

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6113943号
(P6113943)

(45) 発行日 平成29年4月12日(2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 1/00 3 O O D

請求項の数 18 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2017-504445 (P2017-504445)
 (86) (22) 出願日 平成28年11月2日 (2016.11.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/082641
 審査請求日 平成29年1月26日 (2017.1.26)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-215520 (P2015-215520)
 (32) 優先日 平成27年11月2日 (2015.11.2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000113263
 HO Y A 株式会社
 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
 (74) 代理人 110000165
 グローバル・アイピー東京特許業務法人
 (72) 発明者 小原 佳巳
 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号 H
 O Y A 株式会社内

審査官 右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡システム及び分析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

白色光と波長域が異なり、生体組織の第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成された光源装置と、

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された撮像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データXである、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データYである、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分为ある第1通常観察画像データRと、に基づいて第1パラメータである、前記第1特殊観察画像データWと前記第1通常観察画像データRとの比W/Rを生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、
を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項 2】

白色光と波長域が異なり、生体組織の第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成された光源装置と、

10

20

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データXである、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データYである、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRに、予め設定された係数を乗算したデータRと、に基づいて第1パラメータである、前記第1特殊観察画像データWと前記データRとの比W/(R)を生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、

を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項3】

白色光と波長域が異なり、生体組織の第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成された光源装置と、

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データXである、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データYである、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRとG成分である第2通常観察画像データGとの和R+Gと、に基づいて第1パラメータである、前記第1特殊観察画像データWと前記和R+Gとの比W/(R+G)を生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、

を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項4】

白色光と波長域が異なり、生体組織の第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成された光源装置と、

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データXである、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データYである、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRとG成分である第2通常観察画像データGとを、予め設定された係数及び係数を用いて重み付け加算した和R+Gと、に基づいて第1パラメータである、前記第1特殊観察画像データWと前記和R+Gとの比W/(R+G)を生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、

を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項5】

10

20

30

40

50

前記撮像部は、前記撮像素子による受光前の光を、RGB色空間上のRの波長域にフィルタリングするように構成されたRカラーフィルタを備え、

前記第1通常観察画像データRが、前記撮像素子のRカラーフィルタを介して撮像された画像のデータである、請求項1～4のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項6】

前記光源装置が、
白色光を発する白色光源と、
前記白色光から前記第1特殊光を取り出すように構成された第1光学フィルタと、
を備え、

前記白色光と前記第1特殊光とを切り替えて発する、
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】

前記プロセッサは、前記第1パラメータと前記第1特徴量との量的関係を表すデータを記憶する記憶部を備え、

前記第1特徴量取得部が、前記量的関係を表すデータを参照して、前記第1特徴量を求めるように構成される、

請求項1～6のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項8】

前記第1特徴量が総ヘモグロビン量である、
請求項1～7のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項9】

前記第1特徴量が総ヘモグロビン量であり、
前記第1特殊観察画像データWが、前記RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域のデータである、請求項1～7のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項10】

前記撮像部は、前記撮像素子の受光前の光を、RGB色空間上のGの波長域にフィルタリングするように構成されたGカラーフィルタを備え、

前記第1特殊観察画像データWが、前記Gカラーフィルタを介して前記撮像素子で撮像された画像データである、

請求項9に記載の内視鏡システム。

【請求項11】

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記生体組織の第2特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第2特殊光を発するように構成され、

前記特徴量取得部が、
前記カラー画像データから、前記第2特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第2特殊観察画像データNと、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、の比N/Wである第2パラメータを生成するように構成された第2パラメータ生成部と、

前記第1特徴量及び前記第2パラメータに基づいて前記第2特徴量を取得するように構成された第2特徴量取得部と、を備える、

請求項1～6のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項12】

前記生体組織による前記第1特殊光の吸光度が、前記第1特徴量に依存し、前記第2特徴量に依存しないように前記第1特殊光の波長域が設定されている、請求項1～1に記載の内視鏡システム。

【請求項13】

前記生体組織による前記第2特殊光の吸光度が、前記第1特徴量及び前記第2特徴量の両方に依存するように、前記第2特殊光の波長域が設定されている、請求項1～2に記載の内視鏡システム。

【請求項14】

10

20

30

40

50

前記第2特徴量が酸素飽和度である、
請求項1 1 ~ 1 3のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項15】

前記第2特殊観察画像データNが、前記RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域の画像データである、

請求項1 4に記載の内視鏡システム。

【請求項16】

前記撮像部は、前記撮像素子の受光前の光を、RGB色空間上のGの波長域にフィルタリングするように構成されたGカラーフィルタを備え、

前記第2特殊観察画像データNが、前記Gカラーフィルタを介して撮像された画像のデータである、
10

請求項1 5に記載の内視鏡システム。

【請求項17】

前記第1特徴量に基づき、前記生体組織における該第1特徴量の分布を表す特徴量分布画像を生成するように構成された特徴量分布画像生成部を備えた、

請求項1 ~ 1 6のいずれか1項に記載の内視鏡システム。

【請求項18】

前記第2特徴量に基づき、前記生体組織における該第2特徴量の分布を表す特徴量分布画像を生成するように構成された特徴量分布画像生成部を備えた、

請求項1 1 ~ 1 6のいずれか1項に記載の内視鏡システム。
20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体組織を撮影した画像に基づいて、生体組織中の生体物質の濃度等の生体情報を取得する内視鏡システム及び分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内視鏡画像の色情報から、被写体である生体組織中の生体物質（例えば、ヘモグロビン）の濃度を定量する機能を備えた内視鏡装置が知られている。このような内視鏡装置の一例が特許文献1に記載されている。
30

【0003】

特許文献1に記載の内視鏡装置は、ヘモグロビンの吸収帯（Q帯）内の2種類の波長域の照明光をそれぞれ使用して撮影した2つの内視鏡画像の色情報に基づいて、総ヘモグロビン量を示す指標と、酸素飽和度を示す指標を計算する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2014/192781号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

撮像画像上の生体組織の色は、生体組織による照明光の光散乱（以下、単に「散乱」ともいう。）の影響を受ける。しかしながら、特許文献1に記載の内視鏡装置では、各指標の計算において、上記散乱に起因する分光特性の変化が考慮されていない。そのため、散乱の強さによって指標の計算結果が変動する、すなわち、算出された指標値に、散乱に起因する誤差が含まれるという問題があった。

【0006】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、散乱に起因する誤差を補正し、より精度の高い分光学的分析が可能な内視鏡システム及び分析装置を提供することを目的とする。
40

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の一態様は、内視鏡システムであり、以下の態様を含む。

【0008】**(態様1)**

光源装置と、

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成する
ように構成された撮像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有しない第1パラメータを生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得する
ように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、
を備えることを特徴とする内視鏡システム。

【0009】**(態様2)**

前記第1パラメータ生成部は、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データXと、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像のカラー画像データYと、に基づいて前記第1パラメータを生成するように構成される、態様1に記載の内視鏡システム。

【0010】**(態様3)**

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成され、

前記カラー画像データXは、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWであり、

前記カラー画像データYは、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRであり、

前記第1パラメータは、前記第1特殊観察画像データWと前記第1通常観察画像データRとの比W/Rである、
態様2に記載の内視鏡システム。

【0011】**(態様4)**

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成され、

前記カラー画像データXは、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWであり、

前記カラー画像データYは、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRに、予め設定された係数を乗算したデータRであり、

前記第1パラメータは、前記第1特殊観察画像データWと前記データRとの比W/(R)である、
態様2に記載の内視鏡システム。

この場合、前記係数は、予め、前記第1特徴量が既知のサンプルを用いた予備試験によ
つて求めることが好ましい。すなわち、前記プロセッサは、前記内視鏡システムの使用を
始める前に、前記既知のサンプルを用いた予備試験を行って、前記係数を定めて記憶し
ておくことが好ましい。

【0012】**(態様5)**

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記第1特徴量の程度に応じて前記生体組

10

20

30

40

50

織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成され、

前記カラー画像データXは、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWであり、

前記カラー画像データYは、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRとG成分である第2通常観察画像データGとの和R+Gであり、

前記第1パラメータは、前記第1特殊観察画像データWと前記和R+Gとの比W/(R+G)である、態様2に記載の内視鏡システム。

【0013】

(態様6)

10

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記第1特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第1特殊光を発するように構成され、

前記カラー画像データXは、前記第1特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWであり、

前記カラー画像データYは、前記白色光の照明下で前記生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRとG成分である第2通常観察画像データGとを、予め設定された係数及び係数を用いて重み付け加算した和R+Gであり、

前記第1パラメータは、前記第1特殊観察画像データWと前記和R+Gとの比W/(R+G)である、態様2に記載の内視鏡システム。

20

この場合、前記係数及び前記係数は、予め、前記第1特徴量が既知のサンプルを用いた予備試験によって求めることが好ましい。すなわち、前記プロセッサは、前記内視鏡システムの使用を始める前に、前記既知のサンプルを用いた予備試験を行って、前記係数及び前記係数を定めて記憶しておくことが好ましい。

【0014】

(態様7)

前記撮像部は、前記撮像素子による受光前の光を、RGB色空間上のRの波長域にフィルタリングするように構成されたRカラーフィルタを備え、

前記第1通常観察画像データRが、前記撮像素子のRカラーフィルタを介して撮像された画像のデータである、態様3~6のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

30

【0015】

(態様8)

前記光源装置が、

白色光を発する白色光源と、

前記白色光から前記第1特殊光を取り出すように構成された第1光学フィルタと、を備え、

前記白色光と前記第1特殊光とを切り替えて発する、態様3~7のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

【0016】

(態様9)

40

前記プロセッサは、前記第1パラメータと前記第1特徴量との量的関係を表すデータを記憶する記憶部を備え、

前記第1特徴量取得部が、前記量的関係を表すデータを参照して、前記第1特徴量を求めるように構成される、

態様1~8のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

【0017】

(態様10)

前記第1特徴量が総ヘモグロビン量である、

態様1~9のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

【0018】

50

(態様 1 1)

前記第 1 特徴量が総ヘモグロビン量であり、

前記第 1 特殊観察画像データ W が、前記 R G B 色空間上の G の波長域と同じ波長域のデータである、態様 3 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 1 9 】

(態様 1 2)

前記撮像部は、前記撮像素子の受光前の光を、R G B 色空間上の G の波長域にフィルタリングするように構成された G カラーフィルタを備え、

前記第 1 特殊観察画像データ W が、前記 G カラーフィルタを介して前記撮像素子で撮像された画像データである、

態様 1 1 に記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 0 】

(態様 1 3)

前記プロセッサは、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第 2 特徴量に対して感度を有し、且つ、前記光散乱に対して感度を有しない第 2 パラメータを生成するように構成された第 2 パラメータ生成部と、

前記第 1 特徴量及び前記第 2 パラメータに基づいて前記第 2 特徴量を取得するように構成された第 2 特徴量取得部と、を備えた、

態様 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 1 】

(態様 1 4)

前記特徴量取得部が、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第 2 特徴量に対して感度を有し、且つ、前記光散乱に対して感度を有しない第 2 パラメータを生成するように構成された第 2 パラメータ生成部と、

前記第 1 特徴量及び前記第 2 パラメータに基づいて前記第 2 特徴量を取得するように構成された第 2 特徴量取得部と、を備え、

前記光源装置は、白色光と波長域が異なり、前記第 2 特徴量の程度に応じて前記生体組織による吸光度が異なる第 2 特殊光を発するように構成され、

前記第 2 パラメータが、

前記第 2 特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第 2 特殊観察画像データ N と、前記第 1 特殊光の照明下で前記生体組織を撮像して得た第 1 特殊観察画像データ W との比 N / W である、

態様 3 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 2 】

(態様 1 5)

前記生体組織による前記第 1 特殊光の吸光度が、前記第 1 特徴量に依存し、前記第 2 特徴量に依存しないように前記第 1 特殊光の波長域が設定されている、態様 1 4 に記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 3 】

(態様 1 6)

前記生体組織による前記第 2 特殊光の吸光度が、前記第 1 特徴量及び前記第 2 特徴量の両方に依存するように、前記第 2 特殊光の波長域が設定されている、態様 1 5 に記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 4 】

(態様 1 7)

前記第 2 特徴量が酸素飽和度である、

態様 1 3 ~ 1 6 のいずれか 1 つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

(態様 18)

前記第2特殊観察画像データNが、前記RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域の画像データである、

態様17に記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 6 】

(態様 19)

前記撮像部は、前記撮像素子の受光前の光を、RGB色空間上のGの波長域にフィルタリングするように構成されたGカラーフィルタを備え、

前記第2特殊観察画像データNが、前記Gカラーフィルタを介して撮像された画像のデータである、

10

態様18に記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 7 】

(態様 20)

前記第1特徴量に基づき、前記生体組織における該第1特徴量の分布を表す特徴量分布画像を生成するように構成された特徴量分布画像生成部を備えた、

態様1～19のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 8 】

(態様 21)

前記第2特徴量に基づき、前記生体組織における該第2特徴量の分布を表す特徴量分布画像を生成するように構成された特徴量分布画像生成部を備えた、

20

態様13～19のいずれか1つに記載の内視鏡システム。

【 0 0 2 9 】

本発明の他の態様は、分析装置であり、以下の態様を含む。

光源装置と、

前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された撮像素子を備えた撮像部と、

前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有しない、第1パラメータを生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、

30

を備えることを特徴とする分析装置。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 0 】

上述の内視鏡システム及び分析装置によれば、散乱に起因する誤差が低減され、より精度の高い分光学的分析が可能になる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図1】ヘモグロビンのQ帯の吸収スペクトルである。

【 図2】生体組織の分光特性のシミュレーション結果の例を示す図である。

【 図3】各種パラメータと生体情報との相関の例を表すグラフである。

40

【 図4】各種パラメータと生体情報との相関の例を表すグラフである。

【 図5】各種パラメータと生体情報との相関の例を表すグラフである。

【 図6】本実施形態の内視鏡システムの一例のブロック図である。

【 図7】図6に示す内視鏡システムのコントローラの構成の一例を説明するブロック図である。

【 図8】撮像素子に内蔵されるカラーフィルタの透過スペクトルの一例を示す図である。

【 図9】本実施形態で用いる回転フィルタの一例の外観図である。

【 図10】本実施形態に係る分光分析処理の一例を説明するフロー・チャートである。

【 図11】本発実施形態に係る内視鏡システムによって生成される画像情報の表示例であり、(a)は酸素飽和度分布画像の2次元表示例を示す図であり、(b)は酸素飽和度分

50

布画像の3次元表示例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本実施形態について、図面を参照しながら説明する。

以下に説明する本実施形態の内視鏡システム（以降、内視鏡装置ともいう）は、波長域の異なる光成分を持つ撮像対象の像の画像データに基づいて被写体の生体情報（例えば、総ヘモグロビン量や酸素飽和度等の生体組織の特徴量）を定量的に分析して、分析結果を画像化して表示するシステムである。上記画像データを取得するには、生体組織の像を、生体情報が算出できるように所定の波長域に分けて受光して撮像してもよいが、ノイズが少なく精度のよい上記画像データを取得するには、互いに異なる所定の波長域の複数の光により照明された生体組織を撮像することにより、波長域の異なる成分を強調して取得することが好みしい。10

以下に説明する総ヘモグロビン量及び酸素飽和度の定量分析では、血液の分光特性（すなわち、ヘモグロビンの分光特性）が総ヘモグロビン量や酸素飽和度に応じて連続的に変化する性質が利用される。

【0033】

本明細書では、画像あるいは画像データにおけるR成分、R画素、あるいはカラーフィルタにおけるRカラーフィルタ等の中の「R」は、RGB色空間上のR（赤）であり、光の可視波長域の範囲である360～830nmのうち、570nm以上の波長域中の波長域を意味し、例えば、580～700nmの波長域を意味する。また、画像あるいは画像データにおけるG成分、G画素、あるいはカラーフィルタにおけるGカラーフィルタ等の中の“G”は、RGB色空間上のG（緑）であり、光の可視波長域の範囲である360～830nmのうち、例えば470～620nmの波長域中の波長域を意味する。画像あるいは画像データにおけるB成分、B画素、あるいはカラーフィルタにおけるBカラーフィルタ等の中の“B”は、RGB色空間上のB（青）であり、光の可視波長域の範囲である360～830nmのうち、530nm以下の波長域中の波長域を意味し、例えば、420～520nmの波長域を意味する。また、「R」、「G」、「B」は、単独で、画像のR画素、G画素、B画素の画素値を表す場合もある。20

白色光とは、厳密に可視光の全ての波長成分を含むものに限らず、例えば、上記R、G、Bにおける上記波長域の成分を含む光であればよい。30

【0034】

<生体組織の分光特性と生体情報の計算原理>

本実施形態の内視鏡装置の詳しい構成を説明する前に、ヘモグロビンの分光特性と、本実施形態に係る酸素飽和度等の生体組織の特徴量（生体情報）の計算原理について説明する。

【0035】

図1に、550nm付近のヘモグロビンの吸収スペクトルを示す。ヘモグロビンは、550nm付近にポルフィリンに由来するQ帯と呼ばれる強い吸収帯を有している。ヘモグロビンの吸収スペクトルは、酸素飽和度に応じて変化する。酸素飽和度は、全ヘモグロビンのうち酸素化ヘモグロビンHbO₂が占める割合である。図1における実線の波形は、酸素飽和度が100%の酸化化ヘモグロビンHbO₂の吸収スペクトルであり、長破線の波形は、酸素飽和度が0%の場合の吸収スペクトル、すなわち、還元ヘモグロビンHbの吸収スペクトルである。また、短破線は、その中間の酸素飽和度が10、20、30、…90%におけるヘモグロビン（酸素化ヘモグロビンHbO₂と還元ヘモグロビンHbの混合物）の吸収スペクトルである。40

【0036】

図1に示されるように、Q帶において、酸素化ヘモグロビンHbO₂と還元ヘモグロビンHbは互いに異なるピーク波長を有している。具体的には、酸素化ヘモグロビンHbO₂は、波長542nm付近の吸収ピークP1と、波長576nm付近の吸収ピークP3を有している。一方、還元ヘモグロビンHbは、556nm付近に吸収ピークP2を有している50

。図1は、各成分（酸素化ヘモグロビンHbO、還元ヘモグロビンHb）の濃度の和が一定となる2成分系の吸収スペクトルであるため、各成分の濃度（すなわち、酸素飽和度）によらず吸収が一定となる等吸収点E1、E2、E3、E4が現れる。以下の説明では、等吸収点E1とE2とで挟まれた波長領域を波長域R1、等吸収点E2とE3とで挟まれた波長領域を波長域R2、等吸収点E3とE4とで挟まれた波長領域を波長域R3と呼ぶ。また、等吸収点E1とE4とで挟まれた波長領域（すなわち波長域R1、R2及びR3を合わせたもの）を波長域R0と呼ぶ。また、以下の説明において、波長域R2をN帯（Narrow-band）、波長域R0をW帯（Wide-band）とも称する。

このように、上記波長域R0及び波長域R2は、酸素飽和度によらず吸収が一定になる点と、酸素飽和度によって吸収が変化する領域とを有する波長域に基づいて定められる。
10 上記波長域R0及び波長域R2の範囲は、特に限定されないが、上記酸素飽和度による変化が大きい領域に基づいて定められることが好ましい。例えば、W帯については、500nm～600nmの範囲内とすることが好ましく、520nm～590nmの範囲内とすることがより好ましい。また、N帯については、例えば、W帯の範囲内で、W帯よりも範囲が狭く、且つ、520nm～590nmの範囲内とすることが好ましく、540nm～580nmの範囲内とすることがより好ましい。

【0037】

図1に示されるように、隣接する等吸収点間の波長域では、ヘモグロビンの吸収度は酸素飽和度に対して線形的に増加又は減少する。

【0038】

具体的には、波長域R1、R3におけるヘモグロビンの吸収度の積分値AR1、AR3は、酸素化ヘモグロビンの濃度に対して線形的に増加する。また、波長域R2におけるヘモグロビンの吸収度の積分値AR2は、還元ヘモグロビンの濃度に対して線形的に増加する。

【0039】

ここで、酸素飽和度は次の数式1により定義される。

【0040】

【数1】

$$Sat = \frac{[HbO]}{[Hb] + [HbO]}$$

但し、

Sat：酸素飽和度

[Hb]：還元ヘモグロビンの濃度

[HbO]：酸素化ヘモグロビンの濃度

[Hb]+[HbO]：総ヘモグロビン量(tHb)

【0041】

また、数式1より、酸素化ヘモグロビンHbO及び還元ヘモグロビンHbの濃度を表す
40 数式2、数式3が得られる。

【0042】

【数2】

$$[HbO] = Sat \cdot ([Hb] + [HbO])$$

【0043】

【数3】

$$[Hb] = (1 - Sat) \cdot ([Hb] + [HbO])$$

【0044】

従って、ヘモグロビンの吸収度の積分値 A R 1、A R 2 及び A R 3 は、酸素飽和度 S a t と総ヘモグロビン量 t H b の両方に依存する特性量となる。

【0045】

また、本件特許出願人における研究により、波長域 R 1、R 2 及び R 3 からなる波長域 R 0 におけるヘモグロビンの吸収度の積分値 A R 0 は、酸素飽和度 S a t には依存せず、総ヘモグロビン量 t H b に応じて変化する値となることが判明している。 10

【0046】

従って、吸収度の積分値 A R 0 から総ヘモグロビン量 t H b を定量することができる。また、吸収度の積分値 A R 1、A R 2 又は A R 3 と、吸収 A R 0 から定量した総ヘモグロビン量 t H b とから、酸素飽和度 S a t を定量することができる。なお、図 1 に示されるように、波長域 R 1、R 2 及び R 3 のうち、酸素飽和度 S a t による吸収度の積分値の変化量、すなわち、図 1 中の実線の波形と長破線の波形とで囲まれた領域の面積は、波長域 R 0 ~ R 3 の中で波長域 R 2 において最も大きく、波長域 R 2 の吸収度の積分値 A R 2 が酸素飽和度 S a t に対して最も感度の高い特性量となる。後述する実施形態では、波長域 R 2 (N 帯) の光を使用して酸素飽和度 S a t の定量が行われる。 20

【0047】

次に、生体組織の分光特性における散乱の影響について説明する。

図 2 は、シミュレーション計算によって得られた生体組織の可視域における分光特性である反射スペクトルの一例であり、分光特性に与える光散乱の影響を示したものである。図 2 の各グラフの横軸は波長を表し、縦軸は反射率を表す。消化管内壁等の生体組織の反射スペクトルは、生体組織を構成する成分による吸収特性、具体的には、酸素化ヘモグロビン及び還元ヘモグロビンの吸収スペクトル特性に加えて、生体組織による光散乱の波長特性の影響を受ける。図 2 (a) は光散乱が全く無い場合の反射スペクトルであり、図 2 (c) はヘモグロビンによる吸収が全くなく、光散乱がある場合の反射スペクトルであり、図 2 (b) は反射スペクトルにおける生体組織の光散乱の寄与(散乱による光の減衰)とヘモグロビンの吸収の寄与(吸収による光の減衰)が同程度である場合の反射スペクトルである。 30

【0048】

図 2 に示されるように、生体組織の分光特性は、光散乱の強さによって変化するため、光散乱の程度を考慮することなく生体組織の分光特性に基づいて計算された酸素飽和度 S a t 等の生体情報は、光散乱の強さによって値が変わり得る。すなわち、生体組織の分光特性(例えば波長域 R 2 における反射率)をそのまま使用して生体情報を計算すると、光散乱に起因する誤差を含んだ計算結果が得られることになる。精度の高い分析結果を得るために、光散乱に起因する誤差を補正する必要がある。

【0049】

光散乱に起因する誤差を補正する方法としては、生体組織の分光特性から酸素飽和度 S a t 等の生体情報を計算した後に誤差を補正する方法や、生体組織の分光特性から光散乱に依存しない中間パラメータを生成し、中間パラメータを生成する段階で光散乱に依存する成分を取り除き、その中間パラメータと生体情報、すなわち生体組織の特徴量との相関関係から生体情報を計算する方法がある。本実施形態は、後者の手法により、光散乱に起因する誤差を含まない生体情報を取得するものである。この手法を実現するために、本発明者は、取得すべき生体情報、例えば、生体組織の特徴量である総ヘモグロビン量 t H b あるいは酸素飽和度 S a t に対して強い感度(相関)を有すると共に、光散乱に対して殆ど感度を有しないパラメータの探索を行った。 40

【0050】

図3-5は、内視鏡画像データから取得可能な各種パラメータと、総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度Satとの相関の一例を表すグラフであり、各種パラメータのシミュレーション結果をプロットしたグラフである。各グラフの横軸は総ヘモグロビン量tHbを表し、縦軸は各パラメータの値を表す。また、表1は、図3-5の各グラフの諸元を纏めたものである。

【0051】

なお、表1における「感度」は、図3-5の各グラフから読み取れる、総ヘモグロビン量tHb、光散乱の強さ及び酸素飽和度Satの変化に対する各パラメータの感度、いいかえると変動幅の大きさを三段階の星印で示したものである。星印が多いほどパラメータの感度が高い、すなわち変動幅が大きいことを示している。

10

【0052】

【表1】

グラフ	パラメータ	設定		感度		
		散乱の寄与度	酸素飽和度	総ヘモグロビン量	散乱	酸素飽和度
図3	(A1)	G/R	0~100	100%	★★★	★★
	(A2)		0	0~100%		★
	(B1)	B/R	0~100	100%	★★	★★★
	(B2)		0	0~100%		★★
	(C1)	B/G	0~100	100%	★★	★★
	(C2)		0	0~100%		★★★
図4	(D1)	W/R	0~100	100%	★★★	★
	(D2)		0	0~100%		★
	(E1)	N/R	0~100	100%	★★	★
	(E2)		0	0~100%		★
	(F1)	N/W	0~100	100%	★	★
	(F2)		0	0~100%		★★
図5	(G1)	W/(R+G)	0~100	100%	★★	★
	(G2)		0	0~100%		★

20

【0053】

図3のグラフ(A1)及び(A2)は、パラメータ「G/R」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。「G」は、白色光を生体組織の照明光として使用した通常観察で得られるG画素(緑色のGカラーフィルタが装着された色画素)の画素値である。また、「R」は、上記通常観察で得られるR画素(赤色のRカラーフィルタが装着された色画素)の画素値である。そして、パラメータ「G/R」は、通常観察で得られた画素値Gを画素値Rで除したものである。通常観察とは、後述する白色光WLで生体組織を撮像して、RGB色空間上のR成分、G成分、及びB成分の画像を取得することをいう。

【0054】

なお、本明細書において、画素値とは、RGB原色系カラーフィルタを備えたイメージセンサの撮像信号(所謂RAWデータ)の画素値に限らず、撮像信号からデモザイク処理(補間処理)やリニアマトリクス処理等の各種画像処理を経て得られる画像データの画素値も含まれる。例えば、補色系のカラーフィルタを備えたイメージセンサの撮像信号をデモザイク処理及び色空間変換処理して得られるRGB色空間上のR成分、G成分、及びB成分の画像データに含まれる各画素の値をそれぞれR画素値、G画素値及びB画素値として使用して、後述する各処理を行うこともできる。

40

【0055】

図3のグラフ(B1)及び(B2)は、パラメータ「B/R」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。「B」は、白色光WLを使用した通常観察で得られるB画素(青色のBカラーフィルタが装着された色画素)の画素値である。パラメータ「B/R」

50

」は、通常観察で得られた画素値 B を画素値 R で除したものである。

【0056】

図 3 のグラフ (C1) 及び (C2) は、パラメータ「 B / G 」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。パラメータ「 B / G 」は、通常観察で得られた画素値 B を画素値 G で除したものである。

【0057】

図 4 のグラフ (D1) 及び (D2) は、パラメータ「 W / R 」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。「 W 」は、図 1 に示される波長域 R0 (W 帯) の照明光を使用した特殊観察で得られる G 画素の画素値である。なお、後述するように、波長域 R0 は撮像素子の G 画素が感度を有する波長域に含まれる。パラメータ「 W / R 」は、 W 帯の照明光を使用した特殊観察で得られた G 画素の画素値 W を通常観察で得られた画素値 R で除したものである。
10

【0058】

図 4 のグラフ (E1) 及び (E2) は、パラメータ「 N / R 」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。「 N 」は、図 1 に示される波長域 R2 (N 帯) の照明光を使用した特殊観察で得られる G 画素の画素値である。パラメータ「 N / R 」は、 N 帯の照明光を使用した特殊観察で得られた G 画素の画素値 N を通常観察で得られた画素値 R で除したものである。

【0059】

図 4 のグラフ (F1) 及び (F2) は、パラメータ「 N / W 」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。パラメータ「 N / W 」は、 N 帯の照明光を使用した特殊観察で得られた G 画素の画素値 N を、 W 帯の照明光を使用した特殊観察で得られた G 画素の画素値 W で除したものである。
20

【0060】

図 5 のグラフ (G1) 及び (G2) は、パラメータ「 W / (R + G) 」のシミュレーション結果をプロットしたグラフである。パラメータ「 W / (R + G) 」は、 W 帯の照明光を使用した特殊観察で得られた G 画素の画素値 W を、白色光 WL を照明光として使用した通常観察で得られる R 画素の画素値 R と G 画素の画素値 G との和「 R + G 」で除したものである。

【0061】

また、図 3 乃至図 5 における左側のグラフ (A1) 、 (B1) 、 (C1) 、 (D1) 、 (E1) 、 (F1) 、 (G1) は、酸素飽和度 Sat を 100 % に固定し、光散乱の寄与度（光散乱の強さを表すパラメータ）を 0 ~ 100 単位にかけて 10 単位ずつ変化させたものを重ねてプロットしたものである。これらのグラフから、各パラメータの光散乱に対する感度の大きさを知ることができる。
30

【0062】

また、図 3 乃至図 5 における右側のグラフ (A2) 、 (B2) 、 (C2) 、 (D2) 、 (E2) 、 (F2) 、 (G2) は、散乱の寄与度を 0 单位に固定し、酸素飽和度 Sat を 0 ~ 100 % にかけて 10 % ずつ変化させたものを重ねてプロットしたものである。これらのグラフから、各パラメータの酸素飽和度 Sat に対する感度の大きさを知ることができる。
40

【0063】

表 1 及び図 4 のグラフ (D1) 、 (D2) に示されるように、パラメータ「 W / R 」は、総ヘモグロビン量 tHb に対して大きな感度を有する一方、光散乱や酸素飽和度 Sat に対しては殆ど感度を有していない。そのため、パラメータ「 W / R 」の値により総ヘモグロビン量 tHb の値が一意的に決まる。すなわち、画像データから得られるパラメータ「 W / R 」の値と、グラフ (D1) 、 (D2) に表される総ヘモグロビン量 tHb とパラメータ「 W / R 」との定量関係から、光散乱や酸素飽和度 Sat に依存しない正確な総ヘモグロビン量 tHb を得ることができる。

【0064】

また、表1及び図4のグラフ(F1)、(F2)に示されるように、パラメータ「N/W」は、酸素飽和度Satに対して大きな感度を有しながら、光散乱に対しては殆ど感度を有していない。そのため、総ヘモグロビン量tHbが既知であれば、グラフ(F2)により、パラメータ「N/W」の値から酸素飽和度Satの値が一意的に決まる。具体的には、各画素値から得られる総ヘモグロビン量tHbの値とパラメータ「N/W」の値とかなる数値対に最も適合するグラフ(F2)上のプロットを選択すると、そのプロットに対応する酸素飽和度Satの値として、その画素に写された生体組織の酸素飽和度Satが得られる。なお、総ヘモグロビン量tHbの値は、画像データから得られるパラメータ「W/R」の値と、グラフ(D1)、(D2)に表される総ヘモグロビン量tHbとパラメータ「W/R」との関係とから得られる。

10

【0065】

また、表1及び図5のグラフ(G1)、(G2)に示されるように、パラメータ「W/(R+G)」、すなわち比W/(R+G)も、上述したパラメータ「W/R」と同様に、総ヘモグロビン量tHbに対しては感度を有するが、光散乱や酸素飽和度Satに対しては殆ど感度を有しないため、グラフ(G1)、(G2)に表される総ヘモグロビン量tHbとパラメータ「W/(R+G)」との定量関係から、光散乱や酸素飽和度Satに依存しない正確な総ヘモグロビン量tHbの値が得られる。

【0066】

以上のように、グラフ(D1)、(D2)若しくはグラフ(G1)、(G2)で表される関係と、グラフ(F2)又は(C2)で表される関係とを使用して、簡単な計算により、散乱による誤差を殆ど含まない、総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度Satの正確な値を得ることができる。以降、これらのパラメータW/R、パラメータW/(R+G)、及びパラメータN/W等は、比W/R、比W/(R+G)、比N/W等ともいう。

20

【0067】

なお、図4のグラフ(D1)あるいは図5のグラフ(G1)における「W/R」あるいは「W/(R+G)」の分子「W」は、上述したように、酸素飽和度Satには依存せず、総ヘモグロビン量tHbに応じて変化するヘモグロビンの吸収度の積分値AR0を反映するような波長域R0(W帯)の照明光を利用した画像の画素値であるので、「W」は、酸素飽和度Satには依存せず、総ヘモグロビン量tHbによって変化する値である。この「W」は、図2(b)で示したような光散乱の影響を受けている。一方、グラフ(D1)あるいはグラフ(G1)に示すように、「W/R」あるいは「W/(R+G)」は光散乱の影響を受けていないので、「W/R」あるいは「W/(R+G)」における分母「R」あるいは「(R+G)」は、は光散乱の程度を示す情報を有している。

30

したがって、「W/R」あるいは「W/(R+G)」の分子「W」は、生体組織の総ヘモグロビン量tHbに対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ像の画像データであり、分母「R」あるいは「(R+G)」は、生体組織の総ヘモグロビン量tHbに対して感度を有さず、且つ、生体組織による光散乱に対して感度する波長域の成分を持つ像の画像データである。所定の波長域の成分を持つ像の画像データとは、所定の波長域の成分を持った光で形成された像の画像データであることをいう。このため、「W」の画像データと、「R」あるいは「(R+G)」の画像データに基づいて、総ヘモグロビン量tHbに対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有しないパラメータを生成することができる。

40

【0068】

このような知見に基づいて、以下、複数の画像データから総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度Satの算出が行われる。総ヘモグロビン量tHbの算出では、総ヘモグロビン量tHbとパラメータW/Rとの定量関係を表す数値テーブルT1(又は関数)が用いられ、この数値テーブルT1を参照して、生体組織における比W/Rから総ヘモグロビン量tHbを算出することができる。また、総ヘモグロビン量tHbの算出では、総ヘモグロビン量tHbとパラメータW/(R+G)との定量関係を表す数値テーブルT1(又は関数)が用いられ、この数値テーブルT1を参照して、生体組織における比W/(R+G)

50

) から総ヘモグロビン量 t H b を算出することもできる。酸素飽和度 S a t の算出では、総ヘモグロビン量 t H b 、パラメータ N / W 及び酸素飽和度 S a t の定量関係を表す数値テーブル T 2 (又は関数) が用いられ、この数値テーブル T 2 を参照して、生体組織における比 N / W から酸素飽和度 S a t を算出することができる。パラメータ N / W は、上述したように、生体組織の酸素飽和度 S a t (第 2 特徴量) に対して感度を有し、且つ、総ヘモグロビン量 t H b (第 1 特徴量) 及び光散乱に対して感度を有しないパラメータである。

【 0 0 6 9 】

< 内視鏡装置の構成 >

図 6 は、本実施形態に係る内視鏡装置 1 の構成の一例を示すブロック図である。図 7 は 10
、内視鏡装置 1 のコントローラの構成の一例を説明するブロック図である。本実施形態の内視鏡装置 1 は、電子内視鏡 100 、プロセッサ 200 、及びモニタ 300 を備えている。電子内視鏡 100 及びモニタ 300 は、プロセッサ 200 に着脱可能に接続されている。また、プロセッサ 200 には、光源部 400 及び画像処理部 500 が内蔵されている。

【 0 0 7 0 】

電子内視鏡 100 は、被検者の体内に挿入される挿入管 110 を有している。電子内視鏡 100 の内部には、略全長に亘って延びるライトガイド 131 が設けられている。ライトガイド 131 の一端部 (先端部 131a) は、挿入管 110 の先端部 (挿入管先端部 111) に配置されており、ライトガイド 131 の他端部 (基端部 131b) は、プロセッサ 200 に接続されている。プロセッサ 200 は、キセノンランプ等の光量の大きい白色光 W L を生成する光源ランプ 430 等を備えた光源部 400 を内蔵しており、この光源部 400 によって生成された照明光 I L は、ライトガイド 131 の基端 131b に入射するようになっている。ライトガイド 131 の基端 131b に入射した光は、ライトガイド 131 を通ってその先端部 131a に導かれ、先端部 131a から放射される。電子内視鏡 100 の挿入管先端部 111 には、ライトガイド 131 の先端部 131a と対向して配置された配光レンズ 132 が設けられており、ライトガイド 131 の先端部 131a から放射される照明光 I L は、配光レンズ 132 を通過して、挿入管先端部 111 の近傍の生体組織 T を照明する。

【 0 0 7 1 】

また、挿入管先端部 111 には対物光学系 121 及び撮像素子 141 が設けられている 30
。生体組織 T の表面で反射又は散乱された照明光 I L の一部 (戻り光) は、対物光学系 121 に入射し、集光されて、撮像素子 141 の受光面上で結像する。本実施形態の撮像素子 141 は、その受光面にカラーフィルタ 141a を備えたカラー画像撮像用の C C D (Charge Coupled Device) イメージセンサである。撮像素子 141 には、C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等の他の種類の撮像素子を使用してもよい。対物光学系 121 と、カラーフィルタ 141a と、撮像素子 141 は、撮像部 122 を構成する。

【 0 0 7 2 】

カラーフィルタ 141a は、赤色の光を通過させる R カラーフィルタと、緑色の光を通過させる G カラーフィルタと、青色の光を通過させる B カラーフィルタとが配列され、撮像素子 141 の各受光素子上に直接形成された、いわゆるオンチップフィルタである。すなわち、カラーフィルタ 141a は、撮像素子 141 による受光前の光を、R G B 色空間上の R 、 G 、 B それぞれの波長域にフィルタリングするように構成されている。R 、 G 、 B の各フィルタは、図 8 に示されるような分光特性を有している。図 8 は、撮像素子 141 に内蔵されるカラーフィルタの透過スペクトルの一例を示す図である。本実施形態の R カラーフィルタは、波長約 570 nm より長波長の光を通過させるフィルタであり、G カラーフィルタは、波長約 470 nm ~ 620 nm の光を通過させるフィルタであり、B カラーフィルタは、波長約 530 nm より短波長の光を通過させるフィルタである。

【 0 0 7 3 】

撮像素子 141 は、後述する画像処理部 500 と同期して駆動するように制御され、受 50

光面上で結像した生体組織の像に対応する撮像信号を、周期的に（例えば、1/30秒間隔で）出力する。撮像素子141から出力された撮像信号は、ケーブル142を介してプロセッサ200の画像処理部500に送られる。

【0074】

画像処理部500は、A/D変換回路510、一時記憶メモリ520、コントローラ530、ビデオメモリ540及び信号処理回路550を備えている。A/D変換回路510は、電子内視鏡100の撮像素子141からケーブル142を介して入力される撮像信号をA/D変換してデジタル画像データを出力する。A/D変換回路510から出力されるデジタル画像データは、一時記憶メモリ520に送られ記憶される。デジタル画像データには、Rカラーフィルタが装着された受光素子によって撮像されたRデジタル画像データ、Gカラーフィルタが装着された受光素子によって撮像されたGデジタル画像データ及びBカラーフィルタが装着された受光素子によって撮像されたBデジタル画像データが含まれている。10

【0075】

コントローラ530は、一時記憶メモリ520に記憶された単数又は複数のデジタル画像データを処理してモニタ300に表示させる画面データを生成し、これをビデオメモリ540に送る。例えば、コントローラ530は、生体組織の総ヘモグロビン量tHbの分布を表す画像データ及び酸素飽和度Satの分布を表す画像データから生成される画面データ、単一のデジタル画像データから生成された画面データ、複数のデジタル画像データの画像が並べられた画面データ、或いは複数のデジタル画像データに基づいて画素(x,y)毎に生体組織Tの反射スペクトルを生成し、これによって健常部と病変部とを色別した画像を含む画面データや、特定の画素(x,y)に対応する生体組織Tの反射スペクトルのグラフ表示を含む画面データ等を生成して、これをビデオメモリ540に記憶させる。20

【0076】

コントローラ530は、図7に示すように、内部メモリ532と、第1パラメータ生成部533と、第1特微量取得部534と、第2パラメータ生成部535と、第2特微量取得部536と、特微量分布画像生成部537と、コントローラ本体部538と、を主に有する。30

【0077】

内部メモリ532は、後述する各照明光を用いて撮像したデジタル画像データを記憶し、さらに、総ヘモグロビン量tHbと上述したパラメータW/Rとの定量関係を表す数値テーブルT1（又は関数）、及び総ヘモグロビン量tHb、上述したパラメータN/W及び酸素飽和度Satの定量関係を表す数値テーブルT2（又は関数）を保持する。これらの記憶された情報は、必要に応じて呼び出される。40

【0078】

第1パラメータ生成部533は、内部メモリ532に記憶されたカラー画像データから、パラメータ（第1パラメータ）W/Rの値を画素毎に生成する。パラメータW/Rの値は、波長域R0（W帯）の光による生体組織を撮像素子141で撮像して得た第1特殊観察画像データWと、白色光WLの照明下で生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRの、同じ画素位置における画素値の比である。波長域R0は、白色光WLの波長域と異なり、総ヘモグロビン量tHb（第1特微量）の程度に応じて生体組織による吸光度が異なる波長域である。第1通常観察画像データRは、撮像素子141のRカラーフィルタを介して撮像された画像のデータである。パラメータW/Rは、図4のグラフ（D1）、（D2）に示すように、生体組織の総ヘモグロビン量tHbに対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有さないパラメータである。

【0079】

第1特微量取得部534は、パラメータW/Rの値に基づいて総ヘモグロビン量tHbを取得する。第1特微量取得部534は、内部メモリ532に保持されている総ヘモグロ50

ビン量 t_{Hb} とパラメータ W/R との定量関係を表す数値テーブル T_1 (又は関数) を呼び出して参照することにより、パラメータ W/R の値から画素毎に総ヘモグロビン量 t_{Hb} を求める。すなわち、第1特徴量取得部 534 は、パラメータ W/R に基づいて総ヘモグロビン量 t_{Hb} (第1特徴量) を取得する。パラメータ W/R は、白色光と波長域が異なり、総ヘモグロビン量 t_{Hb} (第1特徴量) の程度に応じて生体組織による吸光度が異なる第1特殊光の照明下で生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データ W と、白色光の照明下で生体組織を撮像して得た RGB 色空間上の通常観察画像データの R 成分である第1通常観察画像データ R との比である。

なお、撮像素子 141 の種類及びカラーフィルタ 141a のフィルタ特性によっては、第1特殊観察画像データ W や R 成分が含む像の波長域は変化する他、内視鏡システム 10 の装置間誤差によっても第1特殊観察画像データ W や R 成分の含む像の波長域は変化する。このため、適切な係数 α を定め、この係数 α を第1通常観察画像データ R に乗算したデータ R' を、第1通常観察画像データ R の代わりに用いて算出されるパラメータ $W/(R')$ を、パラメータ W/R の代わりに用いることも好ましい。この係数 α は、予め、総ヘモグロビン量 t_{Hb} 及び酸素飽和度 Sat が既知のサンプルを用いた予備試験によって求めることができる。すなわち、プロセッサ 200 は、内視鏡システム 10 の使用を始める前に、上記既知のサンプルを用いた予備試験を行って、好適な係数 α を定めて記憶しておくことが好ましい。

【0080】

第2パラメータ生成部 535 は、内部メモリ 532 に記憶されたカラー画像データから、パラメータ (第2パラメータ) N/W の値を画素毎に生成する。パラメータ N/W の値は、波長域 R_2 (N 帯) の光による照明下の生体組織を撮像素子 141 で撮像して得た第2特殊観察画像データ N と、波長域 R_0 (W 帯) の光による照明下の生体組織を撮像素子 141 で撮像して得た第1特殊観察画像データ W の同じ画素位置における画素値の比である。波長域 R_2 (N 帯) は、白色光 WL と波長域が異なり、酸素飽和度 Sat (第2特徴量) の程度に応じて生体組織による吸光度が異なる波長域である。パラメータ N/W は、図 4 のグラフ (F1)、(F2) に示すように、生体組織の酸素飽和度 Sat (第2特徴量) に対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有しないパラメータである。

【0081】

第2特徴量取得部 536 は、パラメータ N/W の値に基づいて酸素飽和度 Sat を取得する。第2特徴量取得部 536 は、第1特徴量取得部 534 で取得した総ヘモグロビン量 t_{Hb} 、内部メモリ 532 に保持されているパラメータ N/W 及び酸素飽和度 Sat の定量関係を表す数値テーブル T_2 (又は関数) を呼び出して参照することにより、パラメータ N/W の値から画素毎に酸素飽和度 Sat を求める。

【0082】

特徴量分布画像生成部 537 は、第1特徴量取得部 534 で求められた総ヘモグロビン量 t_{Hb} に基づいて、生体組織における総ヘモグロビン量 t_{Hb} (第1特徴量) の分布を表す特徴量分布画像を生成する。あるいは、第2特徴量取得部 536 で求められた酸素飽和度 Sat に基づいて、生体組織における酸素飽和度 Sat (第2特徴量) の分布を表す特徴量分布画像を生成する。さらに、特徴量分布画像生成部 537 は、総ヘモグロビン量 t_{Hb} あるいは酸素飽和度 Sat に対して所定の処理を行った処理結果の分布を表す特徴量分布画像を生成する。

【0083】

こうして作成された特徴量分布画像の画面データは、信号処理回路 550 に送られる。コントローラ本体部 538 は、プロセッサ 200 及び電子内視鏡 100 の構成部分の動作の管理及び制御を行う。

【0084】

信号処理回路 550 は、信号処理回路 550 に送られビデオメモリ 540 に記憶されている画面データに基づいて所定の形式 (例えば、NTSC 規格や DV規格) に準拠した形

10

20

30

40

50

式)のビデオ信号を生成して出力する。信号処理回路550から出力されたビデオ信号は、モニタ300に入力される。この結果、電子内視鏡100によって撮像された内視鏡画像等が、モニタ300に表示される。

【0085】

光源部400は、上述の光源430の他に、集光レンズ440、回転フィルタ410、フィルタ制御部420及び集光レンズ450を備えている。光源430から射出される略平行光の白色光WLは、集光レンズ440によって集光され、回転フィルタ410を通過した後、集光レンズ450によって再度集光されて、ライトガイド131の基端131bに入射する。なお、回転フィルタ410は、リニアガイドウェイ等の移動手段(不図示)によって、白色光WLの光路上の適用位置と光路外の退避位置との間で移動可能になっている。

10

【0086】

なお、光源部400の構成は、図6に示されるものに限定されない。例えば、光源430に収束光を発生するランプを採用してもよい。この場合、例えば、白色光WLを集光レンズ440の手前で集光させ、拡散光として集光レンズ440に入射させる構成を採用してもよい。

【0087】

また、集光レンズ440を使用せず、光源430が発生する略平行光を直接回転フィルタ410に入射させる構成を採用してもよい。

20

【0088】

また、収束光を発生するランプを使用する場合、集光レンズ440の替わりにコリメータレンズを使用して、略平行光の状態で白色光WLを回転フィルタ410に入射させる構成を採用してもよい。例えば、回転フィルタ410に誘電体多層膜フィルタ等の干渉型の光学フィルタを使用する場合、略平行光の白色光WLを回転フィルタ410に入射することで、光学フィルタへの白色光WLの入射角を均一にすることにより、より良好なフィルタ特性を得ることができる。

【0089】

また、光源430に発散光を発生するランプを採用してもよい。この場合にも、集光レンズ440の替わりにコリメータレンズを使用して、略平行光の白色光WLを回転フィルタ410に入射させる構成を採用することができる。

30

【0090】

回転フィルタ410は、複数の光学フィルタを備えた円盤型の光学ユニットであり、その回転角度に応じて通過波長域が切り替わるように構成されている。回転フィルタ410の回転角度は、コントローラ530に接続されたフィルタ制御部420によって制御される。コントローラ530がフィルタ制御部420を介して回転フィルタ410の回転角度を制御することにより、回転フィルタ410を通過してライトガイド131に供給される照明光ILのスペクトルが切り替えられる。

【0091】

図9は、回転フィルタ410の外観図(正面図)である。回転フィルタ410は、略円盤状のフレーム411と、4つの扇形の光学フィルタ415、416、417、及び418を備えている。フレーム411の中心軸の周りには3つの扇状の窓414a、414b及び414cが等間隔で形成されており、各窓414a、414b、414c、及び414dには、それぞれ光学フィルタ415、416、417、及び418が嵌め込まれている。なお、本実施形態の光学フィルタは、いずれも誘電体多層膜フィルタであるが、他の方式の光学フィルタ(例えば、吸収型の光学フィルタや誘電体多層膜を反射膜として用いたエタロンフィルタ等)を用いてもよい。なお、光学フィルタ417は、光学フィルタは、光学フィルタ418の光学フィルタと同じフィルタ特性を有しているので、以降では、光学フィルタ415の説明は省略する。なお、図9に示す回転フィルタ410は、4つの光学フィルタで構成されているが、3つの光学フィルタ415、416、及び418で構成されてもよい。

40

50

【0092】

また、フレーム411の中心軸上にはボス穴412が形成されている。ボス穴412には、フィルタ制御部420が備えるサーボモータ(不図示)の出力軸が差し込まれて固定され、回転フィルタ410はサーボモータの出力軸と共に回転する。

【0093】

図9には、白色光WLが光学フィルタ415に入射する状態が示されているが、回転フィルタ410が矢印で示される方向に回転すると、白色光WLが入射する光学フィルタが、415、416、418の順に切り替わり、これにより回転フィルタ410を通過する照明光ILのスペクトル順次が切り替えられる。

【0094】

光学フィルタ415及び416は、550nm帯の光を選択的に通過させる光バンドパスフィルタである。図1に示されるように、光学フィルタ415は、等吸収点E1からE4までの波長域(すなわち、波長域R0(W帯))の光を低損失で通過させ、それ以外の波長領域の光を遮断するように構成されている。また、光学フィルタ416は、等吸収点E2からE3までの波長域(すなわち、波長域R2(N帯))の光を低損失で通過させ、それ以外の波長領域の光を遮断するように構成されている。

【0095】

図1に示されるように、波長域R1には酸素化ヘモグロビンに由来する吸収ピークP1のピーク波長が含まれ、波長域R2には還元ヘモグロビンに由来する吸収ピークP2のピーク波長が含まれ、波長域R3には酸素化ヘモグロビンに由来する吸収ピークP3のピーク波長が含まれている。また、波長域R0には、3つの吸収ピークP1、P2、P3の各ピーク波長が含まれている。

【0096】

また、光学フィルタ415及び416の通過波長域であるW帯及びN帯(図1)は、カラーフィルタ141aのGカラーフィルタの通過波長域(図8)に含まれている。従って、光学フィルタ415又は416を通過した光によって形成される被写体像の画像データは、撮像素子141のGカラーフィルタが装着された受光素子によって撮像され、Gデジタル画像データとして得られ、波長域において、RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域のデータである。したがって、上述の第1特殊観察画像データWと第2特殊観察画像データNは、RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域のデータである。

ここで、光学フィルタ415を通過した光は、第1特殊観察画像データを得るために生体組織を照明する第1特殊光であり、光学フィルタ416を通過した光は、第2特殊観察画像データを得るために生体組織を照明する第2特殊光である。第1特殊観察画像データは、上述したパラメータ「W/R」の「W」を取得するために用いられ、パラメータ「W/R」は、総ヘモグロビン量tHbを求めるために用いられる。第2特殊観察画像データは、上述したパラメータ「N/W」の「N」を取得するために用いられ、パラメータ「N/W」は、酸素飽和度Satを求めるために用いられる。

生体組織による第1特殊光の吸光度は、総ヘモグロビン量tHB(第1特徴量)に依存し、酸素飽和度Sat(第2特徴量)に依存しないように第1特殊光の波長域、すなわちR0波長域が設定されている。また、生体組織による第2特殊光の吸光度は、総ヘモグロビン量tHb(第1特徴量)及び酸素飽和度Sat(第2特徴量)の両方に依存するよう、第2特殊光の波長域、すなわち波長域R2が設定されている。

【0097】

また、光学フィルタ418は、紫外線カットフィルタであり、光学フィルタ418を通過した照明光IL(すなわち白色光)は、通常観察像の撮像に使用される。したがって、光学フィルタ418を通過した白色光は、光源430が発した白色光WLと可視光波長領域では変化が少ないので、白色光WLという。この白色光WLは、上述したパラメータ「W/R」の「R」を取得するために用いられ、パラメータ「W/R」は、総ヘモグロビン量tHbを求めるために用いられる。

なお、光学フィルタ418を使用せず、フレーム411の窓414cを開放した構成と

10

20

30

40

50

してもよい。また、本明細書において、光学フィルタ415又は416を通過した照明光ILを特殊光（第1特殊観察光、第2特殊観察光）とも称し、光学フィルタ418を通過した白色光（又は広帯域光）を通常光（通常観察光）とも称する。

【0098】

また、窓414aには、光学フィルタ415に重ねて、減光フィルタ（NDフィルタ）419が取り付けられている。減光フィルタ419は、可視光全域に亘って波長依存性が無く、照明光ILのスペクトルを変化させずに光量のみを低減する。減光フィルタ419の使用によって、光学フィルタ415及び減光フィルタ419を通過した照明光ILの光量が、光学フィルタ416を通過した照明光ILの光量と略同程度に調整される。これにより、光学フィルタ415、416のいずれを通過した照明光ILを用いた場合でも、同じ露出時間で適正露出での撮像が可能になる。10

【0099】

本実施形態では、減光フィルタ419として、目の細かな金属メッシュが使用されている。金属メッシュ以外にも、スリットやハーフミラー等の他方式の減光フィルタを使用してもよい。また、減光フィルタを使用せずに、光学フィルタ415、416自体の透過率を調整してもよい。また、窓414b、414cにも減光フィルタを取り付けてもよい。また、窓414a～414cの中心角（すなわち開口面積）を変えることで通過光量を調整してもよい。また、減光フィルタを使用せずに、使用する光学フィルタ毎に露出時間を調整してもよい。20

【0100】

フレーム411の周縁部には、貫通孔413が形成されている。貫通孔413は、フレーム411の回転方向において、窓414aと窓414cとの境界部と同じ位置（位相）に形成されている。フレーム411の周囲には、貫通孔413を検出するためのフォトインタラプタ422が、フレーム411の周縁部の一部を囲むように配置されている。フォトインタラプタ422は、フィルタ制御部420に接続されている。

このように、光学装置400は、白色光と特殊光とを、回転する光学フィルタを用いて切り替えて発する。20

【0101】

なお、本実施形態の光源装置400は、1つの光源430から放射された光を光学フィルタに透過させることで、異なる波長域の複数の光を射出する構成であるが、光源ランプ430の代わりに、異なる波長域の異なる複数の光、例えば発光ダイオードやレーザ光を出力するレーザ素子等の半導体光源を光源400の代わりの光源として用いることもできる。この場合、回転フィルタ410を用いなくてもよい。30

【0102】

本実施形態の内視鏡装置1は、通常観察モードと分光分析モードの2つの動作モードを有している。通常観察モードは、白色光WLを用いてカラー画像を撮影する動作モードである。分光分析モードは、光学フィルタ415及び416のそれぞれを通過した照明光ILである第1特殊光及び第2特殊光を使用して撮像したデジタル画像データに基づいて分光分析を行い、生体組織中の生体分子の分布画像（例えば酸素飽和度分布画像）を表示するモードである。内視鏡装置1の動作モードは、例えばプロセッサ200の操作パネル（不図示）や電子内視鏡100の操作ボタン（不図示）に対するユーザ操作によって切り換えられる。40

【0103】

通常観察モードにおいては、コントローラ530は、移動手段を制御して、回転フィルタ410を適用位置から退避位置へ移動させる。なお、分光分析モードでは、回転フィルタ410は適用位置に配置される。また、回転フィルタ410が移動手段を有しない場合は、コントローラ530は、フィルタ制御部420を制御して、白色光WLが光学フィルタ418に入射する位置で回転フィルタ410を静止させる。そして、撮像素子141によって撮像されたデジタル画像データに対してデモザイク等の所定の画像処理を施した後に、ビデオ信号に変換して、モニタ300に画面表示させる。50

【0104】

分光分析モードにおいては、コントローラ530は、フィルタ制御部420を制御して、回転フィルタ410を一定の回転数で回転駆動させながら、光学フィルタ415、416及び418のそれぞれを通過した照明光ILによる生体組織Tの撮像を順次行う。コントローラ530は、光学フィルタ415及び416のそれぞれを通過した照明光ILを用いて取得した特殊観察画像の画像データと、光学フィルタ418を通過した照明光ILを用いて取得した通常観察画像の画像データとを用いて作成した特徴量分布画像と、通常観察画像とを並べた画面データを生成する。この画面データは、更にビデオ信号に変換されて、モニタ300に表示させる。

【0105】

分光分析モードでは、フィルタ制御部420は、フォトインタラプタ422が貫通孔413を検出するタイミングに基づいて、回転フィルタ410の回転の位相を検出し、これをコントローラ530から供給されるタイミング信号の位相と比較して、回転フィルタ410の回転の位相を調整する。コントローラ530からのタイミング信号は、撮像素子141の駆動信号と同期している。従って、回転フィルタ410は、撮像素子141の駆動と同期して、略一定の回転数で回転駆動される。具体的には、回転フィルタ410の回転は、撮像素子141による1画像分(R, G, Bの3フレーム)の撮像が行われる毎に、白色光WLが入射する光学フィルタ415、416、418(窓414a~c)が切り替わるように制御される。

【0106】

このように、プロセッサ200は、電子内視鏡100の撮像素子141から出力される撮像信号を処理するビデオプロセッサとしての機能と、被写体である生体組織Tを照明するための照明光ILを電子内視鏡100のライトガイド131に供給する光源装置としての機能とを兼ね備える。

【0107】

次に、分光分析モードにおいて実行される分光分析処理について説明する。図10は、分光分析処理の手順を表すフローチャートである。

【0108】

ユーザ操作によって、分光分析モードが選択されている場合は、上述したように、フィルタ制御部420は回転フィルタ410を一定の回転数で回転駆動する。そして、光源部400からは、光学フィルタ415、416、418を通過した照明光ILが順次供給され、各照明光ILを用いた撮像が順次行われる(S1)。具体的には、光学フィルタ415を通過した波長域R0(W帯)の第1特殊光である照明光ILを用いて撮像したGデジタル画像データW(x, y)、光学フィルタ416を通過した波長域R2(N帯)の第2特殊光である照明光ILを用いて撮像したGデジタル画像データN(x, y)並びに光学フィルタ(紫外線カットフィルタ)418を通過した通常光であり、白色光WLである照明光ILを用いて撮像したRデジタル画像データR(x, y)、Gデジタル画像データG(x, y)及びBデジタル画像データB(x, y)がコントローラ530の内部メモリ532に記憶される。

【0109】

次に、画像処理部500は、処理S1にて取得したRデジタル画像データR(x, y)、Gデジタル画像データG(x, y)及びBデジタル画像データB(x, y)を用いて、以下の分析処理(処理S3-S8)の対象とする画素を選別する画素選別処理S2を行う。この画素選別処理S2は、コントローラ530で行われる。

【0110】

血液を含んでいない箇所や、生体組織の色がヘモグロビン以外の物質により支配的な影響を受けている箇所については、画素の色情報から酸素飽和度Satや血流量を計算しても意味のある値は得られず、単なるノイズとなる。このようなノイズを医師に提供すると、医師による診断の妨げとなるだけでなく、画像処理部500に無用な負荷を与えて処理速度を低下させるという弊害が生じる。そこで、本実施形態の分析処理は、分析処理に適

10

20

30

40

50

した画素（すなわち、ヘモグロビンの分光学的特徴が記録された画素）を選別して、選別された画素に対してのみ分析処理を行うように構成されている。

【0111】

画素選別処理S2では、以下の数式4、数式5及び数式6の条件を全て充足する画素のみが分析処理の対象画素として選別される。

【0112】

【数4】

$$B(x, y)/G(x, y) > a_1$$

10

【0113】

【数5】

$$R(x, y)/G(x, y) > a_2$$

【0114】

【数6】

$$R(x, y)/B(x, y) > a_3$$

20

ここで、 a_1 、 a_2 、 a_3 は正の定数である。

【0115】

上記の3つの条件式は、血液の透過スペクトルにおける、G成分 < B成分 < R成分の値の大小関係に基づいて設定されている。なお、上記の3つの条件式のうちの1つ又は2つのみを使用して（例えば、血液に特有の赤色に注目して数式5及び数式6のみを使用して）画素選別処理S2を行っても良い。

【0116】

次に、画像処理部500のコントローラ530は、第1分析処理S3を行う。コントローラ530の内部メモリ532には、図4のグラフ(D1)又は(D2)で表される総ヘモグロビン量tHbとパラメータW/Rとの定量関係を表す数値テーブルT1(又は関数)が保持されている。第1分析処理S3では、この数値テーブルT1を使用して、処理S1にて取得したGデジタル画像データW(x,y)及びRデジタル画像データR(x,y)から、総ヘモグロビン量tHbの値を取得する。

30

【0117】

具体的には、まず数式7により、各画素(x,y)についてパラメータW/R(x,y)が計算される。

【0118】

【数7】

$$W/R(x, y) = W(x, y)/R(x, y)$$

40

【0119】

次に、数値テーブルT1を参照して、数式7により計算されたパラメータW/R(x,y)の値に対応する総ヘモグロビン量tHb(x,y)の値が読み取られて取得される。

【0120】

内部メモリ532に保持された数値テーブルT1(及び後述する数値テーブルT2)の定量関係は、予め理論計算や実験によって得られたものである。なお、図4の(D1)、(D2)では、総ヘモグロビン量tHbの値とパラメータW/Rの値とが完全には1対1の対応関係を有していないが、数値テーブルT1には総ヘモグロビン量tHbとパラメータW/Rとの代表的な1対1の定量関係(例えば平均値や中央値)が保持されている。そ

50

のため、数値テーブル T 1 により、パラメータ W / R の値から総ヘモグロビン量 t H b が一意に決定される。

【 0 1 2 1 】

次に、画像処理部 500 のコントローラ 530 は、第 2 分析処理 S 4 を行う。コントローラ 530 の内部メモリ 532 には、図 4 のグラフ (F 2) に表される総ヘモグロビン量 t H b 、パラメータ N / W 及び酸素飽和度 S a t の定量関係を表す数値テーブル T 2 (又は関数) が保持されている。数値テーブル T 2 には、総ヘモグロビン量 t H b 、パラメータ N / W 及び酸素飽和度 S a t の 3 つの数値 (以下「数値セット」という。) が関連付けられて保持されている。第 2 分析処理 S 4 では、この数値テーブル T 2 を使用して、処理 S 1 にて取得した G デジタル画像データ W (x, y) 、N (x, y) 及び第 1 分析処理 S 3 にて取得した総ヘモグロビン量 t H b (x, y) の値から、各画素の酸素飽和度 S a t (x, y) の値を取得する。
10

【 0 1 2 2 】

具体的には、まず式 8 により、各画素 (x, y) についてパラメータ N / W (x, y) が計算される。

【 0 1 2 3 】

【 数 8 】

$$N/W(x, y) = N(x, y)/W(x, y)$$

20

【 0 1 2 4 】

次に、各画素 (x, y) について、数値テーブル T 2 を参照して、第 1 分析処理 S 3 にて取得した総ヘモグロビン量 t H b (x, y) の値と、式 8 により計算されたパラメータ N / W (x, y) の値に最も近い数値セットを抽出し、抽出した数値セットの酸素飽和度 S a t の値が読み取られて、当該画素 (x, y) の酸素飽和度 S a t (x, y) の値として取得される。

【 0 1 2 5 】

コントローラ 530 の内部メモリ 532 には、酸素飽和度 S a t (x, y) と表示色 (画素値) との関係を表す数値テーブル (又は関数) が記憶されている。そして、処理 S 5 (図 6) において、コントローラ 530 は、この数値テーブル (又は関数) を参照して、処理 S 4 で得られた酸素飽和度 S a t (x, y) に対応する表示色を表す画素値を生体情報画像データとして生成する。
30

【 0 1 2 6 】

また、コントローラ 530 は、光学フィルタ (紫外線カットフィルタ) 418 を通過した照明光 I L (白色光) を使用して撮像した R デジタル画像データ R (x, y) 、G デジタル画像データ G (x, y) 及び B デジタル画像データ B (x, y) から、通常観察画像データを生成する。

【 0 1 2 7 】

図 11 にコントローラ 530 が生成する画像データの表示例を示す。図 11 (a) は、上述の処理 S 5 により取得した酸素飽和度 S a t (x, y) から生成された酸素飽和度分布画像データ (2 次元表示) の表示例である。また、図 11 (b) は、酸素飽和度を垂直軸とする 3 次元グラフの形式で生成した酸素飽和度分布画像データ (3 次元表示) の表示例である。なお、図 11 は、中指の近位指節間関節付近を輪ゴムで圧迫した状態の右手を観察したものである。右中指の圧迫部よりも遠位側において、圧迫によって血流が阻害されたことにより、酸素飽和度 S a t が低くなっている様子が表されている。
40

【 0 1 2 8 】

更に、コントローラ 530 は、生成した酸素飽和度分布画像データ及び通常観察画像データから、1 画面上に通常観察画像と酸素飽和度分布画像を並べて表示する画面データを生成して、ビデオメモリ 540 に記憶させる。なお、コントローラ 530 の特徴量分布画像生成部 537 は、ユーザ操作に応じて、酸素飽和度分布画像のみを表示する表示画面や
50

、通常観察画像のみを表示する表示画面、酸素飽和度分布画像及び／又は通常観察画像に患者のID情報や観察条件等の付帯情報をスーパーインポーズ表示した表示画面、総ヘモグロビン量tHbと酸素飽和度Satを組み合わせて作成した新たな特徴量分布画像の表示画面等、種々の表示画面を生成することができる。

【0129】

悪性腫瘍の組織では、血管新生により正常な組織よりも総ヘモグロビン量tHbが多く、尚且つ、酸素の代謝が顕著であるため酸素飽和度Satは正常な組織よりも低いことが知られている。そこで、コントローラ530の特徴量分布画像生成部537は、第1分析処理S3により取得した総ヘモグロビン量tHbが所定の基準値（第1基準値）よりも大きく、且つ、第2分析処理S4により取得した酸素飽和度Satが所定の基準値（第2基準値）よりも小さい画素を抽出する処理をして、例えば通常観察画像データの対応する画素に対して強調表示処理を行った病変部強調画像データを生成し、通常観察画像及び／又は酸素飽和度分布画像と共に（或いは単独で）病変部強調画像をモニタ300に表示させることもできる。10

【0130】

強調表示処理としては、例えば、該当する画素の画素値を増加させる処理や、色相を変化させる処理（例えば、R成分を増加させて赤味を強くする処理や、色相を所定角度だけ回転させる処理）、該当する画素を明滅させる（あるいは、周期的に色相を変化させる）処理がある。20

【0131】

また、コントローラ530が、病変部強調画像データの代わりに、例えば、酸素飽和度Sat(x,y)の平均値からの偏差と、総ヘモグロビン量tHb(x,y)の平均値からの偏差に基づいて、悪性腫瘍の疑いの度合を示す指標Z(x,y)を計算して、指標Zを画素値とする画像データ（悪性疑い度画像データ）を生成する構成としてもよい。20

【0132】

本実施形態の内視鏡装置1は、撮像素子141で撮像したカラー画像データから、生体組織の総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）に対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有しない、パラメータ「W/R」（第1パラメータ）を生成するように構成されているので、総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）の光散乱に起因する誤差が低減され、より精度の高い分光学的分析が可能になる。30

【0133】

また、内視鏡装置1では、生体組織の総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）に対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ画像データ「W」と、生体組織の総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）に対して感度を有さず、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有する波長域の成分を持つ画像データ「R」と、に基づいて比W/R（第1パラメータ）を生成するように構成されるので、比W/R（第1パラメータ）を容易に且つ短時間の処理で生成することができる。特に、電子内視鏡100を操作しながら手技を行う操作者にとって生体組織の特徴量分布画像から注目する位置を見出して、生体組織の病変部を特定し観察する点から、リアルタイムで特徴量分布画像が表示されることが好ましい。この点から、上記2つの画像データから比W/R（第1パラメータ）を容易に且つ短時間に生成することは好ましい。40

【0134】

上記2つの画像データは、白色光WLと波長域が異なり、総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）の程度に応じて生体組織による吸光度が異なる波長域R0（W帯）の第1特殊光の照明下で生体組織を撮像して得た第1特殊観察画像データWと、白色光WLの照明下で生体組織を撮像して得たRGB色空間上の通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRであり、特に、第1特殊観察画像データWは、第1特殊光の照明を利用して得られるので、波長域R0（W帯）の吸収度の変化に敏感な比W/Rが得られる。このため、比W/Rに基づいて精度の高い総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）を算出することができる。50

【0135】

比W/R（第1パラメータ）の算出に用いる第1通常観察画像データRは、撮像素子141のRカラーフィルタを介して撮像された画像のデータであるので、光を波長毎に分光して所望の波長域の成分を取り出す必要がなく、短時間に比W/Rを取得することができ、したがって、電子内視鏡100において、リアルタイムで特徴量分布画像を表示することができる。

【0136】

また、光源装置400は、生体組織の特徴量分布画像を表示するための分光分析モードで使用する第1特殊光を、生体組織の像を表示するための通常観察モードで使用する白色光源が発する白色光から光学フィルタを用いて取り出すように構成されているので、装置構成を簡素にすることができ、プロセッサ200のサイズ縮小を実現することができ、電子内視鏡100を操作しながら手技を行う医療現場のスペースを確保することができる。10

【0137】

コントローラ530は、比W/R（第1パラメータ）と総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）との量的関係を表すデータを記憶し、第1特徴量取得部534が、量的関係を表すデータを用いて生体組織の総ヘモグロビン量tHbを求めるので、本実施形態は、カラー画像データの取得の度に総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度Satを、量的関係を表すデータを用いずに算出する場合に比べて効率よく総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度Satを算出することができる。このため、プロセッサ200の演算回路を小さくすることができ、これにより、高画質な画像を生成するとしても、低コストで、低発熱量で、低省電力のプロセッサ200を提供することができる。20

【0138】

比W/R（第1パラメータ）を求めるための第1特殊観察画像データWは、RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域のデータであるので、さらには、Gカラーフィルタを介して撮像素子141で撮像された画像のデータであるので、光を波長毎に分光して所望の波長域の成分を取り出す必要がなく、短時間に比W/Rを取得することができ、したがって、電子内視鏡100において、リアルタイムで特徴量分布画像を表示することができる。

【0139】

さらには、プロセッサ200の第2パラメータ生成部535は、カラー画像データから、生体組織の酸素飽和度Sat（第2特徴量）に対して感度を有し、且つ、光散乱に対して感度を有さない比N/W（第2パラメータ）を生成するように構成され、第2特徴量取得部537は、総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）及び比N/W（第2パラメータ）に基づいて酸素飽和度Sat（第2特徴量）を取得するように構成されているので、酸素飽和度Sat（第2特徴量）の光散乱に起因する誤差が低減され、より精度の高い分光学的分析が可能になる。30

【0140】

光源装置400は、白色光と波長域が異なり、酸素飽和度Sat（第2特徴量）の程度に応じて生体組織による吸光度が異なる第2特殊光を発するように構成され、比N/Wは、第2特殊光の照明を利用して得られるので、波長域R2（N帯）の吸収度の変化に敏感な比N/Wが得られる。このため、比N/Wに基づいて精度の高い酸素飽和度Sat（第2特徴量）を算出することができる。40

【0141】

本実施形態では、比N/Wを求めるために用いる第1特殊光の波長域は、図1に示すように、生体組織による第1特殊光の吸光度が、総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）に依存し、酸素飽和度Sat（第2特徴量）に依存しないように設定されているので、具体的には、波長域R0（W帯）に設定されているので、比N/Wに基づいて精度の高い酸素飽和度Sat（第2特徴量）を算出することができる。

【0142】

本実施形態では、比N/Wを求めるために用いる第2特殊光の波長域は、生体組織による第2特殊光の吸光度が、総ヘモグロビン量tHb（第1特徴量）及び酸素飽和度Sat50

(第2特徴量)の両方に依存するように設定されているので、比W/Rに基づいて求めた総ヘモグロビン量tHbと比N/Wに基づいて精度の高い酸素飽和度Sat(第2特徴量)を算出することができる。

【0143】

比N/W(第2パラメータ)を求めるための第2特殊観察画像データNは、RGB色空間上のGの波長域と同じ波長域のデータであるので、さらには、Gカラーフィルタを介して撮像素子141で撮像された画像のデータであるので、光を波長毎に分光して所望の波長域の成分を取り出す必要がなく、短時間に比N/Wを取得することができ、したがって、電子内視鏡100において、リアルタイムで特徴量分布画像を表示することができる。

【0144】

コントローラ530の特徴量分布画像生成部537は、総ヘモグロビン量tHb(第1特徴量)に基づき、あるいは酸素飽和度Sat(第2特徴量)に基づき生体組織における総ヘモグロビン量tHb(第1特徴量)の分布、あるいは酸素飽和度Sat(第2特徴量)を表す特徴量分布画像、また、総ヘモグロビン量tHb(第1特徴量)及び酸素飽和度Sat(第2特徴量)に基づいて処理された結果を表す特徴量分布画像を生成するので、内視鏡装置1は、電子内視鏡100を操作しながら手技を行う操作者にとって生体組織の病変部を特定するために有用な支援画像を提供することができる。

【0145】

以上が本実施形態の説明であるが、本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内において様々な変形が可能である。

【0146】

また、本実施形態では、第1分析処理S1において、特殊観察及び通常観察の画像データからパラメータW/Rを計算し、図4のグラフ(D1)、(D2)によって表されるパラメータW/Rと総ヘモグロビン量tHbとの関係に基づいて総ヘモグロビン量tHbを決定する構成が採用されているが、本発明はこの構成に限定されない。例えば、第1分析処理S1において、特殊観察及び通常観察の画像データからパラメータW/(R+G)を計算し、図5のグラフ(G1)、(G2)によって表される総ヘモグロビン量tHbとパラメータW/(R+G)との関係に基づいて総ヘモグロビン量tHbを決定する構成を採用することもできる。この場合、パラメータW/(R+G)に与える散乱の影響が非常に小さいため、散乱に起因するノイズのより小さな測定が可能になる。

なお、撮像素子141の種類及びカラーフィルタ141aのフィルタ特性によっては、R成分やG成分の含む像の波長域は変化する他、内視鏡システム10の装置間誤差によつてもR成分やG成分が含む像の波長域は変化する。このため、適切な係数 α_1 を予め定め、係数 α_2 を用いて、通常観察画像データのR成分である第1通常観察画像データRとG成分である第2通常観察画像データGとを重み付け加算した和 $R + \alpha_1 G$ を、和 $(R + G)$ の代わりに用いて算出されるパラメータW/(R+G)を、パラメータW/(R+G)の代わりに用いることも好ましい。係数 α_1 は、予め、総ヘモグロビン量tHb及び酸素飽和度が既知のサンプルを用いた予備試験によって求めることができる。すなわち、プロセッサ200は、内視鏡システム10の使用を始める前に、上記既知のサンプルを用いた予備試験を行って、好適な係数 α_1 を定めて記憶しておくことが好ましい。

【0147】

また、本実施形態では、第2分析処理S2において、特殊観察の画像データからパラメータN/Wを計算し、図4のグラフ(F2)によって表されるパラメータN/Wと総ヘモグロビン量tHbと酸素飽和度Satとの関係に基づいて酸素飽和度Satを決定する構成が採用されているが、本発明はこの構成に限定されない。例えば、第2分析処理S2において、通常観察の画像データからパラメータB/Gを計算し、図4のグラフ(C2)によって表されるパラメータB/Gと総ヘモグロビン量tHbと酸素飽和度Satとの関係に基づいて酸素飽和度Satを決定する構成を採用することもできる。この場合、パラメータNを取得するために光学フィルタ416を使用した特殊観察を行うことが不要になるため、光学フィルタ426を削減することができ、また、より少ない処理量・時間で酸素

10

20

30

40

50

飽和度 S a t 等の生体情報を取得することが可能になる。

【 0 1 4 8 】

また、本実施形態では、生体組織中のヘモグロビンの濃度分布の分析に本発明を適用したものであるが、生体組織の色を変化させる別の生体物質（例えば、ホルモン等の分泌物）の濃度分布の分析にも本発明を適用することができる。

【 0 1 4 9 】

また、本実施形態の撮像素子 1 4 1 は、その前面に R、G、B の原色系カラーフィルタを備えたカラー画像撮像用の撮像素子であるとして説明したが、この構成に限定されるものではなく、例えば、Y、C y、M g、G の補色系カラーフィルタを備えたカラー画像撮像用の撮像素子を用いてもよい。

10

【 0 1 5 0 】

また、本実施形態の撮像素子 1 4 1 は、オンチップのカラーフィルタ 1 4 1 a を備えたカラー画像撮像用の撮像素子であるとして説明したが、この構成に限定されるものではなく、例えば、白黒画像撮像用の撮像素子を用い、いわゆる面順次方式のカラーフィルタを備えた構成としてもよい。また、カラーフィルタ 1 4 1 a は、オンチップの構成に限定されるものではなく、光源 4 3 0 から撮像素子 1 4 1 までの光路中への配置が可能である。

【 0 1 5 1 】

また、本実施形態では、回転フィルタ 4 1 0 が使用されるが、本発明はこの構成に限定されるものではなく、通過波長域が切り換え可能な他の方式の波長可変フィルタを使用することもできる。

20

【 0 1 5 2 】

また、本実施形態では、回転フィルタ 4 1 0 が光源側に設けられ、白色光 W L に対してフィルタリングを行う構成が採用されているが、本発明はこの構成に限定されるものではなく、回転フィルタ 4 1 0 を撮像素子側（例えば、対物光学系 1 2 1 と撮像素子 1 3 1 との間）に設けて、被写体からの戻り光をフィルタリングする構成とすることもできる。

【 0 1 5 3 】

また、本実施形態では、分光分析モードにおいて、回転フィルタ 4 1 0 を一定の回転数で回転させながら、所定の時間間隔で撮像を行う構成が採用されているが、本発明はこの構成に限定されるものではなく、例えば、回転フィルタ 4 1 0 の回転位置を所定の時間間隔で段階的に変化させ、回転フィルタ 4 1 0 が静止した状態で撮像を行う構成としてもよい。

30

【 0 1 5 4 】

また、本実施形態では、照明用の広帯域光を発生する光源としてキセノンランプ等の白色光源が使用されるが、使用する各光学フィルタの通過波長域全域に亘って十分な光量を有する非白色の広帯域光を発生する光源を使用することもできる。

【 0 1 5 5 】

また、本実施形態では、透過型の光学フィルタが使用されるが、通過波長域を反射する反射型の光学フィルタを使用してもよい。

【 0 1 5 6 】

本実施形態は内視鏡システム（内視鏡装置）であるが、デジタルカメラ（例えば、デジタル一眼レフカメラやデジタルビデオカメラ）を使用した分析装置に適用することもできる。例えば、撮像部をデジタルスチルカメラに適用する場合、体表組織の観察や開頭手術時の脳組織の観察（例えば、脳血流量の迅速検査）を行うことができる。

40

この場合、分析装置は、光源装置と、光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された撮像素子を備えた撮像部と、撮像素子の撮像により得られたカラー画像データから、生体組織の第 1 特徴量に対して感度を有し、且つ、生体組織による光散乱に対して感度を有しない第 1 パラメータを生成するよう構成された第 1 パラメータ生成部と、この第 1 パラメータに基づいて第 1 特徴量を取得するよう構成された第 1 特徴量取得部と、を有するプロセッサと、を備える。

【 符号の説明 】

50

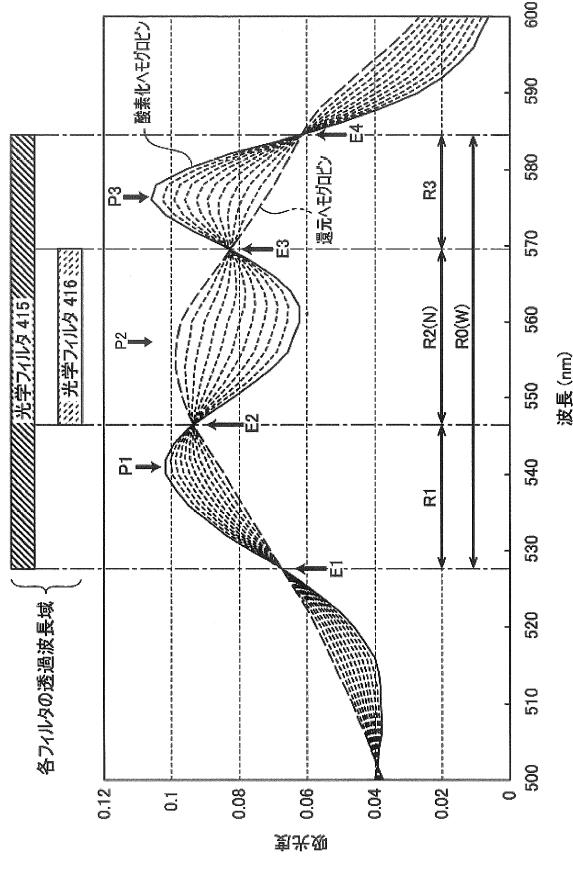
【0157】

1	内視鏡装置	
100	電子内視鏡	
110	挿入管	
111	挿入管先端部	
121	対物光学系	
122	撮像部	
131	ライトガイド	
131a	先端部	10
131b	基端部	
132	レンズ	
141	撮像素子	
141a	カラーフィルタ	
142	ケーブル	
200	プロセッサ	
300	モニタ	
400	光源部	
410	回転フィルタ	
420	フィルタ制御部	
430	光源	20
440	集光レンズ	
450	集光レンズ	
500	画像処理部	
510	A / D 変換回路	
520	一時記憶メモリ	
530	コントローラ	
532	内部メモリ	
533	第1パラメータ生成部	
534	第1特徴量取得部	
535	第2パラメータ生成部	30
536	第2特徴量取得部	
537	特徴量分布画像生成部	
538	コントローラ本体部	
540	ビデオメモリ	
550	信号処理回路	

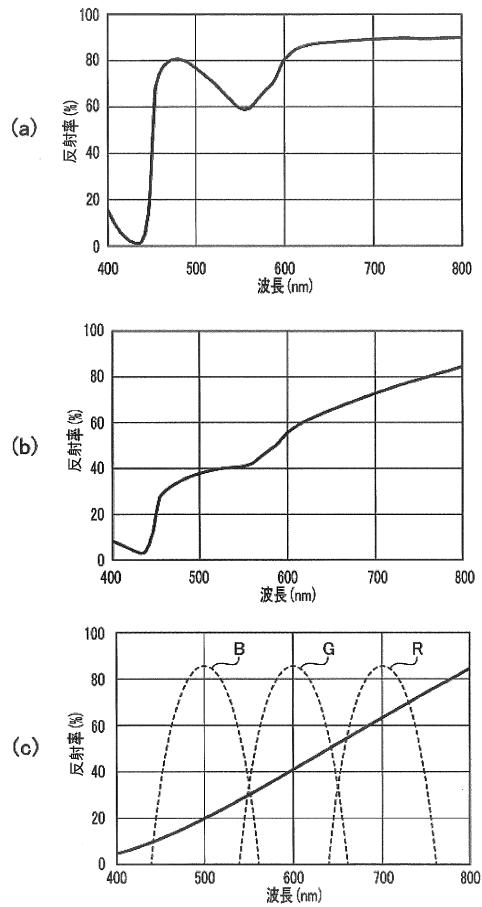
【要約】

内視鏡システムは、光源装置と、前記光源装置が発する光で照明された生体組織を撮像してカラー画像データを生成するように構成された撮像素子を備えた撮像部を有する内視鏡と、前記カラー画像データから、前記生体組織の第1特徴量に対して感度を有し、且つ、前記生体組織による光散乱に対して感度を有しない第1パラメータを生成するように構成された第1パラメータ生成部と、前記第1パラメータに基づいて前記第1特徴量を取得するように構成された第1特徴量取得部と、を有するプロセッサと、を備える。

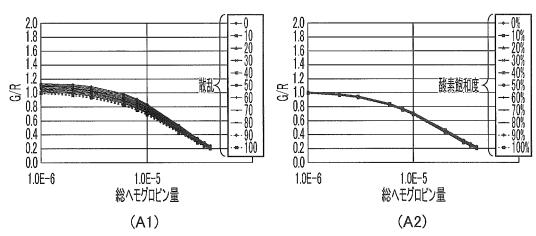
【図1】



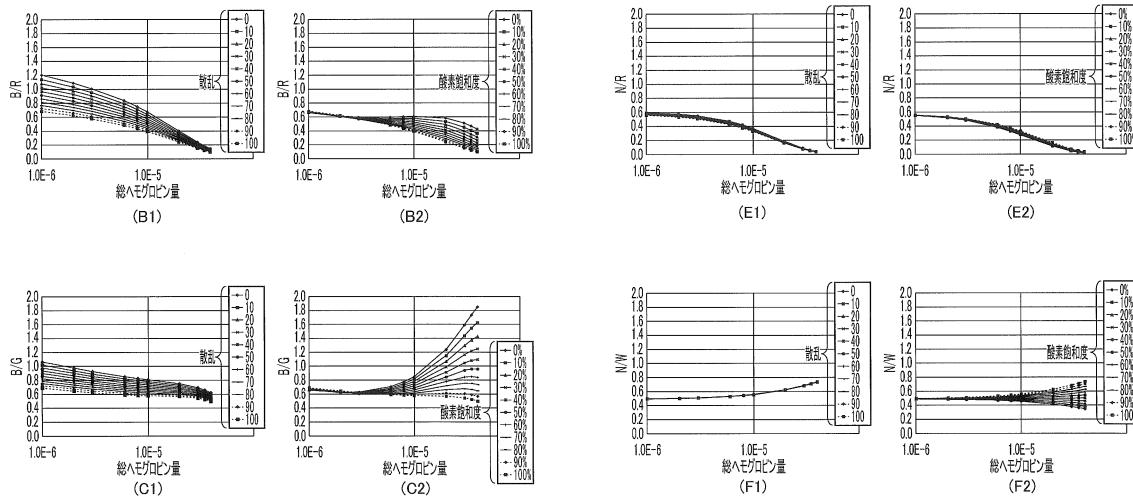
【図2】



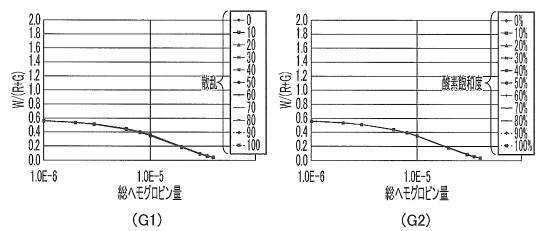
【図3】



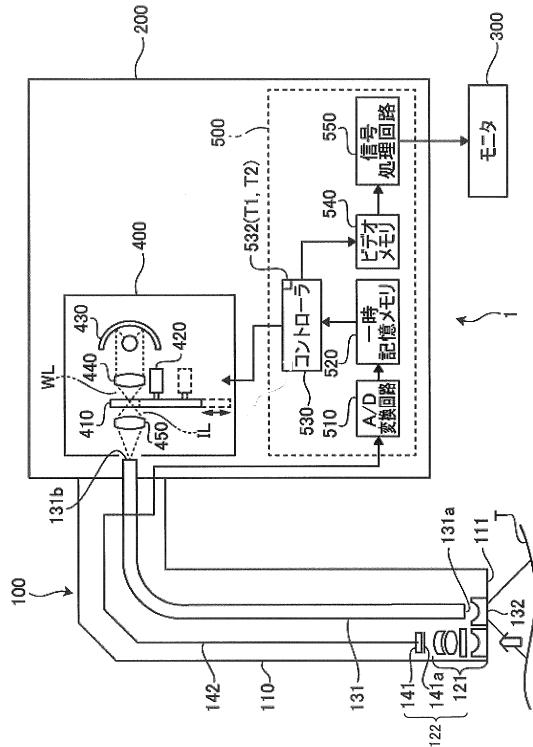
【図4】



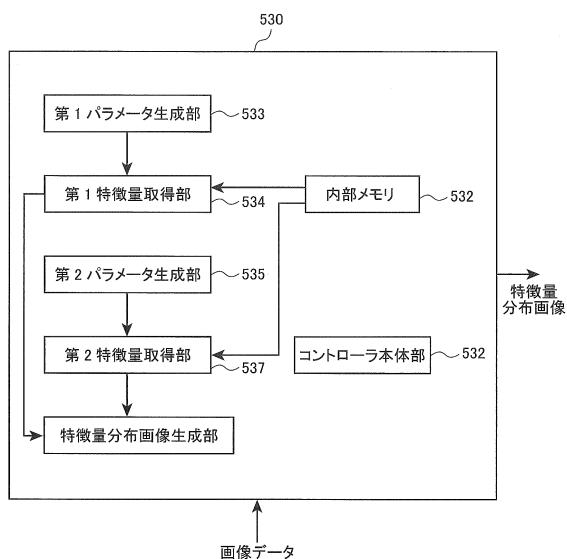
【図5】



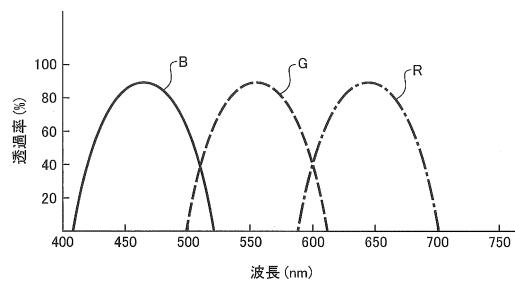
【図6】



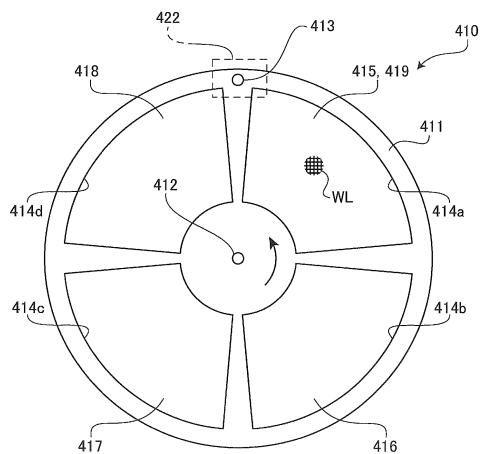
【図7】



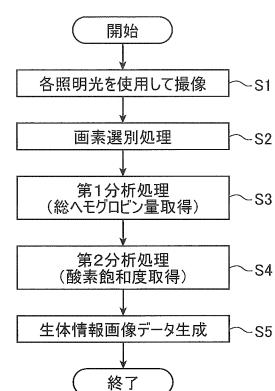
【図8】



【図9】

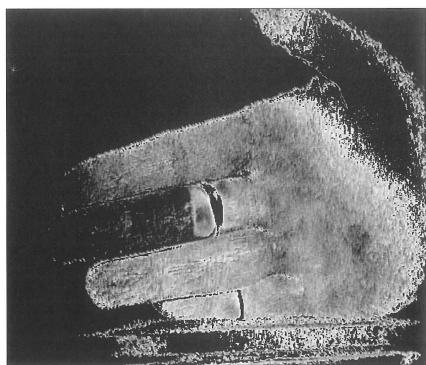


【図10】

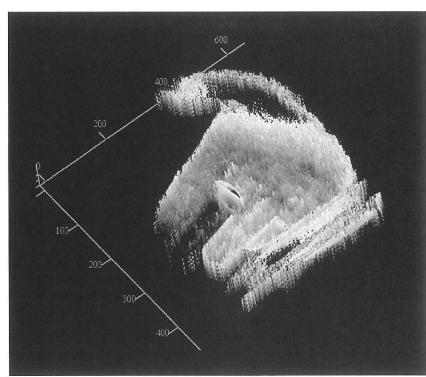


【図 1 1】

(a)



(b)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-85342 (JP, A)
国際公開第2013/035532 (WO, A1)
国際公開第2013/172156 (WO, A1)
国際公開第2014/192781 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 1 / 0 0