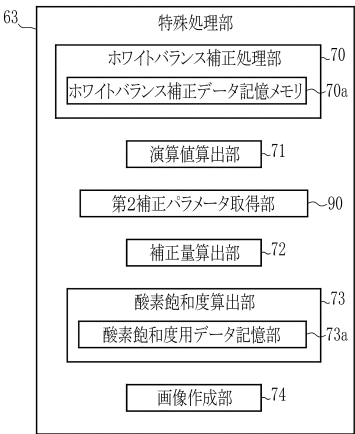


【図 1 4】

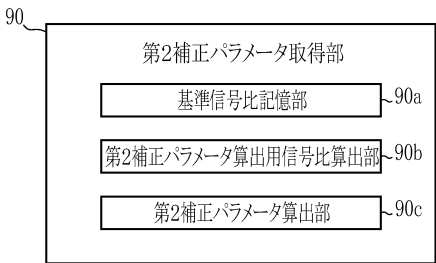


10

【図 1 5】



【図 1 6】



20

30

40

50

(56)参考文献

特開 2017 - 164021 (JP, A)
 國際公開第 2018 / 230418 (WO, A1)
 特開 2019 - 041946 (JP, A)
 特開 2019 - 136412 (JP, A)
 特開 2012 - 213612 (JP, A)
 特開 2019 - 041947 (JP, A)
 特開 2015 - 061569 (JP, A)
 國際公開第 2018 / 131631 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

A 6 1 B 1 / 0 0 - 1 / 3 2