(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2020-931
(P2020-931A)
(43)公開日　令和2年1月9日(2020.1.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
A61B 1/06	(2006.01)	A61B	1/06	610	4C161

審査請求 有　請求項の数 11　ＯＬ　（全 33 頁）

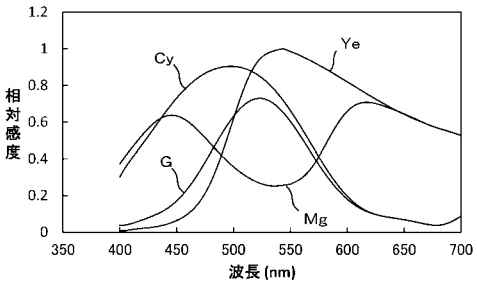
(21)出願番号　特願2019-186119(P2019-186119)
(22)出願日　令和1年10月9日(2019.10.9)
(62)分割の表示　特願2018-216972(P2018-216972)の分割
原出願日　平成27年6月30日(2015.6.30)

(71)出願人　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　110001988
特許業務法人小林国際特許事務所
(72)発明者　大谷　健一
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
(72)発明者　杉崎　誠
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

Ｆターム(参考)　4C161 CC06 JJ11 LL02 QQ07 RR02 RR22 RR23 TT03

(54)【発明の名称】内視鏡システム及び内視鏡システムの作動方法

(57)【要約】
【課題】互いに異なる色の光を独立して発光する複数の光源を用いて連続スペクトル光を照明光に用いた場合とほぼ同様に観察対象を観察可能にする内視鏡システム及び内視鏡システムの作動方法を提供する。
【解決手段】Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、Ｒ光を、Ｃｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、Ｇ画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値と光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒとに基づいて算出される値を、キセノンランプの連続スペクトル光２６を、Ｃｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、Ｇ画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる。
【選択図】図１４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、前記複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、
異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、
前記複数の光源を制御し、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる光源制御部とを備え、
前記光源制御部は、
前記Ｖ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＶｃｙ、Ｖｍｇ、Ｖｙｅ、及びＶｇとし、前記Ｂ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｃｙ、Ｂｍｇ、Ｂｙｅ、及びＢｇとし、前記Ｇ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｃｙ、Ｇｍｇ、Ｇｙｅ、及びＧｇとし、前記Ｒ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｃｙ、Ｒｍｇ、Ｒｙｅ、及びＲｇとし、前記連続スペクトル光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＸｃｙ、Ｘｍｇ、Ｘｙｅ、及びＸｇとした場合において、下記式４を満たすように、前記Ｖ光、前記Ｂ光、前記Ｇ光、及び前記Ｒ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出する内視鏡システム。
【数４】

$$\begin{pmatrix} Xcy \\ Xmg \\ Xye \\ Xg \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vcy \\ Vmg \\ Vye \\ Vg \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bcy \\ Bmg \\ Bye \\ Bg \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gcy \\ Gmg \\ Gye \\ Gg \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rcy \\ Rmg \\ Rye \\ Rg \end{pmatrix}$$

【請求項２】
第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、第３波長帯域の緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、第４波長帯域の赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、前記複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、
異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、
前記複数の光源を制御し、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる光源制御部とを備え、
前記光源制御部は、
前記撮像センサについて、前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素の感度を波長毎に合算した総合感度Ｓｕｍのカラーフィルタを有するＳ画素とみなした場合おいて、前記Ｖ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前

記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＶＳ１、ＶＳ２、ＶＳ３、ＶＳ４とし、前記Ｂ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＢＳ１、ＢＳ２、ＢＳ３、ＢＳ４とし、前記Ｇ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、ＧＳ４とし、前記Ｒ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、ＲＳ４とし、前記連続スペクトル光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、ＸＳ４とした場合において、下記式５を満たすように、前記Ｖ光、前記Ｂ光、前記Ｇ光、及び前記Ｒ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出する内視鏡システム。

【数５】

$$\begin{pmatrix} XS1 \\ XS2 \\ XS3 \\ XS4 \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} VS1 \\ VS2 \\ VS3 \\ VS4 \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} BS1 \\ BS2 \\ BS3 \\ BS4 \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} GS1 \\ GS2 \\ GS3 \\ GS4 \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \\ RS4 \end{pmatrix}$$

【請求項３】

観察対象の種類毎に前記光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを記憶する光量比記憶部を備え、

前記光源制御部は、前記観察対象の種類毎の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒのなかから光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを選択する請求項１または２項に記載の内視鏡システム。

【請求項４】

前記複数の光源が発する光量をそれぞれ検出する光量検出部を備え、

前記光源制御部は、前記光量検出部による検出結果を用いて、前記複数の光源のうち、前記第１多色スペクトル光を形成する光量の指定値に対して、光量の不足が最も大きい最劣化光源の光量に合わせて、残りの光源の光量を設定する請求項１～３のいずれか１項に記載の内視鏡システム。

【請求項５】

前記光量検出部は、前記複数の光源が発光している間、前記複数の光源が発光する光の検出を繰り返し行う請求項４に記載の内視鏡システム。

【請求項６】

前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、前記連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する検証部を備える請求項１～５のいずれか１項に記載の内視鏡システム。

【請求項７】

前記複数の光源が発する光量をそれぞれ検出する光量検出部を備え、

前記検証部は、前記光量検出部による検出結果を用いて、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、前記連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する請求項６に記載の内視鏡システム。

【請求項８】

前記検証部は、前記撮像センサの出力を用いて、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、前記連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する請求項６に記載の内視鏡システム。

【請求項９】

前記光源制御部は、前記検証部による検証結果を用いて前記複数の光源を制御する請求項６～８のいずれか１項に記載の内視鏡システム。

【請求項１０】

第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、前記複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、を有する内視鏡システムの作動方法において、

光源制御部が、前記複数の光源を制御し、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させるステップであって、

前記光源制御部は、

前記Ｖ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＶｃｙ、Ｖｍｇ、Ｖｙｅ、及びＶｇとし、前記Ｂ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｃｙ、Ｂｍｇ、Ｂｙｅ、及びＢｇとし、前記Ｇ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｃｙ、Ｇｍｇ、Ｇｙｅ、及びＧｇとし、前記Ｒ光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｃｙ、Ｒｍｇ、Ｒｙｅ、及びＲｇとし、前記連続スペクトル光を前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＸｃｙ、Ｘｍｇ、Ｘｙｅ、及びＸｇとした場合において、下記式４を満たすように、前記Ｖ光、前記Ｂ光、前記Ｇ光、及び前記Ｒ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出するステップを有する内視鏡システムの作動方法。

【数４】

$$\begin{pmatrix} Xcy \\ Xmg \\ Xye \\ Xg \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vcy \\ Vmg \\ Vye \\ Vg \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bcy \\ Bmg \\ Bye \\ Bg \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gcy \\ Gmg \\ Gye \\ Gg \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rcy \\ Rmg \\ Rye \\ Rg \end{pmatrix}$$

【請求項１１】

第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、第３波長帯域の緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、第４波長帯域の赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、前記複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、を備える内視鏡システムの作動方法において、

光源制御部が、前記複数の光源を制御し、前記第１多色スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれ

ぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させるステップであって、

前記光源制御部は、

前記撮像センサについて、前記Ｃｙ画素、前記Ｍｇ画素、前記Ｙｅ画素、及び前記Ｇ画素の感度を波長毎に合算した総合感度Ｓｕｍのカラーフィルタを有するＳ画素とみなした場合おいて、前記Ｖ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＶＳ１、ＶＳ２、ＶＳ３、ＶＳ４とし、前記Ｂ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＢＳ１、ＢＳ２、ＢＳ３、ＢＳ４とし、前記Ｇ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、ＧＳ４とし、前記Ｒ光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、ＲＳ４とし、前記連続スペクトル光の分光スペクトルを前記Ｓ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を前記第１波長帯域、前記第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、ＸＳ４とした場合において、下記式５を満たすように、前記Ｖ光、前記Ｂ光、前記Ｇ光、及び前記Ｒ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出するステップを有する内視鏡システムの作動方法。

【数５】

$$\begin{pmatrix} XS1 \\ XS2 \\ XS3 \\ XS4 \end{pmatrix} = Cv \begin{pmatrix} VS1 \\ VS2 \\ VS3 \\ VS4 \end{pmatrix} + Cb \begin{pmatrix} BS1 \\ BS2 \\ BS3 \\ BS4 \end{pmatrix} + Cg \begin{pmatrix} GS1 \\ GS2 \\ GS3 \\ GS4 \end{pmatrix} + Cr \begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \\ RS4 \end{pmatrix}$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、観察対象に照射する照明光を複数の光源を用いて形成する内視鏡システム及び内視鏡システムの作動方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

医療分野においては、内視鏡光源装置、内視鏡、及びプロセッサ装置を備える内視鏡システムを用いた診断が広く行われている。内視鏡光源装置は、体腔の粘膜等の観察対象に照射する光（以下、照明光という）を発生する装置である。内視鏡光源装置には、従来、キセノンランプ等の広帯域な連続スペクトルを有する光（以下、連続スペクトル光という）を発する光源が用いられてきたが、近年では、キセノンランプ等の広帯域光源の代わりに、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）等の半導体光源が用いられつつある。光源に半導体光源を用いる場合には、例えば、青色ＬＥＤ、緑色ＬＥＤ、及び赤色ＬＥＤなどの互いに異なる色の光を発光する複数の半導体光源を組み合わせて用いることにより、これらの光を重ね合わせた分光スペクトルを有する光（以下、多色スペクトル光という）が照明光になる。

【０００３】

例えば、特許文献１の内視鏡システムは、内視鏡光源装置に４個の独立制御可能な半導体光源を搭載し、各々の発光量を制御することで照明光の分光スペクトル（波長毎の光量分布）を調整することで、取得したい画像特性に応じた最適な特性を有する照明光を観察

対象に照射できるようにしている。具体的には、明るさに対するダイナミックレンジの大きな画像、色温度が低い画像、色温度が高い画像、及び特殊な狭帯域波長を狭いエリアに照射した場合の画像を得るために、それぞれ照明光の分光スペクトル等を調節している。

【０００４】

また、特許文献２の内視鏡システムは、複数の独立制御可能な半導体光源を搭載しており、内視鏡の機種を識別し、内視鏡の機種に応じて各半導体光源の駆動条件を設定している。具体的には、機種によって照明光を伝搬するためのライトガイドの光透過特性が異なるので、内視鏡の機種を識別して、ライトガイドの光透過特性に応じた各半導体光源の光量比を設定している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０１３－２５５６５５号公報

【特許文献２】特開２０１３－２０２１６６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上記のように、内視鏡システムで用いる照明光は、従来のキセノンランプ等による連続スペクトル光から、複数の半導体光源による多色スペクトル光になりつつあるが、連続スペクトル光と多色スペクトル光とでは、それぞれ分光スペクトルが異なっているので、連続スペクトル光を照射して撮像した観察対象の画像と、多色スペクトル光を照射して撮像した観察対象の画像とでは、同じ観察対象であっても見え方が異なる場合がある。連続スペクトル光を照明光に用いる場合と、多色スペクトル光を照明光に用いる場合とでの観察対象の見え方の違いは一概にどちらが優れているとは言えないが、複数の半導体光源が独立制御可能であり、観察対象等に応じて分光スペクトルを調節できる分、多色スペクトル光を照明光に用いる場合の方が柔軟に観察できる利点がある。

【０００７】

一方、内視鏡システムでは、キセノンランプ等による連続スペクトル光を照明光として用いてきた期間が長いので、多くの医師はキセノンランプ等による連続スペクトル光を照射した場合の観察対象の見え方に慣れている。このため、複数の半導体光源による多色スペクトル光を照明光に用いる場合でも従前のキセノンランプ等による連続スペクトル光を照明光に用いた場合と同様に観察できるようにしておくことが望まれている。また、過去の症例として蓄積されている内視鏡画像の多くも、キセノンランプ等による連続スペクトル光によって撮影されているので、複数の半導体光源による多色スペクトル光を照明光に用いる場合でも、過去の症例と単純に比較しやすくするために、連続スペクトル光を照明光に用いた場合と同様の内視鏡画像を得られるようにしておくことが望まれている。

【０００８】

上記の要望に応えるためには、複数の半導体光源で連続スペクトル光の分光スペクトルを再現できれば良いが、実際には、複数の半導体光源で連続スペクトル光の分光スペクトルを完全に再現することはできない。例えば、中心波長から離れた波長ほど光量が小さくなる青色ＬＥＤ及び緑色ＬＥＤを光源として用いる場合、これらの中間色（青色と緑色の中間付近の波長）の光量は、青色ＬＥＤと緑色ＬＥＤの光量を調節しただけでは変化し難く、青色ＬＥＤ及び緑色ＬＥＤの各中心波長を連続スペクトル光の光量に近づけると、青色と緑色の中間色の光量は連続スペクトル光の光量を大幅に下回る。逆に、青色と緑色の中間色の光量を連続スペクトル光に近づけるために青色ＬＥＤと緑色ＬＥＤの光量を増大させると、青色ＬＥＤの中心波長付近の色や緑色ＬＥＤの中心波長の色では連続スペクトル光の光量を大幅に超過してしまう。

【０００９】

本発明は、互いに異なる色の光を独立して発光する複数の光源を用いて、これらの光を重ね合わせた多色スペクトル光を照明光として用いる場合でも、連続スペクトル光を照明

光に用いた場合とほぼ同様に観察対象を観察可能にする内視鏡システム及び内視鏡システム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、第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、複数の光源を制御し、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる光源制御部とを備え、光源制御部は、Ｖ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＶｃｙ、Ｖｍｇ、Ｖｙｅ、及びＶｇとし、Ｂ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｃｙ、Ｂｍｇ、Ｂｙｅ、及びＢｇとし、Ｇ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｃｙ、Ｇｍｇ、Ｇｙｅ、及びＧｇとし、Ｒ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｃｙ、Ｒｍｇ、Ｒｙｅ、及びＲｇとし、連続スペクトル光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＸｃｙ、Ｘｍｇ、Ｘｙｅ、及びＸｇとした場合において、下記式４を満たすように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出する内視鏡システム。

【００１１】

【数４】

$$\begin{pmatrix} Xcy \\ Xmg \\ Xye \\ Xg \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vcy \\ Vmg \\ Vye \\ Vg \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bcy \\ Bmg \\ Bye \\ Bg \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gcy \\ Gmg \\ Gye \\ Gg \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rcy \\ Rmg \\ Rye \\ Rg \end{pmatrix}$$

第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、第３波長帯域の緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、第４波長帯域の赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、複数の光源を制御し、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる光源制御部とを備え、光源制御部は、撮像センサについて、Ｃｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素の感度を波長毎に合算した総合感度Ｓｕｍのカラーフィルタを有するＳ画素とみなした場合おいて、Ｖ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＶＳ１、ＶＳ２、ＶＳ３、ＶＳ４とし、Ｂ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＢＳ

１、ＢＳ２、ＢＳ３、ＢＳ４とし、Ｇ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、前記第３波長帯域、及び前記第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、ＧＳ４とし、Ｒ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、ＲＳ４とし、連続スペクトル光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、ＸＳ４とした場合において、下記式５を満たすように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出する内視鏡システム。

【００１２】

【数５】

$$\begin{pmatrix} XS1 \\ XS2 \\ XS3 \\ XS4 \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} VS1 \\ VS2 \\ VS3 \\ VS4 \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} BS1 \\ BS2 \\ BS3 \\ BS4 \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} GS1 \\ GS2 \\ GS3 \\ GS4 \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \\ RS4 \end{pmatrix}$$

観察対象の種類毎に光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを記憶する光量比記憶部を備え、光源制御部は、観察対象の種類毎の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒのなかから光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを選択することが好ましい。複数の光源が発する光量をそれぞれ検出する光量検出部を備え、光源制御部は、光量検出部による検出結果を用いて、複数の光源のうち、第１多色スペクトル光を形成する光量の指定値に対して、光量の不足が最も大きい最劣化光源の光量に合わせて、残りの光源の光量を設定することが好ましい。光量検出部は、複数の光源が発光している間、複数の光源が発光する光の検出を繰り返し行うことが好ましい。

【００１３】

第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する検証部を備えることが好ましい。複数の光源が発する光量をそれぞれ検出する光量検出部を備え、検証部は、光量検出部による検出結果を用いて、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証することが好ましい。検証部は、撮像センサの出力を用いて、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証することが好ましい。光源制御部は、検証部による検証結果を用いて複数の光源を制御することが好ましい。

【００１４】

本発明は、第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、を有する内視鏡システムの作動方法において、光源制御部が、複数の光源を制御し、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を前記複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させるステップであって、光源制御部は、Ｖ光をＣｙ

画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＶｃｙ、Ｖｍｇ、Ｖｙｅ、及びＶｇとし、Ｂ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｃｙ、Ｂｍｇ、Ｂｙｅ、及びＢｇとし、Ｇ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｃｙ、Ｇｍｇ、Ｇｙｅ、及びＧｇとし、Ｒ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｃｙ、Ｒｍｇ、Ｒｙｅ、及びＲｇとし、連続スペクトル光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＸｃｙ、Ｘｍｇ、Ｘｙｅ、及びＸｇとした場合において、下記式４を満たすように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出するステップを有する。

【００１５】

【数４】

$$\begin{pmatrix} Xcy \\ Xmg \\ Xye \\ Xg \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vcy \\ Vmg \\ Vye \\ Vg \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bcy \\ Bmg \\ Bye \\ Bg \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gcy \\ Gmg \\ Gye \\ Gg \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rcy \\ Rmg \\ Rye \\ Rg \end{pmatrix}$$

本発明は、第１波長帯域の紫色光であるＶ光を発する紫色光源、第２波長帯域の青色光であるＢ光を発する青色光源、第３波長帯域の緑色光であるＧ光を発する緑色光源、及び、第４波長帯域の赤色光であるＲ光を発する赤色光源を有する複数の光源を有し、複数の光源が発光する光を重ね合わせた第１多色スペクトルを有する第１多色スペクトル光を発する光源部と、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する撮像センサであって、シアンに感度を有するＣｙ画素と、マゼンタに感度を有するＭｇ画素と、イエローに感度を有するＹｅ画素と、グリーンに感度を有するＧ画素とを有する撮像センサと、を備える内視鏡システムの作動方法において、光源制御部が、複数の光源を制御し、第１多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、キセノンランプ、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤが発光する白色光である連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させるステップであって、光源制御部は、撮像センサについて、Ｃｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素の感度を波長毎に合算した総合感度Ｓｕｍのカラーフィルタを有するＳ画素とみなした場合おいて、Ｖ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＶＳ１、ＶＳ２、ＶＳ３、ＶＳ４とし、Ｂ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＢＳ１、ＢＳ２、ＢＳ３、ＢＳ４とし、Ｇ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、ＧＳ４とし、Ｒ光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、ＲＳ４とし、連続スペクトル光の分光スペクトルをＳ画素の総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域、第２波長帯域、第３波長帯域、及び第４波長帯域の範囲でそれぞれ積分することにより得られる光量積分値をＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、ＸＳ４とした場合において、下記式５を満たすように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出するステップを有する。

【００１６】

【数５】

$$\begin{pmatrix} XS1 \\ XS2 \\ XS3 \\ XS4 \end{pmatrix} = Cv \begin{pmatrix} VS1 \\ VS2 \\ VS3 \\ VS4 \end{pmatrix} + Cb \begin{pmatrix} BS1 \\ BS2 \\ BS3 \\ BS4 \end{pmatrix} + Cg \begin{pmatrix} GS1 \\ GS2 \\ GS3 \\ GS4 \end{pmatrix} + Cr \begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \\ RS4 \end{pmatrix}$$

【発明の効果】

【００１７】

本発明の内視鏡システム及び内視鏡システムの作動方法は、複数の光源が発光する光を重ね合わせた多色スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、白色光源が発光する光の少なくとも一部の波長帯域を有する連続スペクトル光を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させることにより、多色スペクトル光を照明光として用いる場合でも、連続スペクトル光を照明光に用いた場合とほぼ同様に観察対象を観察可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】内視鏡システムの外観図である。

【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】多色スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図４】キセノンランプが発する連続スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図５】カラーフィルタの分光スペクトルを示すグラフである。

【図６】Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光とキセノンランプが発する連続スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図７】第１多色スペクトル光のＶ光とＢ光のバランスを示すグラフである。

【図８】食道の反射率を示すグラフである。

【図９】Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の戻り光を示すグラフである。

【図１０】キセノンランプの連続スペクトル光の戻り光を示すグラフである。

【図１１】食道の反射率を考慮した第１多色スペクトル光を示すグラフである。

【図１２】食道、胃、及び大腸の反射率を示すグラフである。

【図１３】観察対象の種類に対応して第１多色スペクトル光を形成する各色光の光量比を変える内視鏡システムのブロック図である。

【図１４】補色系カラーフィルタの分光スペクトルを示すグラフである。

【図１５】補色系カラーフィルタの総合感度を示すグラフである。

【図１６】補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を示すグラフである。

【図１７】第２多色スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図１８】内視鏡の機種によって第１多色スペクトル光と第２多色スペクトル光を切り替える内視鏡システムのブロック図である。

【図１９】内視鏡の機種によって第１多色スペクトル光と第２多色スペクトル光を切り替える内視鏡システムのブロック図である。

【図２０】半導体光源の経時劣化を示すグラフである。

【図２１】半導体光源の経時劣化に対応した第１多色スペクトル光を発光する内視鏡システムのブロック図である。

【図２２】半導体光源が経時劣化した場合の第１多色スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図２３】最も経時劣化した光源に合わせて光量を調節した第１多色スペクトル光の分光スペクトルを示すグラフである。

【図２４】検証部を有する内視鏡システムのブロック図である。

【図２５】検証部を有する内視鏡システムのブロック図である。
【図２６】帯域制限部を設けた内視鏡システムのブロック図である。
【図２７】カプセル内視鏡の概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
［第１実施形態］
図１に示すように、内視鏡システム１０は、内視鏡１２と、内視鏡光源装置１４と、プロセッサ装置１６と、モニタ１８と、コンソール１９とを有する。内視鏡１２は内視鏡光源装置１４と光学的に接続されるとともに、プロセッサ装置１６と電気的に接続される。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及び先端部１２ｄ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は湾曲動作する。この湾曲動作によって、先端部１２ｄが所望の方向に向けられる。また、操作部１２ｂには、アングルノブ１２ｅの他、ズーム操作部１３等が設けられている。
【００２０】
プロセッサ装置１６は、モニタ１８及びコンソール１９と電気的に接続される。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。コンソール１９は、機能設定等の入力操作を受け付ける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。
【００２１】
図２に示すように、内視鏡光源装置１４は、観察対象に照射する照明光を発生する装置であり、複数の光源を有する光源部２０と、光源部２０の各光源を制御する光源制御部２２と、光源部２０が発する光の光路を結合する光路結合部２３とを備えている。
【００２２】
光源部２０は、紫色ＬＥＤ（以下、Ｖ－ＬＥＤ（Violet Light Emitting Diode）という）２０ａ、青色ＬＥＤ（以下、Ｂ－ＬＥＤ（Blue Light Emitting Diode）という）２０ｂ、緑色ＬＥＤ（以下、Ｇ－ＬＥＤ（Green Light Emitting Diode）という）２０ｃ、及び、赤色ＬＥＤ（以下、Ｒ－ＬＥＤ（Red Light Emitting Diode）という）２０ｄの４色のＬＥＤを有する。
【００２３】
図３に示すように、Ｖ－ＬＥＤ２０ａは、中心波長４０５ｎｍ、波長帯域３８０～４２０ｎｍの紫色光（以下、Ｖ光という）を発光する紫色光源である。Ｂ－ＬＥＤ２０ｂは、中心波長４５０ｎｍ、波長帯域４２０～４９０ｎｍの青色光（以下、Ｂ光という）を発する青色光源である。Ｇ－ＬＥＤ２０ｃは、中心波長が５２４ｎｍ～５２５ｎｍ、波長帯域が４８０ｎｍ～５９０ｎｍの緑色光（以下、Ｇ光という）を発する緑色光源である。Ｒ－ＬＥＤ２０ｄは、中心波長が６２８～６２９ｎｍであり、波長帯域が５８０～７００ｎｍの赤色光（以下、Ｒ光という）を発光する赤色光源である。なお、これらの各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの中心波長は±５ｎｍから±１０ｎｍ程度の幅を有する。
【００２４】
光源部２０は、これらの互いに異なる色の光を独立して発光する複数の光源によって、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光を重ね合わせた多色スペクトルを有する多色スペクトル光を発する。Ｖ－ＬＥＤ２０ａの波長帯域とＢ－ＬＥＤ２０ｂの波長帯域には重複があり、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂの波長帯域とＧ－ＬＥＤ２０ｃの波長帯域にも重複があり、かつ、Ｇ－ＬＥＤ２０ｃの波長帯域とＲ－ＬＥＤ２０ｄの波長帯域にも重複がある。また、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの発光量（以下、単に光量という）はそれぞれ独立に制御可能であるため、多色スペクトル光の分光スペクトルは、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの光量を変えることによって変化させることができる。本実施形態では、光源部２０は、図４に示す従来の内視鏡システムが用いてきたキセノンランプが発する白色光の広帯域な連続スペクトル光２６を照明光として用いて観察する場合を模倣する特定のバランスで、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及び

Ｒ光を発光する。このキセノンエミュレートモードで光源部２０が発する多色スペクトル光を、以下では第１多色スペクトル光という。図３に示す分光スペクトルを有する多色スペクトル光が、本実施形態の第１多色スペクトル光２５であり、第１多色スペクトル光２５の分光スペクトルが第１多色スペクトルである。

【００２５】

光源制御部２２は、光源部２０が有する各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの駆動電流や駆動電圧、駆動電流または駆動電圧を各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄにパルス入力する際のパルス幅やパルス長等を個別に制御することによって、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄが発する各光の発光タイミングや光量を制御する。本実施形態では、光源部２０から第１多色スペクトル光２５を発光する場合、光源制御部２２は、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄを同時に点灯し、かつ、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの発光量の比（以下、光量比という）を制御する。そして、光源制御部２２は、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの光量比を制御することで、第１多色スペクトル光２５を撮像センサ４８の複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率を、連続スペクトル光２６を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させる。

【００２６】

光量積分値とは、撮像センサ４８が複数色の各画素で光電変換して得る信号電荷の量である。このため、撮像センサ４８の機種や設定等によっては、複数色の各画素で異なるゲインをかけて信号電荷の読み出しを行って画像信号を出力するが、光量積分値は撮像センサ４８が信号電荷の読み出し時にかけるゲインの値には依存しない。また、光量積分値は、プロセッサ装置１６が画像信号に対して行う信号処理の内容にも依存しない。本実施形態では、光量積分値は、光源部２０が発する第１多色スペクトル光（あるいはキセノンランプの連続スペクトル光２６）の分光スペクトルと、撮像センサ４８のカラーフィルタの分光スペクトルの波長毎の積を、カラーフィルタの波長帯域毎に積分して算出する。

【００２７】

連続スペクトルとは白色光源が発光する光の少なくとも一部の波長帯域を有する光の分光スペクトルであり、連続スペクトル光とは連続スペクトルを有する光である。白色光源とは、１つの光源から可視光域（例えば４００ｎｍから７００ｎｍ）にわたってなだらかな分布の光を出す光源である。より具体的には、白色光源とは、キセノンランプや、ハロゲンランプ、または白色ＬＥＤ等である。また、白色光源が発光する光の少なくとも一部の波長帯域を有する光とは、白色光源が発光する光からカラーフィルタ等によって抽出した光をいう。

【００２８】

多色スペクトルとは、複数の光源がそれぞれ発光する光の分光スペクトルを重ね合わせて得る１つの分光スペクトルであり、複数の光源が発光する光を重ね合わせた光が多色スペクトル光である。広帯域とは、光源部２０で用いる複数の光源（ＬＥＤ２０ａ～２０ｄ）のうち少なくとも１個の光源が発光する光の波長帯域よりも波長帯域が広いことを表す。キセノンランプの白色光は、ＬＥＤ２０ａが発光するＶ光の波長帯域（紫色波長帯域）、ＬＥＤ２０ｂが発光するＢ光の波長帯域（青色波長帯域）、ＬＥＤ２０ｃが発光するＧ光の波長帯域（緑色波長帯域）、及び、ＬＥＤ２０ｄが発光するＲ光の波長帯域（赤色波長帯域）の各波長帯域よりも波長帯域が広く、これら全ての波長帯域（波長３５０ｎｍ以上７００ｎｍ未満）の各波長の成分を含み、かつ、可視光域にわたってなだらかな分布を有する光である。したがって、キセノンランプが発光する白色光は、広帯域な連続スペクトル光２６である。

【００２９】

光源部２０が発光する多色スペクトル光（第１多色スペクトル光２５）は、光路結合部２３を介して挿入部１２ａ内に挿通されたライトガイド４１に入射される。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と内視鏡光源装置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、光路結合部２３から導光される照明光を内視鏡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することができる。一例として、コア径１０５μｍ、クラッド径１２５μｍ、外皮となる保護層を含めた経がφ０．３～０．５ｍｍの細径なファイバケーブルを使用することができる。

【００３０】

内視鏡１２の先端部１２ｄには、照明光学系３０ａと撮像光学系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、ライトガイド４１によって伝搬された照明光は観察対象に照射される。撮像光学系３０ｂは、対物レンズ４６、ズームレンズ４７、撮像センサ４８を有している。観察対象からの戻り光（反射光の他、観察対象等から発生する蛍光を含む光）は、対物レンズ４６及びズームレンズ４７を介して撮像センサ４８に入射する。これにより、撮像センサ４８に観察対象が結像される。なお、ズームレンズ４７は、ズーム操作部１３を操作することで、テレ端とワイド端の間で自在に移動され、撮像センサ４８に結像する観察対象を拡大または縮小する。

【００３１】

撮像センサ４８は、異なる色に感度を有する複数色の画素を有する。すなわち、撮像センサ４８には、互いに色（カラーフィルタの分光スペクトル）が異なる画素がある。より具体的には、撮像センサ４８は、青、緑、及び赤を含む原色系カラーフィルタを有する原色系カラー撮像センサであり、観察対象からの戻り光を複数色の画素でそれぞれ撮像して各色の画像信号を出力する。撮像センサ４８としては、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）撮像センサやＣＭＯＳ（Complementary Metal-Oxide Semiconductor）撮像センサを利用可能である。本実施形態では、撮像センサ４８は、図５に示す分光スペクトルを有する青色カラーフィルタ（以下、Ｂフィルタという）、緑色カラーフィルタ（以下、Ｇフィルタという）、及び赤色カラーフィルタ（以下、Ｒフィルタという）の３色のカラーフィルタのいずれかが各画素に設けられている。

【００３２】

Ｂフィルタが設けられたＢ画素（青色画素）は、観察対象からの戻り光のうちＢフィルタを透過する青色光成分を受光し、Ｇフィルタが設けられたＧ画素（緑色画素）は、観察対象からの戻り光のうちＧフィルタを透過する緑色光成分を受光する。同様に、Ｒフィルタが設けられたＲ画素（赤色画素）は、観察対象からの戻り光のうちＲカラーフィルタを透過する赤色光成分を受光する。したがって、光源部２０が第１多色スペクトル光２５を発光する場合、Ｂ画素は第１多色スペクトル光２５のうち、Ｖ光とＢ光の各戻り光を受光し、Ｂ画像信号（青色画像信号）を出力する。同様に、光源部２０が第１多色スペクトル光２５を発光する場合、Ｇ画素はＧ光の戻り光を受光してＧ画像信号（緑色画像信号）を出力し、かつ、Ｒ画素はＲ光の戻り光を受光してＲ画像信号（赤色画像信号）を出力する。

【００３３】

撮像センサ４８が出力する各色の画像信号は、ＣＤＳ／ＡＧＣ回路５０に送信される。ＣＤＳ／ＡＧＣ回路５０は、アナログ信号である画像信号に相関二重サンプリング（ＣＤＳ；Correlated Double Sampling）や自動利得制御（ＡＧＣ；Automatic Gain Control）を行う。ＣＤＳ／ＡＧＣ回路５０を経た画像信号は、Ａ／Ｄコンバータ５１により、デジタル画像信号に変換される。Ａ／Ｄ変換後のデジタル画像信号がプロセッサ装置１６に入力される。

【００３４】

プロセッサ装置１６は、受信部５３と、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）５６と、ノイズ除去部５８と、画像生成部６２と、映像信号生成部６６とを備えている。

【００３５】

受信部５３は、内視鏡１２からデジタルのＲＧＢ画像信号を受信する。ＤＳＰ５６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、ゲイン補正処理、リニアマトリクス処理、ガンマ変換処理、及びデモザイク処理等の各種信号処理を施す。欠陥補正処理では、撮像センサ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ＲＧＢ画像信号から暗電流成分が除かれ、正確な零レベルが設定される。ゲイン補正処理では、オフセット処理後のＲＧＢ画像信号に特定のゲインを乗じることにより信号レベルが整えられる。ゲイン補正処理後のＲＧＢ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明るさや彩度が整えられる。リニアマトリクス処理後のＲＧＢ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、各画素で不足した色の信号が補間によって生成される。この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。

【００３６】

ノイズ除去部５８は、ＤＳＰ５６でデモザイク処理等が施されたＲＧＢ画像信号に対してノイズ除去処理（例えば移動平均法やメディアンフィルタ法等による）を施すことによって、ＲＧＢ画像信号からノイズを除去する。ノイズが除去されたＲＧＢ画像信号は、画像生成部６２に送信される。

【００３７】

画像生成部６２は、ＲＧＢ画像信号に対して、色変換処理、色彩強調処理、及び構造強調処理を行い、画像（以下、内視鏡画像という）を生成する。色変換処理では、ＲＧＢ画像信号に対して３×３のマトリックス処理、階調変換処理、及び３次元ＬＵＴ（ルックアップテーブル）処理などにより色変換処理を行う。色彩強調処理は、色変換処理済みのＲＧＢ画像信号に対して行われる。構造強調処理は、例えば表層血管やピットパターン等の観察対象の構造を強調する処理であり、色彩強調処理後のＲＧＢ画像信号に対して行われる。上記のように、構造強調処理まで各種画像処理等を施したＲＧＢ画像信号を用いたカラー画像が内視鏡画像である。映像信号生成部６６は、画像生成部６２が生成した内視鏡画像をモニタ１８で表示可能な画像として表示するための映像信号に変換する。この映像信号を用いて、モニタ１８は内視鏡画像を表示する。

【００３８】

以下、本実施形態の内視鏡システム１０がキセノンエミュレートモードの照明光として使用する第１多色スペクトル光２５の特性と、第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比の求め方を説明する。

【００３９】

まず、光源制御部２２は、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を任意に変更することができるが、これらの各色光の光量比を調節するだけでは、図６に示すようにキセノンランプの連続スペクトル光２６の分光スペクトルを再現することはできない。例えば、Ｖ光及びＢ光の光量を連続スペクトル光２６に一致させても、これらの中間の波長帯域（約４２０ｎｍ～４３０ｎｍの波長帯域）の光量は連続スペクトル光２６の光量には及ばない。逆に、Ｖ光とＢ光の中間の波長帯域の光量を連続スペクトル光２６の光量に一致させると、Ｖ光及びＢ光の中心波長の光量は連続スペクトル光２６の光量を大幅に超過する。

【００４０】

したがって、光源制御部２２は、各色のＬＥＤ２０ａ～２０ｄでキセノンランプの連続スペクトル光２６を再現する代わりに、第１多色スペクトル光２５をＢ画素で受光して得る光量積分値、Ｇ画素で受光して得る光量積分値、及びＲ画素で受光して得る光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＢ画素で受光して得る光量積分値、Ｇ画素で受光して得る光量積分値、及びＲ画素で受光して得る光量積分値の比率にほぼ一致するように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を調節する。こうすると、第１多色スペクトル光２５とキセノンランプの連続スペクトル光２６の分光スペクトルが異なっていたとしても、結果として、撮像センサ４８で観察対象を撮像して得る画像信号が等しくなるので、モニタ１８に表示する内視鏡画像も実質的に同じものである。すなわち、分光スペクトルを一致させなくても、観察対象の見え方がキセノンランプを用いた場合と同じ内視鏡画像が得られる。

【００４１】

第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光をＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素で受光して得

る光量積分値をそれぞれＶｂ、Ｖｇ、及びＶｒとする。同様に、第１多色スペクトル光２５を形成するＢ光をＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｂ、Ｂｇ、及びＢｒとし、第１多色スペクトル光２５を形成するＧ光をＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｂ、Ｇｇ、及びＧｒとし、第１多色スペクトル光２５を形成するＲ光をＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｂ、Ｒｇ、及びＲｒとする。

【００４２】

Ｖ光をＢ画素で受光して得る光量積分値Ｖｂは、例えば最大値（中心波長の光量）を「１」に規格化したＶ光の分光スペクトル（図６参照）とＢカラーフィルタの分光スペクトル（図５参照）の波長毎の積を積分することにより求められる。Ｖ光の分光スペクトル及びＢカラーフィルタの分光スペクトルは既知なので、Ｖ光をＢ画素で受光して得る光量積分値Ｖｂは既知量である。他の光量積分値Ｖｇ、Ｖｒ、Ｂｂ、Ｂｇ、Ｂｒ、Ｒｂ、Ｒｇ、及びＲｒも同様である。

【００４３】

また、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＢ画素で受光して得る光量積分値をＸｂとし、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＧ画素で受光して得る光量積分値をＸｇとし、かつ、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＲ画素で受光して得る光量積分値をＸｒとする。連続スペクトル光２６をＢ画素で受光して得る光量積分値Ｘｂは、例えば最大値を「１」に規格化したキセノンランプの連続スペクトル光２６（図４または図６参照）とＢカラーフィルタの分光スペクトル（図５参照）の波長毎の積を積分することにより求められる。連続スペクトル光２６の分光スペクトル及びＢカラーフィルタの分光スペクトルは既知なので、連続スペクトル光２６をＢ画素で受光して得る光量積分値Ｘｂは既知量である。他の光量積分値Ｘｇ及びＸｒも同様である。

【００４４】

そして、第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比をＶ光：Ｂ光：Ｇ光：Ｒ光＝Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒとする。これらＣｖ、Ｃｂ、Ｃｇ、Ｃｒの値は変数であり、第１多色スペクトル光２５をＢ画素で受光して得る光量積分値、Ｇ画素で受光して得る光量積分値、及びＲ画素で受光して得る光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＢ画素で受光して得る光量積分値、Ｇ画素で受光して得る光量積分値、及びＲ画素で受光して得る光量積分値の比率に一致するように決定する。

【００４５】

すなわち、第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒは、数１を満たすように決定すればよいが、方程式の数よりも変数の数の方が多いので、このままではＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを一意に定めることができない。

【００４６】

【数１】

$$\begin{pmatrix} Xb \\ Xg \\ Xr \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vb \\ Vg \\ Vr \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bb \\ Bg \\ Br \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gb \\ Gg \\ Gr \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rb \\ Rg \\ Rr \end{pmatrix}$$

そこで、本実施形態ではまずＢ画素で受光するＶ光とＢ光の光量比（Ｖ光：Ｂ光＝Ｋｖ：Ｋｂ）を決定する。具体的には、Ｂ画素で受光する波長帯域を、Ｖ光の第１波長帯域（波長３８０ｎｍ以上４３０ｎｍ未満）とＢ光の第２波長帯域（波長４３０ｎｍ以上４８０ｎｍ未満）の２つの波長帯域に区切る。そして、第１多色スペクトル光２５の第１波長帯域の光量積分値と、キセノンランプの連続スペクトル光２６の第１波長帯域の光量積分値が一致し、かつ、第１多色スペクトル光２５の第２波長帯域の光量積分値と、キセノンラ

ンプの連続スペクトル光２６の第２波長帯域の光量積分値を一致するように、Ｖ光とＢ光の光量比Ｋｖ：Ｋｂを決定する。

【００４７】

Ｖ光の第１及び第２波長帯域の各光量積分値をＶｂ１及びＶｂ２とし、Ｂ光の第１及び第２波長帯域の各光量積分値をＢｂ１及びＢｂ２とする。また、連続スペクトル光２６の第１及び第２波長帯域の各光量積分値をＸｂ１、Ｘｂ２とする。Ｖ光の第１波長帯域の光量積分値Ｖｂ１は、Ｖ光の分光スペクトルとＢカラーフィルタの分光スペクトルの積を第１波長帯域で積分することで算出する。Ｖ光の分光スペクトルとＢカラーフィルタの分光スペクトルは既知なので、Ｖ光の第１波長帯域の光量積分値Ｖｂ１は既知量である。他の光量積分値Ｖｂ２、Ｂｂ１、Ｂｂ２、Ｘｂ１、Ｘｂ２も同様である。

【００４８】

したがって、Ｖ光とＢ光の光量比Ｋｖ：Ｋｂは、数２によって算出できる。本実施形態では、図７に示すように、Ｋｖ：Ｋｂ　０．５３：１（　０．３５：０．６５）である。

【００４９】

【数２】

$$\begin{pmatrix} Xb1 \\ Xb2 \end{pmatrix} = Kv \begin{pmatrix} Vb1 \\ Vb2 \end{pmatrix} + Kb \begin{pmatrix} Bb1 \\ Bb2 \end{pmatrix}$$

第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光とＢ光の光量比Ｋｖ：Ｋｂが定まれば、この光量比で合成したＶ光とＢ光の合成光を擬似的に青色光（以下、Ｂ２光という）として扱うことができる（図７参照）。

【００５０】

このため、Ｂ２光をＢ画素で受光して得る光量積分値をＢ２ｂ、Ｂ２光をＧ画素で受光して得る光量積分値をＢ２ｇ、Ｂ２光をＲ画素で受光して得る光量積分値をＢ２ｒとし、第１多色スペクトル光２５を形成するＢ２光、Ｇ光、及びＲ光の光量比をＰｂ２：Ｐｇ：Ｐｒとすると、数３によってＢ２光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｐｂ２：Ｐｇ：Ｐｒを算出することができる。本実施形態では、Ｐｂ２：Ｐｇ：Ｐｒ＝１：１．６４：１．６５（０．２４：０．３６：０．４０）である。

【００５１】

【数３】

$$\begin{pmatrix} Xb \\ Xg \\ Xr \end{pmatrix} = Pb2 \begin{pmatrix} B2b \\ B2g \\ B2r \end{pmatrix} + Pg \begin{pmatrix} Gb \\ Gg \\ Gr \end{pmatrix} + Pr \begin{pmatrix} Rb \\ Rg \\ Rr \end{pmatrix}$$

こうして第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光とＢ光の光量比Ｋｖ：Ｋｂと、Ｂ２光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｐｂ２：Ｐｇ：Ｐｒが定まれば、これらを用いて第１多色スペクトル光２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出することができる。本実施形態では、Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒ＝Ｋｖ／Ｋｂ：１：Ｐｇ／Ｐｂ２：Ｐｒ／Ｐｂ２＝０．５３：１：１．６４：１．６５（　０．１１：０．２２：０．３２：０．３６）である。

【００５２】

上記光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：ＣｒでＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光を合成した多色スペクトル光が第１多色スペクトル光２５である（図３参照）。内視鏡システム１０は、Ｖ光

、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を上記光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒにした第１多色スペクトル光２５を用いることで、第１多色スペクトル光２５を撮像センサ４８の複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６を撮像センサ４８の複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致する。

【００５３】

具体的には、数１からも分かるように、例えば、第１多色スペクトル光２５を用いた場合のＧ画素での光量積分値（ＣｖＶｇ＋ＣｂＢｇ＋ＣｇＧｇ＋ＣｒＲｇ）に対するＢ画素での光量積分値（ＣｖＶｂ＋ＣｂＢｂ＋ＣｇＧｂ＋ＣｒＲｂ）の比率（ＣｖＶｂ＋ＣｂＢｂ＋ＣｇＧｂ＋ＣｒＲｂ）／（ＣｖＶｇ＋ＣｂＢｇ＋ＣｇＧｇ＋ＣｒＲｇ）が、キセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合のＧ画素での光量積分値Ｘｇに対するＢ画素での光量積分値Ｘｂの比率Ｘｂ／Ｘｇに一致する。かつ、第１多色スペクトル光２５を用いた場合のＧ画素での光量積分値（ＣｖＶｇ＋ＣｂＢｇ＋ＣｇＧｇ＋ＣｒＲｇ）に対するＲ画素での光量積分値（ＣｖＶｒ＋ＣｂＢｒ＋ＣｇＧｒ＋ＣｒＲｒ）の比率（ＣｖＶｒ＋ＣｂＢｒ＋ＣｇＧｒ＋ＣｒＲｒ）／（ＣｖＶｇ＋ＣｂＢｇ＋ＣｇＧｇ＋ＣｒＲｇ）は、キセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合のＧ画素での光量積分値Ｘｇに対するＲ画素での光量積分値Ｘｒの比率Ｘｒ／Ｘｇに一致する。

【００５４】

すなわち、第１多色スペクトル光２５を用いれば、撮像センサ４８から得られる画像信号の色毎のバランスがキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いた場合とほぼ同じになる。このため、内視鏡システム１０は、観察対象の見え方をキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いた場合とほぼ同じになる。また、ＤＳＰ５６で行う各種信号処理や、ノイズ除去部５８で行うノイズ除去処理、画像生成部６２で行う各種画像処理等で用いるゲインやマトリクスを再計算する必要もなく、従来と同じゲインやマトリクスを使用できるので、ノイズもキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合とほぼ同じになる。

【００５５】

したがって、本実施形態のように撮像センサ４８が、青色（第１色）に感度を有するＢ画素（第１色画素）と、緑色（第２色）に感度を有するＧ画素（第２色画素）と、赤色（第３色）に感度を有するＲ画素（第３色画素）と、を有する場合、光源制御部２２は、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光を上記光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒで発光させることにより、Ｂ画素で得る青色の光量積分値とＧ画素で得る第２色の光量積分値との比率を、第１多色スペクトル光２５を用いる場合と連続スペクトル光２６を用いる場合とで一致させ、かつ、Ｒ画素で得る赤色の光量積分値と緑色の光量積分値との比率を、第１多色スペクトル光２５を用いる場合と連続スペクトル光２６を用いる場合とで一致させる。

【００５６】

第１多色スペクトル光２５は、キセノンランプの連続スペクトル光２６と比較すると、一部の波長帯域（Ｖ光とＢ光の中間の波長帯域等）の波長成分が少ないが、いわゆる表層血管やピットパターン等の粘膜の表層付近の構造の情報や、中深層血管等の粘膜下の中深層の構造に関する情報は、第１多色スペクトル光２５を形成する各色光が十分に担持している。したがって、内視鏡システム１０では、第１多色スペクトル光２５を用いることで、こうした表層血管等の見え方も含めて観察対象の見え方をキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いた場合とほぼ一致する。逆に言えば、キセノンランプの連続スペクトル光２６のうち、Ｖ光とＢ光の中間の波長帯域等の光は、内視鏡画像を明るくするが、第１多色スペクトル光２５を形成する各色光と比較すると、表層血管や中深層血管等の観察対象の構造の見え方への寄与が少ない。このため、内視鏡観察には、第１多色スペクトル光２５で不足はない。

【００５７】

なお、第１多色スペクトル光２５を撮像センサ４８の複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率は、連続スペクトル光２６を複数色の画素でそれぞれ受光し

て得る色毎の光量積分値の比率に対して少なくとも５％～１０％程度の誤差を許容できる。視覚が色差の違いに比較的鈍感であることもあり、誤差が上記程度であれば、観察対象の見え方はキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いた場合とほぼ同じになるので、各比率はほぼ一致していると見做せる。したがって、本明細書等で言う、第１多色スペクトル光２５を撮像センサ４８の複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率と、連続スペクトル光２６を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率の「一致」には、上記のような誤差を含んだ「ほぼ一致」も含む。

【００５８】

［第２実施形態］

内視鏡システム１０の観察対象は例えば食道であり、食道の反射率は、図８に示すように波長毎に異なる。このため、図９に示すように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の各最大値を「１」に規格化した多色スペクトル光２０１を用いる場合でも、食道からの戻り光２０２は食道の反射率を反映して変化する。同様に、図１０に示すように、キセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合でも、食道からの戻り光２０３は食道の反射率を反映して元の連続スペクトル光２６から変化する。なお、食道の反射率には、食道からの反射光の光量の他に、食道の粘膜等を形成する組織から発生する蛍光の光量も含まれている。このため、戻り光２０２は多色スペクトル光２０１の反射光の他、多色スペクトル光２０１を照射したことによって食道から発生する蛍光も含む。戻り光２０３も同様である。

【００５９】

上記のように、食道からの戻り光２０２及び戻り光２０３は、食道の反射率を反映して変化するので、第２実施形態では、光源制御部２２は、食道に照射した多色スペクトル光２０１の戻り光２０２を撮像センサ４８の複数色の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率が、食道に照射したキセノンランプの連続スペクトル光２６を撮像センサ４８の複数の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致するように、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を制御する。

【００６０】

このように、食道からの戻り光を撮像センサ４８の複数色の画素で受光して得る色毎の光量積分値を、キセノンランプの連続スペクトル光２６を撮像センサ４８の複数の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致させた多色スペクトル光が、図１１に示す第１多色スペクトル光２２５である。グラフ２２６は、第１多色スペクトル光２２５の食道からの戻り光である。

【００６１】

数１～数３で用いる各光量積分値の算出する際に、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、Ｒ光、及び連続スペクトル光２６の代わりに戻り光２０２及び戻り光２０３のデータを用いれば、第１実施形態と同様にして、第１多色スペクトル光２２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出することができる。具体的には、第１多色スペクトル光２２５の場合、Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒ＝０．５３：１：１．３６：１．３３（　０．１３：０．２４：０．３２：０．３２）である。なお、第１多色スペクトル光２２５の場合、Ｋｖ：Ｋｂ＝１．０５：１．９８（　０．３５：０．６５）であり、Ｐｂ２：Ｐｇ：Ｐｒ＝２．０２：２．７５：２．６９（＝０．２７：０．３７：０．３６）である。

【００６２】

第２実施形態のように、特定の観察対象の性状を加味してＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を設定した第１多色スペクトル光２２５を用いれば、特定の観察対象の見え方が、キセノンの連続スペクトル光２６を用いる場合と特に正確に一致する。

【００６３】

なお、観察対象の反射率は、観察対象の種類（部位）によって異なる。例えば、食道の他、胃や大腸等も内視鏡システム１０の観察対象であるが、図１２に示すように、食道と胃と大腸とでは各波長の反射率は異なる。したがって、食道の反射率を考慮した第１多色スペクトル光２２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比と、胃の反射率を考

慮した第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比とは異なる。同様に、大腸の反射率を考慮した第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比も、食道や胃の場合とは異なる。このため、食道や胃や大腸等の観察対象の種類に合わせて第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を適切に制御することが好ましい。

【００６４】

この場合、図１３に示す内視鏡システム２４０のように、観察対象の種類毎に、複数のＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を記憶する光量比記憶部２４１を設ける。光量比記憶部２４１には、例えば、食道用光量比２５１と胃用光量比２５２と大腸用光量比２５３を予め記憶しておく。そして、キセノンランプを模倣する第１多色スペクトル光を用いる場合、光源制御部２２は、光量比記憶部２４１が記憶する複数の光量比のなかから、観察対象の種類に応じた光量比を選択し、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を選択した光量比に制御する。観察対象が胃の場合、光源制御部２２は光量比記憶部２４１から胃用光量比２５２を選択し、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を選択した胃用光量比２５２に制御する。こうすれば、観察対象の種類に合わせた第１多色スペクトル光を発光することができる。

【００６５】

なお、内視鏡システム２４０では、光量比記憶部２４１を内視鏡光源装置１４に設けているが、光量比記憶部２４１は、プロセッサ装置１６に設けてもよく、内視鏡１２に設けても良い。すなわち、光源制御部２２が観察対象の種類に合わせて適切な光量比を選択することができれば、光量比記憶部２４１を設けておく場所は任意である。

【００６６】

［第３実施形態］

上記第１実施形態及び第２実施形態では、原色系カラーフィルタを有する撮像センサ４８を用いているが、内視鏡システム１０及び２４０は、原色系の撮像センサ４８の代わりに、補色系カラーフィルタを有する補色系カラー撮像センサを用いることもできる。補色系カラーフィルタは、シアンカラーフィルタ（Ｃｙ）、マゼンタカラーフィルタ（Ｍｇ）、及びイエローカラーフィルタ（Ｙｅ）を含む。本実施形態では、図１４に示すように、補色系カラーフィルタは、例えば、Ｃｙ、Ｍｇ、及びＹｅに加え、グリーンカラーフィルタ（Ｇ）を備える。すなわち、本実施形態では、撮像センサ４８は、シアン画素（以下、Ｃｙ画素という）、マゼンタ画素（以下、Ｍｇ画素という）、イエロー画素（以下、Ｙｅ画素という）、及びグリーン画素（以下、Ｇ画素という）を有する。

【００６７】

撮像センサ４８に補色系カラー撮像センサを用いる場合、観察対象の見え方をキセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合とほぼ等しくする第１多色スペクトル光は、第１及び第２実施形態の第１多色スペクトル光２５及び２２５とはＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比が異なる。このため、これらの代わりに補色系カラー撮像センサ用のＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比を用いる必要がある。

【００６８】

補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＶｃｙ、Ｖｍｇ、Ｖｙｅ、及びＶｇとする。同様に、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＢ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＢｃｙ、Ｂｍｇ、Ｂｙｅ、及びＢｇとし、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＧ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＧｃｙ、Ｇｍｇ、Ｇｙｅ、及びＧｇとし、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＲ光をＣｙ画素、Ｍｇ画素、Ｙｅ画素、及びＧ画素で受光して得る光量積分値をそれぞれＲｃｙ、Ｒｍｇ、Ｒｙｅ、及びＲｇとする。これらが既知量であることは第１及び第２実施形態と同様である。

【００６９】

また、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＣｙ画素で受光して得る光量積分値をＸｃｙとし、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＭｇ画素で受光して得る光量積分値をＸｍｇとし、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＹｅ画素で受光して得る光量積分値をＸｙｅとし、かつ、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＧ画素で受光して得る光量積分値をＸｇとする。これらが既知量であることは第１及び第２実施形態と同様である。

【００７０】

そして、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比は、第１及び第２実施形態と同様に、Ｖ光：Ｂ光：Ｇ光：Ｒ光＝Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒとする。これらＣｖ、Ｃｂ、Ｃｇ、Ｃｒの値は変数であり、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を補色系の各画素で受光して得る光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６を補色系の各画素で受光して得る光量積分値の比率に一致するように決定する。すなわち、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒは、数４を満たすように決定すればよい。数４は、方程式の数と変数の数が等しいので、これを解いてＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを求めることができる。

【００７１】

【数４】

$$\begin{pmatrix} Xcy \\ Xmg \\ Xye \\ Xg \end{pmatrix} = Cv\begin{pmatrix} Vcy \\ Vmg \\ Vye \\ Vg \end{pmatrix} + Cb\begin{pmatrix} Bcy \\ Bmg \\ Bye \\ Bg \end{pmatrix} + Cg\begin{pmatrix} Gcy \\ Gmg \\ Gye \\ Gg \end{pmatrix} + Cr\begin{pmatrix} Rcy \\ Rmg \\ Rye \\ Rg \end{pmatrix}$$

あるいは、以下に説明する算出方法によっても、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出することができる。

【００７２】

この場合、図１５に示すように、Ｃｙ、Ｍｇ、Ｙｅ、及びＧの各カラーフィルタの感度を波長毎に合算し、補色系カラー撮像センサの総合感度Ｓｕｍを求め、補色系カラー撮像センサが総合感度Ｓｕｍのカラーフィルタを有する１つの画素（以下、Ｓ画素という）とみなす。

【００７３】

次いで、波長帯域を、Ｖ光の第１波長帯域（波長３８０ｎｍ以上４３０ｎｍ未満）と、Ｂ光の第２波長帯域（波長４３０ｎｍ以上４８０ｎｍ未満）と、Ｇ光の第３波長帯域（波長４８０ｎｍ以上５８０ｎｍ未満）と、Ｒ光の第４波長帯域（波長５８０ｎｍ以上７００ｎｍ未満）と、に区切り、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光をＳ画素で受光して得る光量積分値のうち、第１～第４波長帯域の光量積分値をそれぞれＶＳ１、ＶＳ２、ＶＳ３、及びＶＳ４とする。

【００７４】

同様に、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＢ光をＳ画素で受光して得る光量積分値のうち、第１～第４波長帯域の光量積分値をそれぞれＢＳ１、ＢＳ２、ＢＳ３、及びＢＳ４とし、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＧ光をＳ画素で受光して得る光量積分値のうち、第１～第４波長帯域の光量積分値をそれぞれＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、及びＧＳ４とし、かつ、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＲ光をＳ画素で受光して得る光量積分値のうち、第１～第４波長帯域の光量積分値をそれぞれＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、及びＲＳ４とする。また、キセノンランプの連続スペクトル光２６をＳ画素で受光して得る光量積分値のうち、第１～第４波長帯域の光量積分値をそれぞれＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、及びＸＳ４とする

。

【００７５】

光量積分値ＶＳ１は、Ｖ光の分光スペクトルと総合感度Ｓｕｍの波長毎の積を第１波長帯域の範囲で積分することで算出する。他の光量積分値ＶＳ２、ＶＳ３、ＶＳ４、ＢＳ１、ＢＳ２、ＢＳ３、ＢＳ４、ＧＳ１、ＧＳ２、ＧＳ３、ＧＳ４、ＲＳ１、ＲＳ２、ＲＳ３、ＲＳ４、ＸＳ１、ＸＳ２、ＸＳ３、及びＸＳ４も同様である。

【００７６】

そして、数４の代わりに、数５によって、補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを算出する。本実施形態で用いる図１４の補色系カラーフィルタを有する補色系カラー撮像センサの場合、数５によって求めた光量比はＣｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒ　０．１２：０．２３：０．２７：０．３９である。図１６に示す多色スペクトル光は、数５によって求めた光量比のＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光で形成する補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光３２５である。

【００７７】

【数５】

$$\begin{pmatrix} XS1 \\ XS2 \\ XS3 \\ XS4 \end{pmatrix} = Cv \begin{pmatrix} VS1 \\ VS2 \\ VS3 \\ VS4 \end{pmatrix} + Cb \begin{pmatrix} BS1 \\ BS2 \\ BS3 \\ BS4 \end{pmatrix} + Cg \begin{pmatrix} GS1 \\ GS2 \\ GS3 \\ GS4 \end{pmatrix} + Cr \begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \\ RS4 \end{pmatrix}$$

補色系カラー撮像センサ用の第１多色スペクトル光３２５を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒの数５による算出方法は、複数の波長帯域（第１～第４波長帯）で、第１多色スペクトル光を補色系カラー撮像センサの複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の合計値を、キセノンランプの連続スペクトル光２６を補色系カラー撮像センサの複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の合計値と一致させる算出方法である。数５の算出方法は、数４の算出方法に比べて、色毎の光量積分値の比率に誤差が発生するが、その代わりに、確実にＣｖ＞０、Ｃｂ＞０、Ｃｇ＞０、かつＣｒ＞０を満たす範囲内でＣｖ、Ｃｂ、Ｃｇ、及びＣｒを決定できる利点がある。第１多色スペクトル光３２５を補色系カラー撮像センサの複数の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率は、キセノンランプの連続スペクトル光２６を補色系カラー撮像センサの複数の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率と実質的に一致し、これらの誤差は例えば数％程度である。

【００７８】

したがって、本実施形態のように、撮像センサ４８が、シアン（第１色）に感度を有するＣｙ画素（第１色画素）と、マゼンタ（第３色）に感度を有するＭｇ画素（第３色画素）と、イエロー（第４色）に感度を有するＹｅ画素（第４色画素）と、グリーン（第２色）に感度を有するＧ画素（第２色画素）を有する場合、光源制御部２２は、Ｖ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光を上記光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒで発光させることにより、Ｃｙ画素で得るシアンの光量積分値とＧ画素で得るグリーンの光量積分値との比率を、第１多色スペクトル光２５を用いる場合と連続スペクトル光２６を用いる場合とで一致させ、Ｍｇ画素で得るマゼンタの光量積分値とグリーンの光量積分値との比率を、第１多色スペクトル光２５を用いる場合と連続スペクトル光２６を用いる場合とで一致させ、かつ、Ｙｅ画素で得るイエローの光量積分値とグリーンの光量積分値との比率を、第１多色スペクトル光２５を用いる場合と連続スペクトル光２６を用いる場合とで一致させる。

【００７９】

上記第３実施形態の数５による光量比の算出方法は、撮像センサ４８に原色系カラー撮像センサを用いる場合にも応用可能である。原色系カラー撮像センサのなかには、Ｂ画素、Ｇ画素、及びＲ画素に加え、エメラルド色カラーフィルタを有するＥ画素を有するセン

サや、カラーフィルタが設けられていない白画素（Ｗ画素）を有するセンサもある。これらの原色系カラー撮像センサを用いる場合には、数４の光量比の算出方法よりも数５の光量比の算出方法の方が好適な場合がある。

【００８０】

なお、上記第３実施形態のように撮像センサ４８に補色系カラー撮像センサを用いる場合も、第２実施形態と同様に観察対象を加味して第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを制御することが好ましい。

【００８１】

第１実施形態の数２や、第３実施形態の数５に示す通り、第１多色スペクトル光のうち複数色の光源が発光する波長帯域の光を１つの画素で受光する場合、１つの画素が受光する光の波長帯域毎（すなわち各光源が発光する光の波長帯域毎）に、光量積分値を、キセノンランプの連続スペクトル光２６を受光して得る光量積分値に一致させると、第１多色スペクトル光を形成するＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量比Ｃｖ：Ｃｂ：Ｃｇ：Ｃｒを適切に決定することができる。この方法は、光源の色数が画素の色数よりも多い場合に特に効果的である（第１実施形態の数２参照）。

【００８２】

［第４実施形態］

上記第１～第３実施形態では、光源制御部２２は、光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄによって、キセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合を模倣する第１多色スペクトル光２５、２２５、及び３２５を発生させているが、光源制御部２２は、光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄによって、第１多色スペクトル光２５、２２５、及び３２５と切り替えて、第１多色スペクトル光２５及びキセノンランプの連続スペクトル光２６とは異なる第２多色スペクトルを有する第２多色スペクトル光を発生させるようにしても良い。

【００８３】

第２多色スペクトル光は、従来のキセノンランプを用いた内視鏡システムにはない固有の分光スペクトルを有する照明光である。例えば、光源制御部２２は、図１７に示すように、Ｖ光またはＢ光の少なくともいずれか一方（本実施形態ではＶ光）の光量を第１多色スペクトル光２５よりも大きくする。すなわち、第２多色スペクトル光４０１をＢ画素で受光して得る光量積分値を、第１多色スペクトル光２５をＢ画素で受光して得る光量積分値よりも大きくする。また、本実施形態では、第１多色スペクトル光２５に対して、第２多色スペクトル光４０１を形成するＶ光の光量だけを変化させているが、さらに、第２多色スペクトル光４０１は、Ｇ画素で受光して得る光量積分値を、第１多色スペクトル光２５をＧ画素で受光して得る光量積分値よりも小さくすることが好ましい。

【００８４】

上記第２多色スペクトル光４０１を用いて観察対象を観察すれば、粘膜表層にある血管やピットパターン等を、キセノンランプの連続スペクトル光２６を用いる場合よりも明瞭に観察することができる。このため、第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１と切り替え可能にしておけば、上記のような多色スペクトル光を用いる場合の特有の利点をも享受できる。

【００８５】

第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１との切り替えは、内視鏡１２の操作部１２ｂに設けた観察モード切り替えスイッチ（図示しない）等を用いて、任意に切り替えられるようにすることができるが、特に、内視鏡システム１０で用いる内視鏡１２の機種に応じて自動的に第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１とを切り替えることが好ましい。

【００８６】

このように、内視鏡１２の機種によって第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１を自動的に切り替える場合、図１８に示す内視鏡システム４１０のように、内視鏡１２には機種を示すＩＤ（Identification Data）を記憶するＩＤ記憶部４１１を設

け、内視鏡光源装置１４には、内視鏡機種検出部４１２を設ける。内視鏡機種検出部４１２は、内視鏡１２が内視鏡光源装置１４に接続された場合に、ＩＤ記憶部４１１から内視鏡１２のＩＤを読み出すことによって、接続された内視鏡１２の機種を検出し、検出結果を光源制御部２２に入力する。そして、光源制御部２２は、内視鏡機種検出部４１２によって検出された内視鏡１２の機種によって、光源部２０で発生させる照明光を第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１とで切り替える。より具体的には、光源制御部２２は、内視鏡１２の機種が、キセノンランプの連続スペクトル光を用いる従来の内視鏡システムで使用する機種である場合は、光源部２０で発生させる照明光を第１多色スペクトル光２５に自動設定し、かつ、内視鏡１２の機種が上記以外の機種である場合（多色スペクトル光を用いる内視鏡システムでだけ用いられる機種の場合等）には、光源部２０で発生させる照明光を第２多色スペクトル光４０１に自動設定することが好ましい。

【００８７】

キセノンランプを用いる従来の内視鏡システムで使用する内視鏡を接続する場合、医師は使い慣れた従来の内視鏡システムと同様に観察対象を観察できることを望むことが多く、多色スペクトル光を照明光として使用する内視鏡システムでだけ用いる内視鏡を接続する場合は、医師は多色スペクトル光の利点を活かした観察を望むことが多い。このため、上記のように、内視鏡１２の機種によって照明光を第１多色スペクトル光２５と第２多色スペクトル光４０１とで自動的に切り替えると、操作や設定等をせずに、ニーズに合った内視鏡画像を自動的に提供することができる。もちろん、初期設定を上記のように内視鏡１２の機種に応じて自動設定し、その後は、医師の判断で手動切り替えられるようにすることがさらに好ましい。

【００８８】

図１８の内視鏡システム４１０では、内視鏡光源装置１４が内視鏡機種検出部４１２によって内視鏡１２の接続を検知し、かつ、内視鏡１２からＩＤを読み出して内視鏡１２の機種を検出しているが、図１９に示す内視鏡システム４２０のように、プロセッサ装置１６にＩＤ読取部４１３を設け、ＩＤ読取部４１３によって内視鏡１２の接続を検知し、かつ、内視鏡１２からＩＤを読み出しても良い。この場合、内視鏡機種検出部４１２は、プロセッサ装置１６のＩＤ読取部４１３から内視鏡１２のＩＤを取得し、その機種を検出すれば良い。

【００８９】

［第５実施形態］

ＬＥＤ等の半導体光源は、キセノンランプ等の従来の光源と比較すると長寿命であるが、ＬＥＤ等の半導体光源であっても、図２０に示すように経時的に劣化して、既定の駆動電流や既定の駆動電圧で駆動しても、光量が低下する。また、半導体光源の種類（発光する光の波長等）によっても経時劣化の程度は異なる。経時劣化を無視すると、光源制御部２２が例えば第１多色スペクトル光２５を発光させるための既定の制御をしても、第１多色スペクトル光２５の条件を満たさない多色スペクトル光が発せられてしまうことがある。このため、光源制御部２２は、光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの経時劣化を考慮して、第１多色スペクトル光２５や第２多色スペクトル光４０１を発光させることが好ましい。

【００９０】

上記のように光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄに経時劣化があっても第１実施形態等の条件を満たす第１多色スペクトル光２５や第２多色スペクトル光４０１を発光させるためには、例えば、図２１に示す内視鏡システム５００のように、内視鏡光源装置１４に光量検出部５０１を設け、光源制御部２２には経時劣化検出部５０４を設ける。

【００９１】

光量検出部５０１は、Ｖ光の光量を検出するためのＶ光量検出部５０２ａと、Ｂ光の光量を検出するためのＢ光量検出部５０２ｂと、Ｇ光の光量を検出するためのＧ光量検出部５０２ｃと、Ｒ光の光量を検出するためのＲ光量検出部５０２ｄとを備える。Ｖ光量検出部３０２ａは、ミラー５０３ａを介してＶ光の一部を取得することで、Ｖ－ＬＥＤ２０ａ

が発光したＶ光の光量を検出する。ミラー５０３ａは、Ｖ－ＬＥＤ２０ａの光路中に配置され、Ｖ－ＬＥＤ２０ａが発光したＶ光の一部を反射してＶ光量検出部５０２ａに入射させ、かつ、残りのＶ光を光路結合部２３に向けて透過する。同様に、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂ、Ｇ－ＬＥＤ２０ｃ、及びＲ－ＬＥＤ２０ｄの光路中には、これらが発光した各色光の一部を反射してＢ光量検出部５０２ｂ、Ｇ光量検出部５０２ｃ、及びＲ光量検出部５０２ｄにそれぞれ入射させ、残りの各色光を光路結合部２３に向けて透過するミラー５０３ｂ、ミラー５０３ｃ、及びミラー５０３ｄが配置される。Ｂ光量検出部５０２ｂは、ミラー５０３ｂを介してＢ光の一部を取得してＢ－ＬＥＤ２０ｂが発光したＢ光の光量を検出する。Ｇ光量検出部５０２ｃは、ミラー５０３ｃを介してＧ光の一部を取得してＧ－ＬＥＤ２０ｃが発光したＧ光の光量を検出する。Ｒ光量検出部５０２ｄは、ミラー５０３ｄを介してＲ光の一部を取得してＲ－ＬＥＤ２０ｄが発光したＲ光の光量を検出する。

【００９２】

光量検出部５０１は、各色用の光量検出部５０２ａ～５０２ｄが検出したＶ光、Ｂ光、Ｇ光、及びＲ光の光量を光源制御部２２に入力する。光源制御部２２では、経時劣化検出部５０４が、第１多色スペクトル光２５を発光する各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの駆動電流等の駆動条件と、光量検出部５０１で実際に検出された各色光の光量とを用いて、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの経時劣化を検出する。具体的には、経時劣化検出部５０４は、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄのうち、既定の光量に対して最も光量が低下した最劣化光源を検出する。光源制御部２２は、経時劣化検出部５０４で検出した最劣化光源の光量に合わせて、残りの光源の光量を設定する。例えば、図２２に示すように、光源制御部２２が第１多色スペクトル光２５を発光する駆動条件で各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄを駆動することで各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの光量を指定したにも関わらず、Ｒ－ＬＥＤ２０ｄの経時劣化のためにＲ光の光量が第１多色スペクトル光２５を形成する指定の光量に満たず、かつ、Ｖ光、Ｂ光、及びＧ光は第１多色スペクトル光２５を形成する指定の光量が発光した多色スペクトル光５２４になっていたとする。この場合、光源制御部２２では、経時劣化検出部５０４がＲ－ＬＥＤ２０ｄを最劣化光源として検出する。このため、図２３に示すように、光源制御部２２は、Ｒ－ＬＥＤ２０ｄが発光するＲ光の光量に合わせて、Ｖ光、Ｂ光、及びＧ光の光量を低減させることにより、経時劣化したＲ－ＬＥＤ２０ｄが発するＲ光の光量と、Ｖ光、Ｂ光、及びＧ光の光量のバランスを保たれた新たな第１多色スペクトル光５２５を発光させる。すなわち、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの少なくともいずれか１つに光量の不足が検出された場合、光源制御部２２は、第１多色スペクトル光２５を形成する各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの光量の指定値に対して、光量の不足量が最も大きい最劣化光源の光量に合わせて、残りの光源の光量を設定する。これにより、各色光のバランスが保たれた第１多色スペクトル光５２５を発光させる。

【００９３】

上記のように、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄが発光する各色光の光量を検出し、これら各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの中で最も経時劣化した光源の光量に合わせて残りの光源の光量を設定することで、光源制御部２２は、光源部２０によって常に各色光のバランスが保たれた第１多色スペクトル光２５や第２多色スペクトル光４０１を安定して発光させることができる。また、上記のようにすれば、常に各色光のバランスが保たれた第１多色スペクトル光２５及び３２５や第２多色スペクトル光４０１が安定して発光されるので、マトリックス処理で用いるマトリックス等、内視鏡画像を生成するために用いる信号処理パラメータや画像処理パラメータを再計算したり、複数用意したりしておく必要がない。また、撮像センサ４８のカラーフィルタに混色がある場合には、内視鏡画像を生成するために用いる信号処理パラメータや画像処理パラメータを再計算したり、複数用意したりしておいても補正しきれないが、上記のようにすれば、常に安定して観察対象を観察することができる。

【００９４】

上記第５実施形態で光量検出部５０１が行う各色光の光量検出は、少なくともキャリブレーション時に行うことが好ましい。特に、光量検出部５０１は、観察対象を観察するた

めに各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄが発光している間、各色光の光量検出を繰り返し行なって、光源制御部２２にフィードバックして、リアルタイムに第１多色スペクトル光２５等のバランスを整えることが好ましい。

【００９５】

［第６実施形態］

上記第５実施形態の内視鏡システム５００では、ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの経時劣化を検出しているが、ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの経時劣化以外の要因によって、光源制御部２２が正確な第１多色スペクトル光２５が発光できない場合もある。この場合、図２４に示す内視鏡システム６００のように、第５実施形態の内視鏡システム５００と同様の光量検出部５０１等を設け、光源制御部２２には経時劣化検出部５０４の代わりに、検証部６０４を設ける。

【００９６】

検証部６０４は、模倣対象であるキセノンランプの連続スペクトル光２６を撮像センサ４８の各色の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率を模倣比率テーブル６０６に予め記憶している。検証部６０４は、この模倣比率テーブル６０６と光量検出部５０１の検出結果を用いて、実際に発光した第１多色スペクトル光２５を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する。

【００９７】

検証部６０４は、光量検出部５０１の検出結果である各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの実際の光量と撮像センサ４８のカラーフィルタの分光特性から各色画素の光量積分値を算出し、これらの比率を求める。例えば、撮像センサ４８がＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素を有する原色系カラー撮像センサである場合、Ｇ画素で得る光量積分値に対するＢ画素で得る光量積分値の比率（以下、本実施形態においてＢｐ／Ｇｐという）と、Ｇ画素で得る光量積分値に対するＲ画素で得る光量積分値の比率（以下、本実施形態においてＲｐ／Ｇｐという）を算出する。

【００９８】

また、模倣するキセノンランプの連続スペクトル光２６と、撮像センサ４８のカラーフィルタの分光特性から各色画素の光量積分値は予め算出し、模倣比率テーブル６０６は、模倣する連続スペクトル光２６を用いた場合のＧ画素で得る光量積分値に対するＢ画素で得る光量積分値の比率（以下、本実施形態においてＢｘ／Ｇｘという）と、模倣する連続スペクトル光２６を用いた場合のＧ画素で得る光量積分値に対するＲ画素で得る光量積分値（以下、本実施形態においてＲｘ／Ｇｘという）とを記憶する。

【００９９】

このため、検証部６０４は、算出した比率Ｂｐ／Ｇｐと模倣比率テーブル６０６に記憶している比率Ｂｘ／Ｇｘを比較し、かつ、算出した比率Ｒｐ／Ｇｐと模倣比率テーブル６０６に記憶している比率Ｒｘ／Ｇｘを比較する。これら２つの比較の結果、比率Ｂｘ／Ｇｘに対して比率Ｂｐ／Ｇｐの誤差が許容範囲内（例えば比率Ｂｐ／Ｇｐの１０％程度以下）であり、かつ、比率Ｒｘ／Ｇｘに対して比率Ｒｐ／Ｇｐの誤差が許容範囲内（例えば比率Ｂｘ／Ｇｘの１０％程度以下）であれば、第１多色スペクトル光２５が適切に発光していると判断する。この場合、光源制御部２２は、第１多色スペクトル光２５の発光を継続する。

【０１００】

一方、比率Ｂｘ／Ｇｘに対して比率Ｂｐ／Ｇｐの誤差が許容範囲外である場合、または、比率Ｒｘ／Ｇｘに対して比率Ｒｐ／Ｇｐの誤差が許容範囲外である場合、検証部６０４は適切な第１多色スペクトル光２５が発光されていないと判断する。この場合、光源制御部２２は、検証部６０４の検証結果を用いてＬＥＤ２０ａ～２０ｄをフィードバック制御する。すなわち、光源制御部２２は、検証部６０４で算出した比率Ｂｘ／Ｇｘに対して比率Ｂｐ／Ｇｐの誤差、または、比率Ｒｘ／Ｇｘに対して比率Ｒｐ／Ｇｐの誤差に基づいて

、各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄの光量を調整して制御する。これにより、照明光は常に適切な第１多色スペクトル光２５に補正される。

【０１０１】

上記第６実施形態の内視鏡システム６００では、検証部６０４が各色の光量積分値の算出する際等に観察対象の種類を考慮していないが、第２実施形態と同様に観察対象の種類を考慮して検証部６０４で算出する各色の光量積分値や光量積分値の比率を算出することができる。また、上記第６実施形態の内視鏡システム６００の検証部６０４は、第５実施形態の経時劣化検出部５０４として機能することもできる。なお、上記第６実施形態では、内視鏡光源装置１４に検証部６０４を設けているが、検証部６０４はプロセッサ装置１６に設けても良い。

【０１０２】

上記第６実施形態の内視鏡システム６００は、光量検出部５０１の検出結果を用いて照明光が第１多色スペクトル光２５になっているかを検証しているが、光量検出部５０１の検出結果を用いる代わりに、撮像センサ４８の出力を用いて照明光が第１多色スペクトル光２５になっているかを検証することもできる。この場合、図２５に示す内視鏡システム７００のように、プロセッサ装置１６に検証部７０４を設ける。

【０１０３】

検証部７０４は、光量検出部５０１の検出結果の代わりに、受信部５３から取得する撮像センサ４８の出力を用いる以外は、上記第６実施形態の検証部６０４と同様である。すなわち、検証部７０４は、模倣比率テーブル７０６に模倣対象であるキセノンランプの連続スペクトル光２６を撮像センサ４８の各色の画素で受光して得る色毎の光量積分値の比率を記憶しており、この模倣比率テーブル７０６と撮像センサ４８の出力を用いて、実際に発光した第１多色スペクトル光２５を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率が、キセノンランプの連続スペクトル光２６を複数色の画素でそれぞれ受光して得る色毎の光量積分値の比率に一致しているか否かを検証する。

【０１０４】

検証部７０４は、撮像センサ４８の出力である画像信号を受信部５３から取得し、これらの比率を求める。撮像センサ４８がＢ画素、Ｇ画素、及びＲ画素を有する原色系カラー撮像センサである場合、例えば検証部７０４はＢ画像信号、Ｇ画像信号、及びＲ画像信号の各々の平均値等（平均値や中央値等の統計量）を求めることにより各色の画素の光量積分値を算出し、それらの比率Ｂｐ／Ｇｐと比率Ｒｐ／Ｇｐを算出する。なお、検証部７０４が算出する各色の画像信号の平均値等は、撮像センサ４８からの信号電荷の読み出し時にかかるゲインや受信部５３で行う各種処理の具体的内容に影響されるので本明細書でいう光量積分値そのものではないが、第１多色スペクトル光２５を発光するキセノンエミュレートモードでは常に同じ処理をするので、各色の画像信号の平均値等は実質的に光量積分値を表す。

【０１０５】

模倣比率テーブル７０６は、模倣する連続スペクトル光２６を用いる場合のＢ画像信号、Ｇ画像信号、及びＲ画像信号の各々の平均値等を用いて算出した比率Ｂｘ／Ｇｘ及び比率Ｒｘ／Ｇｘを記憶する。検証部７０４は、算出した比率Ｂｐ／Ｇｐと模倣比率テーブル７０６に記憶している比率Ｂｘ／Ｇｘを比較し、かつ、算出した比率Ｒｐ／Ｇｐと模倣比率テーブル６０６に記憶している比率Ｒｘ／Ｇｘを比較し、光源制御部２２がこれらの比較結果（検証部７０４の検証結果）に基づいてＬＥＤ２０ａ～２０ｄの制御するのは上記第６実施形態の内視鏡システム６００と同様である。

【０１０６】

なお、実際の観察対象を撮影しながら検証部７０４による検証を行うことができるが、観察対象の個体差等の影響を除くためには、例えば生体粘膜の反射率を模した模擬体（ファントム）や照明光をほぼ直接に撮像センサ４８に入射させる白板を撮影して検証をすることが好ましい。

【０１０７】

上記変形例の内視鏡システム７００は、検証部７０４が各色の光量積分値の算出する際等に観察対象の種類を考慮していないが、第２実施形態と同様に観察対象の種類を考慮して検証部７０４で算出する各色の光量積分値や光量積分値の比率を算出することができる。このように、検証部７０４が行う検証に観察対象の種類を考慮する場合、食道、胃、及び大腸等の反射率を模した模擬体を用いる。

【０１０８】

上記変形例の内視鏡システム７００では、検証部７０４は、撮像センサ４８の出力として受信部５３から画像信号を取得しているが、受信部５３から画像信号を取得する代わりに、ＤＰＳ５６、ノイズ除去部５８、または画像生成部６２から画像信号を取得することができる。検証部７０４は、これらプロセッサ装置１６の各部から画像信号を取得する代わりに、内視鏡１２のＡ／Ｄコンバータ５１、ＣＤＳ／ＡＧＣ回路５０、または撮像センサ４８から画像信号を取得してもよい。

【０１０９】

上記第１～第５実施形態では、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂが発するＢ光をそのまま第１多色スペクトル光２５、２２５、３２５、及び５２５に利用しているが、約４５０ｎｍから約５００ｎｍの波長の光は表層血管やピットパターン等の構造のコントラストを低下させてしまう。このため、図２６に示す内視鏡システム８００のように、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂの光路中に、約４５０ｎｍから約５００ｎｍの波長の光を低減する帯域制限部８０１を配置することによって、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂが発するＢ光から、約４５０ｎｍから約５００ｎｍの波長成分を低減したＢｓ光を生成し、Ｂｓ光を第１多色スペクトル光２５、２２５、３２５、及び５２５に用いることが好ましい。この場合、光量比は、帯域制限部８０１を通過後のＢｓ光の分光スペクトルを用いて算出する。

【０１１０】

上記第１～第６実施形態では、撮像センサ４８が設けられた内視鏡１２を被検体内に挿入して観察を行う内視鏡システムによって本発明を実施しているが、カプセル内視鏡システムでも本発明は好適である。例えば、図２７に示すように、カプセル内視鏡システムでは、カプセル内視鏡９００と、プロセッサ装置（図示しない）とを少なくとも有する。

【０１１１】

カプセル内視鏡９００は、光源部９０２と光源制御部９０３と、撮像センサ９０４と、画像生成部９０６と、送受信アンテナ９０８とを備えている。光源部９０２は、上記第１～第６実施形態の光源部２０と同様に、Ｖ光を発するＶ－ＬＥＤと、Ｂ光を発するＢ－ＬＥＤと、Ｇ光を発するＧ－ＬＥＤと、Ｒ光を発するＲ－ＬＥＤと、を有している。

【０１１２】

光源制御部９０３は、上記各実施形態及び変形例の光源制御部２２と同様にして光源部９０２の駆動を制御する。また、光源制御部９０３は、送受信アンテナ９０８によって、カプセル内視鏡システムのプロセッサ装置と無線で通信可能である。カプセル内視鏡システムのプロセッサ装置は、上記第１～第６実施形態のプロセッサ装置１６とほぼ同様であるが、画像生成部９０６はカプセル内視鏡９００に設けられ、生成された内視鏡画像は、送受信アンテナ９０８を介してプロセッサ装置に送信される。撮像センサ９０４は上記第１～第６実施形態の撮像センサ４８と同様に構成される。

【０１１３】

なお、上記第１～第６実施形態では、光源制御部２２は、キセノンランプの白色光を模倣するための第１多色スペクトル光２５、２２５、３２５、及び５２５を発生させているが、キセノンランプの白色光の代わりに、他の広帯域な連続スペクトル光を模倣するための第１多色スペクトル光を発生さても良い。例えば、従来の内視鏡システムでは、キセノンランプ以外のハロゲンランプを用いる場合がある。キセノンランプ以外のハロゲンランプを模倣するための第１多色スペクトル光を発生させても良く、模倣するランプの種類を医師等が選択できるようにしても良い。同様に、励起光を発する励起光光源と、励起光の照射によって蛍光を発する蛍光体を組み合わせた広帯域光源や、半導体光源からなる広帯域光源が発する連続スペクトル光を模倣することもできる。蛍光体に励起光を照射して広

帯域光源は、例えば、紫外光、紫色光、または青色光等を発光する励起光光源と、紫外光、紫色光、または青色光等の照射によって緑色から黄色（あるいは赤色）の蛍光を発光する蛍光体を組み合わせて構成される。半導体光源からなる広帯域光源は、例えば、白色光を発生する半導体光源である。上記のように、キセノンランプ以外の広帯域な連続スペクトル光（実質的に白色に見える擬似白色光やその他白色以外の光を含む）を模倣する場合も、上記実施形態のキセノンランプの白色光を模倣する場合と同様にして第１多色スペクトル光を発生させることができる。

【０１１４】

上記第１～第６実施形態では、Ｖ－ＬＥＤ２０ａ、Ｂ－ＬＥＤ２０ｂ、Ｇ－ＬＥＤ２０ｃ、Ｒ－ＬＥＤ２０ｄの４色のＬＥＤを用いているが、内視鏡光源装置１４に用いる複数の光源が発光する光の色（波長）や組み合わせ、ＬＥＤの個数等は、これ以外の色及び組み合わせでも良い。また、ＬＥＤの代わりに、ＬＤ（Laser Diode）等の他の半導体光源を用いても良い。ＬＥＤやＬＤと蛍光体を組み合わせた光源を用いても良い。

【０１１５】

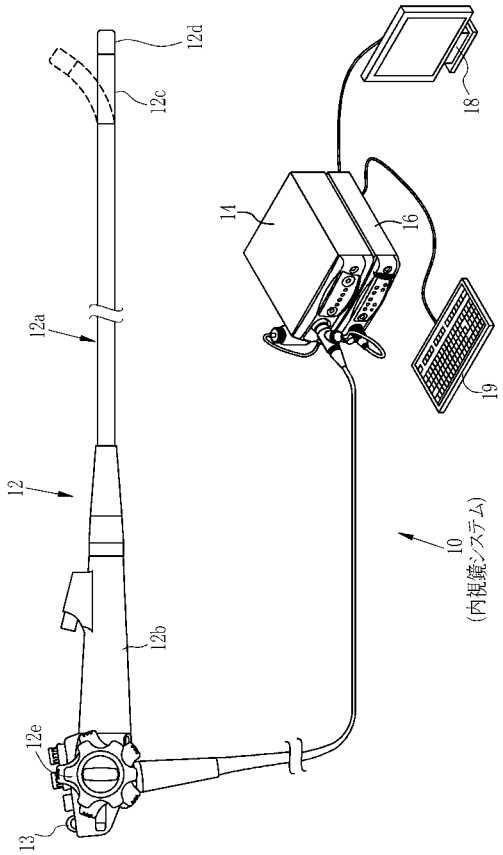
なお、上記第１～第６実施形態では、光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄを全て同時に点灯しているが、撮像センサ４８が観察対象を撮像している間（光電変換をする間の時間）にこれら各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄを順次点灯させても良い。また、撮像センサ４８が観察対象を撮像している間に、色毎に点灯時間を調節して、光量を制御してもよい。これらの場合も上記第１～第５実施形態のように光源部２０の各ＬＥＤ２０ａ～２０ｄを同時に点灯するのと同じ結果が得られる。

【符号の説明】

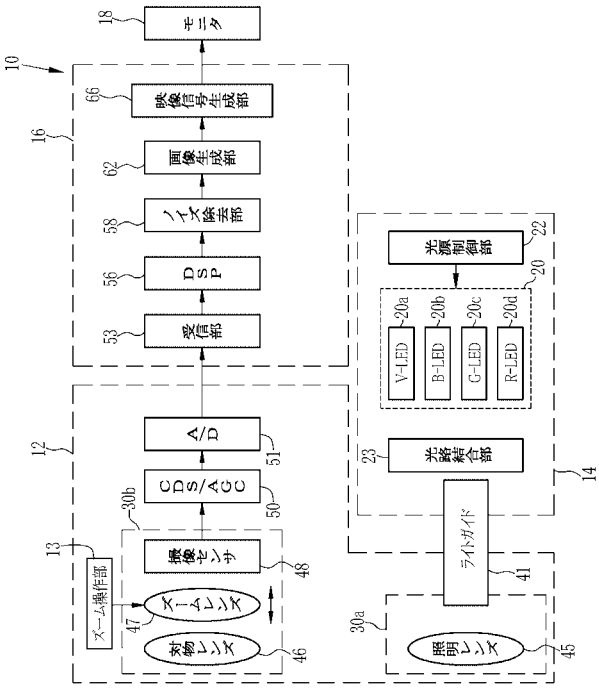
【０１１６】

１０，２４０，４１０，４２０，５００，６００，７００，８００　内視鏡システム
２０　光源部
２２　光源制御部
２５，２２５，３２５，５２５　第１多色スペクトル光
２６　連続スペクトル光
４１２　内視鏡機種検出部
５０１　光量検出部
５０４　経時劣化検出部
６０４，７０４　検証部
９００　カプセル内視鏡

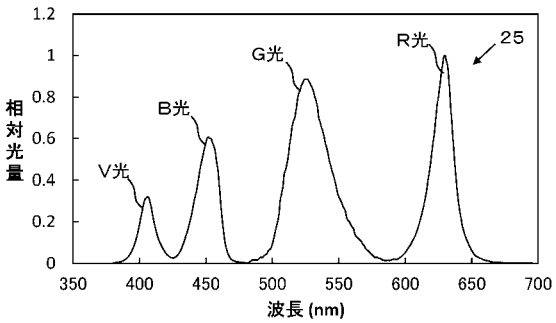
【図１】



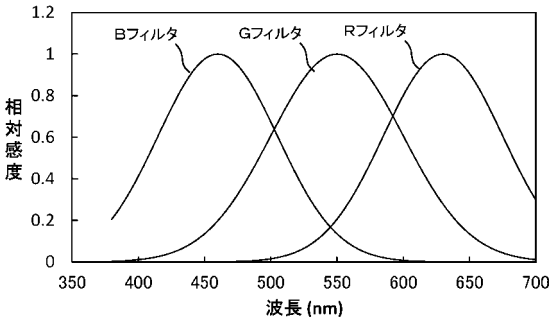
【図２】



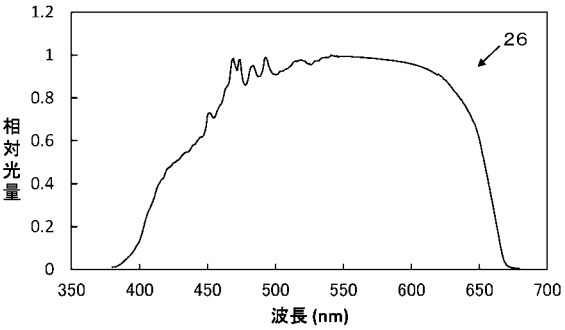
【図３】



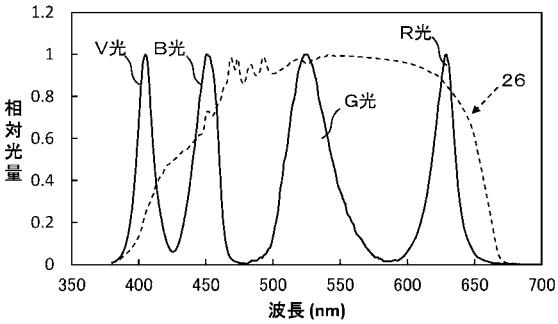
【図５】



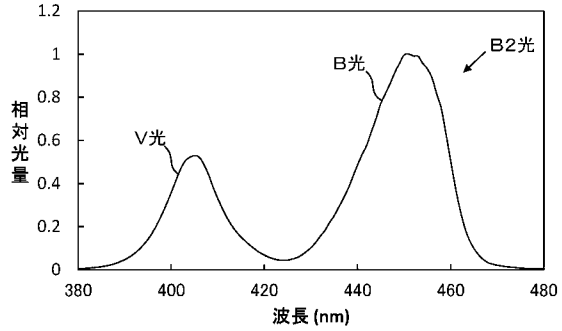
【図４】



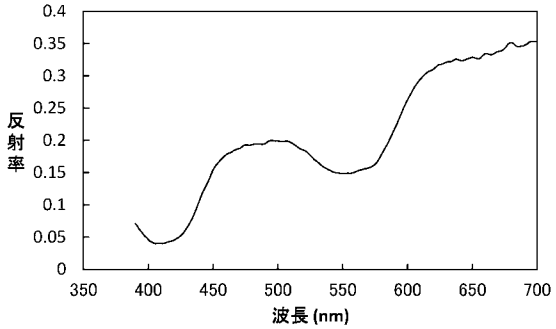
【図６】



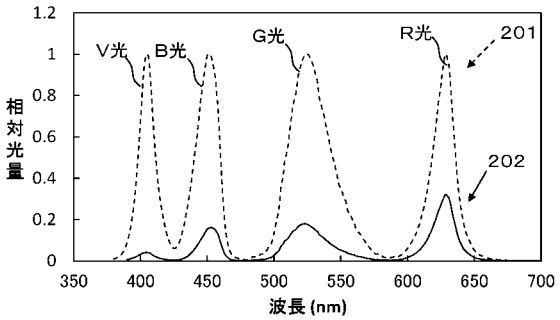
【図７】



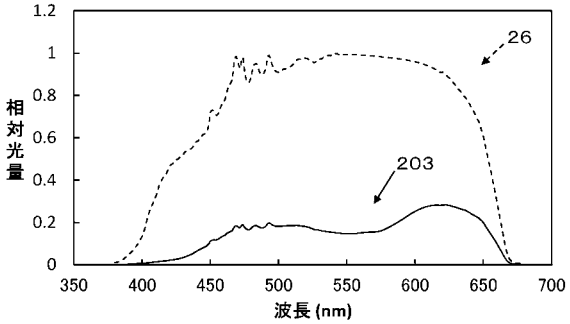
【図８】



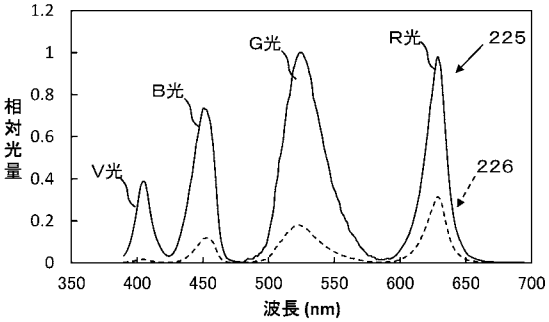
【図９】



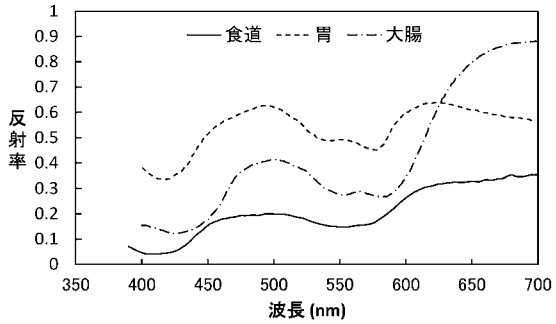
【図１０】



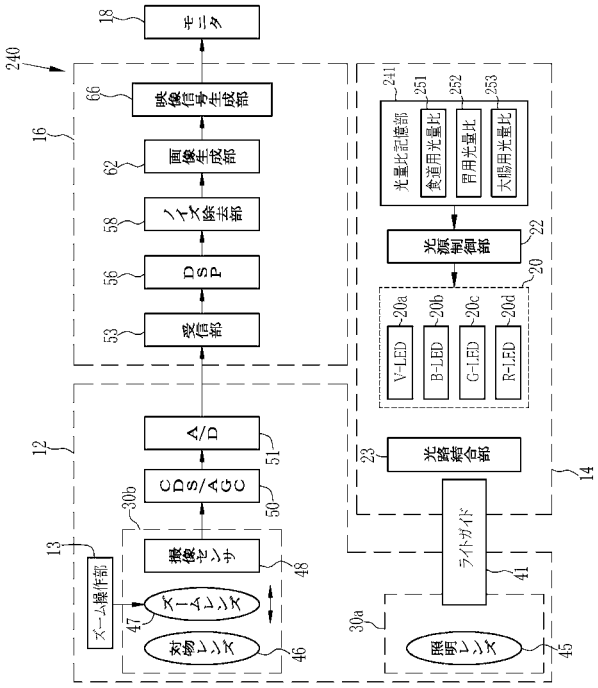
【図１１】



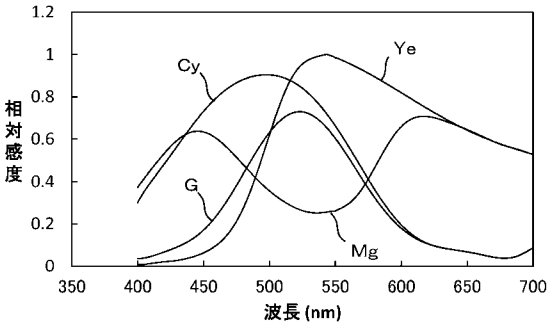
【図１２】



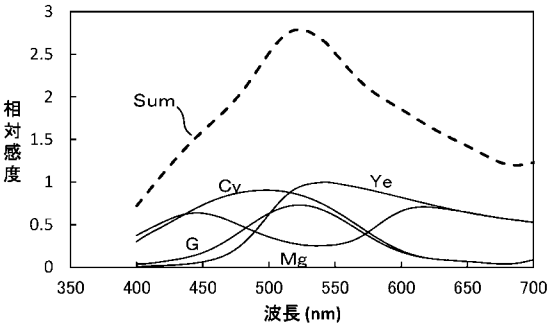
【図１３】



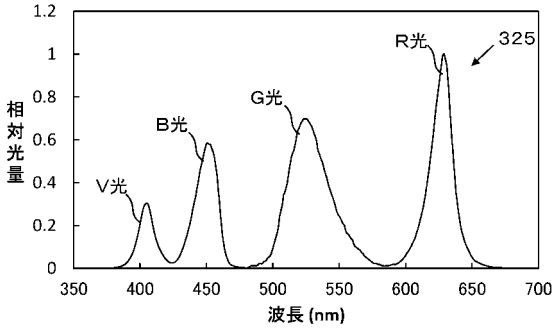
【図１４】



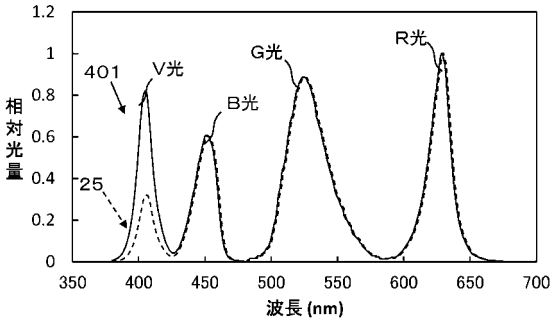
【図１５】



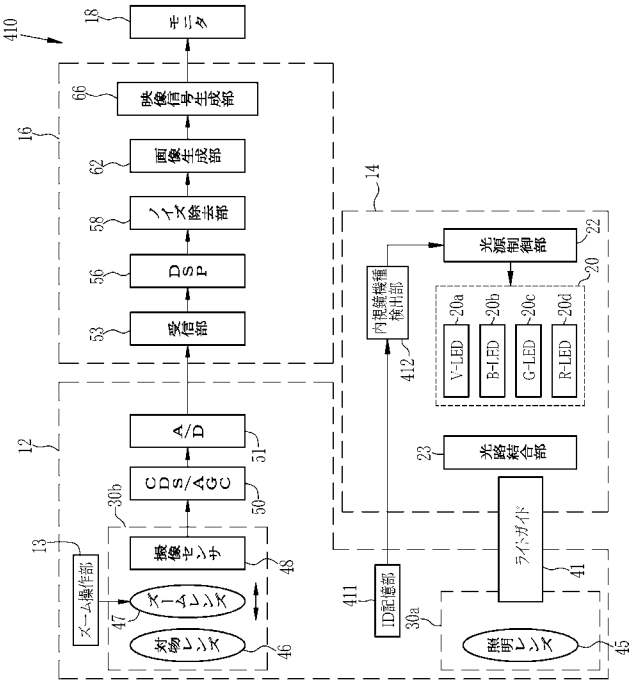
【図１６】



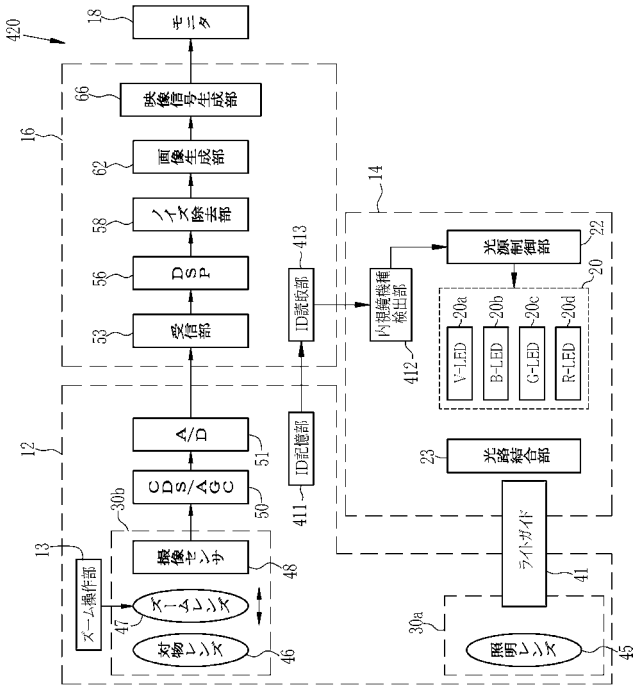
【図１７】



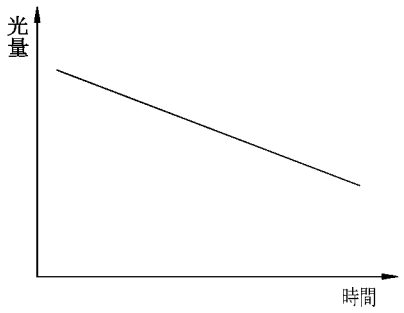
【図１８】



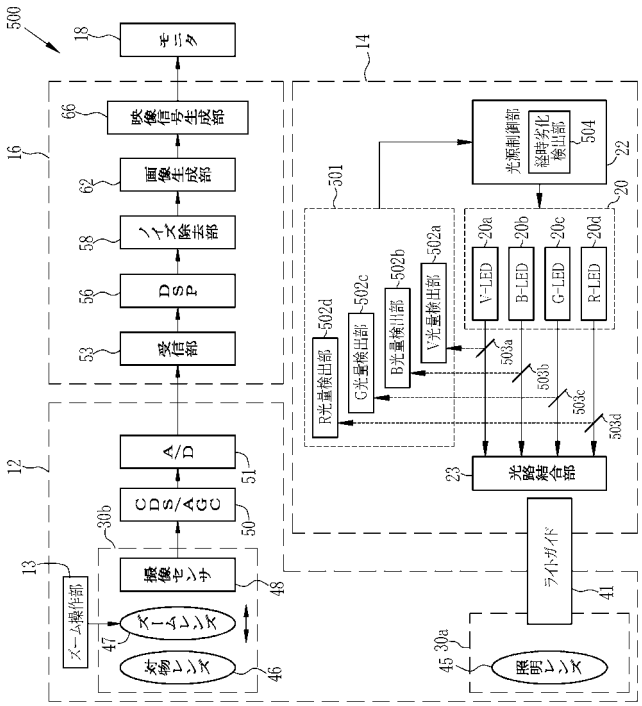
【図１９】



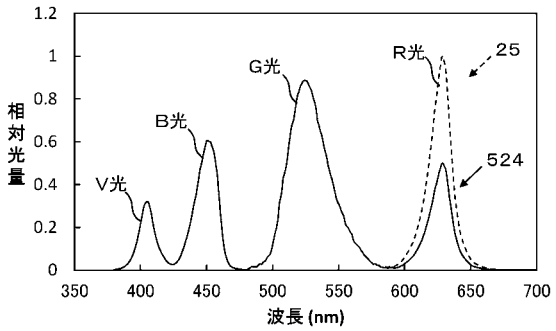
【図２０】



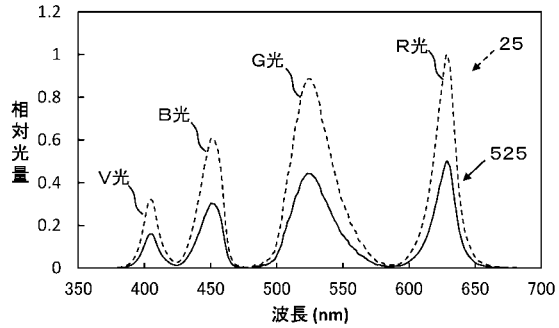
【図２１】



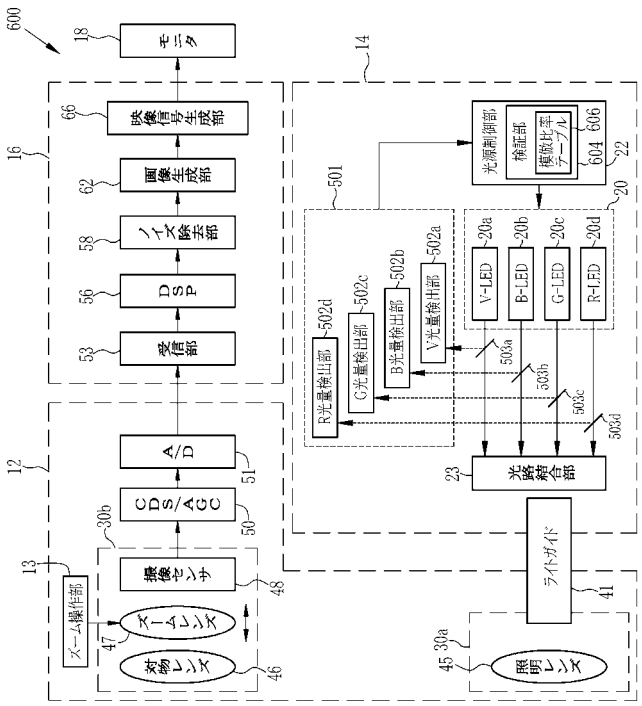
【図２２】



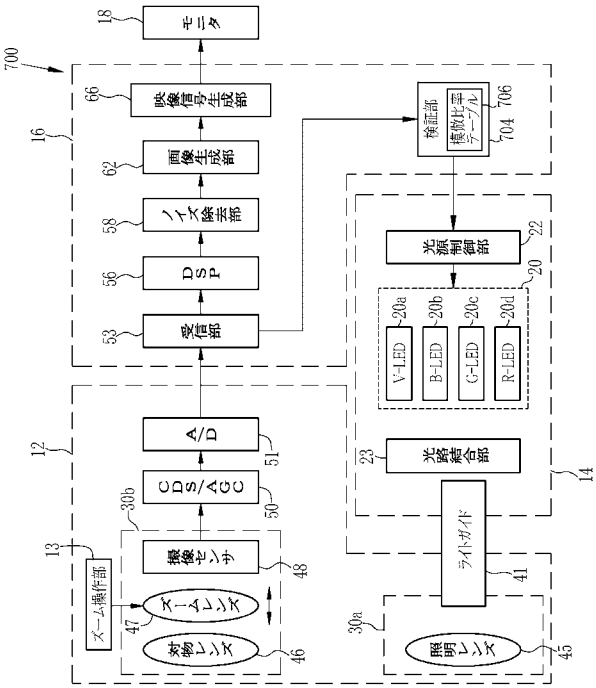
【図２３】



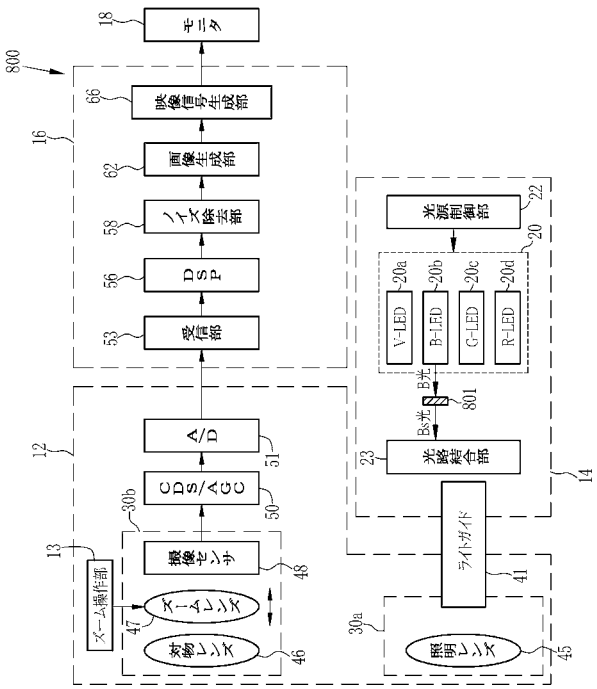
【図２４】



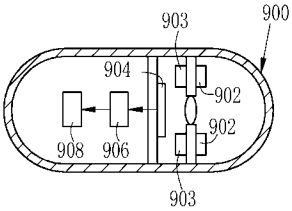
【図２５】


700
モニタ
18
映像信号生成部
66
画像生成部
62
ノイズ除去部
58
DSP
56
受信部
53
16
検証部
模倣比率テーブル
706
704
光源制御部
22
20
V-LED
20a
B-LED
20b
G-LED
20c
R-LED
20d
光路結合部
23
14
ライトガイド
41
照明レンズ
45
30a
A/D
51
CDS/AGC
50
30b
撮像センサ
48
ズームレンズ
47
対物レンズ
46
ズーム操作部
13
12

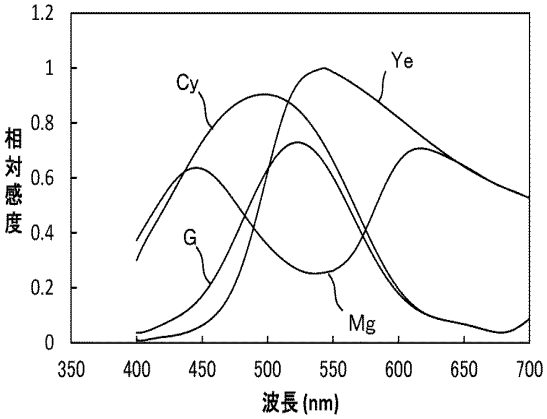
【図２６】


800
モニタ
18
映像信号生成部
66
画像生成部
62
ノイズ除去部
58
DSP
56
受信部
53
16
光源制御部
22
20
V-LED
20a
B-LED
20b
G-LED
20c
R-LED
20d
B光
Bs光
801
光路結合部
23
14
ライトガイド
41
照明レンズ
45
30a
A/D
51
CDS/AGC
50
30b
撮像センサ
48
ズームレンズ
47
対物レンズ
46
ズーム操作部
13
12

【図２７】


900
903
904
902
902
908
906
903

专利名称(译)	内窥镜系统和操作内窥镜系统的方法		
公开(公告)号	JP2020000931A	公开(公告)日	2020-01-09
申请号	JP2019186119	申请日	2019-10-09
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	大谷健一 杉崎誠		
发明人	大谷 健一 杉崎 誠		
IPC分类号	A61B1/06		
FI分类号	A61B1/06.610		
F-TERM分类号	4C161/CC06 4C161/JJ11 4C161/LL02 4C161/QQ07 4C161/RR02 4C161/RR22 4C161/RR23 4C161/TT03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了提供一种内窥镜系统和一种操作内窥镜系统的方法，该内窥镜系统和操作该内窥镜系统的方法基本上能够像将分别独立发射彼此不同颜色的光束的多个光源用作照明的情况那样观察观察对象。 解决方案：基于分别通过Cy像素，Mg像素，Ye像素和G像素接收V光，B光，G光和R光而获得的按色积分光量值计算得出的值。 使光量比Cv：Cb：Cg：Cr与通过Cy像素，Mg像素，Ye像素和G像素接收氙气灯的连续光谱光26而获得的按色积分光量值的比例相匹配。 选定的图纸：图14