

(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2014-39571

(P2014-39571A)

(43) 公開日 平成26年3月6日(2014.3.6)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 0 0 D 4 C 0 6 1
 4 C 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2010-290927 (P2010-290927) (22) 出願日 平成22年12月27日 (2010.12.27)	(71) 出願人 000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 (74) 代理人 100065824 弁理士 篠原 泰司 (74) 代理人 100104983 弁理士 藤中 雅之 (72) 発明者 松本 伸也 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパス株式会社内 Fターム(参考) 4C061 CC06 FF40 FF47 HH54 LL02 MM01 NN01 NN05 PP12 QQ04 RR04 RR14 RR18 RR26 SS21 WW04 WW08 WW17
---	---

最終頁に続く

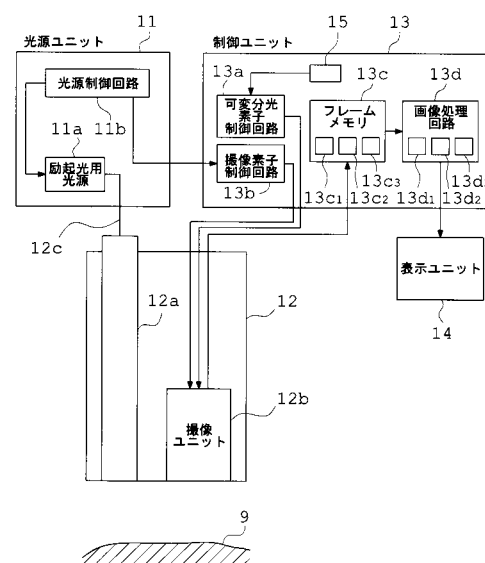
(54) 【発明の名称】 蛍光内視鏡装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】フレームレートを極力変更させずに、各蛍光成分の明るさが蛍光画像観察に適した明るさとなるように露光条件を変更しても、露光条件の変更如何にかかわらず各蛍光成分を分離して表示できる蛍光内視鏡装置を提供すること。

【解決手段】光源ユニット11と、内視鏡先端挿入部12と、制御ユニット13と、表示ユニット14と、露光条件設定部15を有し、濃度演算部が、記録部の蛍光スペクトルより得られる蛍光成分1～mの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の係数を $a_1(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_n)$ 、取得部が取得した波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の蛍光画像の強度を $I_{all}(\lambda_1) \sim I_{all}(\lambda_n)$ とし、下記式より蛍光成分1～mの濃度 $D_1 \sim D_m$ を計算する。

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & \cdots & a_m(\lambda_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & \cdots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix}$$



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最大蛍光波長が異なり少なくとも一部の波長域で蛍光波長が重なる複数種類の蛍光成分を有する生体組織に励起光を照射し前記生体組織から発生する複数種類の蛍光画像を取得し、取得した蛍光画像を用いて生体組織に存在する複数種類の蛍光成分を分離して表示にする蛍光内視鏡装置であって、

前記複数種類の蛍光成分を励起させる少なくとも 1 種類以上の励起光を照射する光源部と、

前記生体組織から発生する蛍光画像を、 n 種類[但し、 $m \leq n$]の波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n ごとに取得する蛍光画像取得部と、

前記生体組織中に存在する m 種類[但し、 $2 \leq m$]の蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルが記録された蛍光スペクトル記録部と、

前記蛍光スペクトル記録部に記録された蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルと前記蛍光画像取得部が取得した波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n ごとの蛍光画像を用いて、前記生体組織中に存在する夫々の蛍光成分の濃度を、該蛍光画像における全ての画素について演算により求める蛍光成分濃度演算部と、

前記蛍光成分濃度演算部が求めた夫々の蛍光成分の濃度に基づいて夫々の蛍光成分の分布画像を作成し、作成した夫々の蛍光成分の分布画像に対し夫々の蛍光成分に対応する所定の色を割り当て、所定の色を割り当てた分布画像を一つの画像に合成する蛍光画像合成部と、

前記蛍光画像合成部を介して合成された画像を表示する画像表示部を有し、

前記蛍光成分濃度演算部が、

前記蛍光スペクトル記録部に記録された蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルより得られる、蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n の係数を $a_1(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_n)$ 、前記蛍光画像取得部が取得した波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n の蛍光画像の強度を $I_{all}(\lambda_1) \sim I_{all}(\lambda_n)$ 、蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の濃度を $D_1 \sim D_m$ としたとき、次の式 (1) を用いて、蛍光成分 1 の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m を、該蛍光画像における画素ごとに全ての画素について計算する内視鏡装置であって、

前記蛍光成分濃度演算部が、

露光条件構成要素の基準露光条件に対する変更の有無をチェックし、

波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの少なくとも 1 つの波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた所定の露光条件構成要素の数値の変更があるとき、その変更に関連して、

前記式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分 1 ～ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ を、当該波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定の露光条件構成要素の数値に対する変更後の前記所定の露光条件構成要素の数値の比率を用いて変更することを特徴とする蛍光内視鏡装置。

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & \cdots & a_m(\lambda_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & \cdots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

【請求項 2】

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた露光時間の変更があるとき、その変更に関連して、

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における露光時間に対する変更後の露光時間の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項3】

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた、フレームレートを一定に保ったままでの露光時間の変更があるとき、その変更に関連して、

10

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の係数 $a_1(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_n)$ に対し、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における露光時間に対する変更後の露光時間の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項4】

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 λ_1 ～波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度の変更があるとき、その変更に関連して、

20

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度に対する変更後の前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項5】

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた夫々の波長を励起する励起光の強度の変更があるとき、その変更に関連して、

30

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の係数 $a_1(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_n)$ に対し、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における夫々の波長を励起する励起光の強度に対する変更後の夫々の波長を励起する励起光の強度の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項6】

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 λ_1 ～波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間の変更があるとき、その変更に関連して、

40

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間に対する変更後の前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項7】

前記蛍光成分濃度演算部が、

50

波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度及び励起時間の変更があるとき、その変更に関連して、

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1 $\sim$ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度及び励起時間に対する変更後の前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度及び励起時間の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項8】

10

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた検出強度の変更があるとき、その変更に関連して、

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1 $\sim$ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における検出強度に対する変更後の検出強度の比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【請求項9】

20

前記蛍光成分濃度演算部が、

波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされたゲインの変更があるとき、その変更に関連して、

前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1 $\sim$ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下におけるゲインに対する変更後のゲインの比率を乗算することを特徴とする請求項1に記載の蛍光内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、最大蛍光波長が異なり少なくとも一部の波長域で蛍光波長が重なる複数種類の蛍光成分を有する生体組織から発生する複数種類の蛍光画像を取得し、取得した蛍光画像を用いて生体組織に存在する複数種類の蛍光成分を分離して表示する蛍光内視鏡装置に関する。

【背景技術】

【0002】

蛍光内視鏡装置を用いた分子イメージング診断においては、生体由来の自家蛍光(組織、残渣等)のノイズを除去して、蛍光プローブからの蛍光を抽出する、いわゆるUNMIXING技術を用いた蛍光抽出処理が有効である。また、UNMIXING技術を用いた蛍光抽出処理において光強度の弱い蛍光画像の画質のS/Nを向上させるためには、例えば、エタロン型の可変分光素子と高感度カメラを備えた分光撮像ユニットを介して露光時間を任意に変更できるようにすることが有効である。

40

【0003】

従来、UNMIXING技術を用いた蛍光内視鏡装置としては、例えば、次の特許文献1に記載の内視鏡装置がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第2008-43396号公報

【発明の概要】

50

【 0 0 0 5 】

ところで、複数種類の蛍光を分光撮像する蛍光内視鏡装置においては、露光時間を長くすると、フレームレートが落ちる。

また、観察対象の生体組織中に存在する各蛍光成分（人組織、残渣、蛍光薬剤）の明るさは一様ではない。

【 0 0 0 6 】

このため、例えば、生体組織中に暗い蛍光成分が存在する場合には、その暗い蛍光成分の蛍光画像が観察に適した明るさとなるように露光時間を長くする必要がある。しかし、その暗い蛍光成分の蛍光画像についての露光時間の変更に合わせて、生体組織中に存在する他の蛍光成分の蛍光画像についての露光時間を同じように長くするのは、フレームレ

10

【 0 0 0 7 】

また、例えば、生体組織中に明るすぎる蛍光成分が存在する場合には、その明るすぎる蛍光成分の画像が観察に適した明るさとなるように露光時間を短くする必要がある。しかし、その明るすぎる蛍光成分の蛍光画像についての露光時間の変更に合わせて、生体組織中に存在する他の蛍光成分の蛍光画像についての露光時間を同じように短くするのは、例えば、他の蛍光成分が暗い場合に、その暗い蛍光成分の蛍光画像がさらに暗くなって検出できなくなってしまう。

20

【 0 0 0 8 】

しかるに、特許文献 1 に記載の内視鏡装置における U N M I X I N G 技術を用いた蛍光抽出処理においては、露光時間等の露光条件に関係なく一定の U N M I X I N G 係数（蛍光成分の成分比）が用いられていた。このため、夫々の蛍光波長毎に適切な明るさが得られるように露光時間等の露光条件を調整して蛍光画像を検出した場合には、U N M I X I N G 係数が適切なものではなくなり、蛍光成分の分離を適切に行うことができなかった。

【 0 0 0 9 】

従来 of U N M I X I N G 技術を用いた蛍光内視鏡装置において露光時間等の露光条件を変更したときに生じる問題点を、蛍光波長の異なる 3 種類の蛍光成分が内在するサンプルを分光観察する場合を一例に用いて詳述する。

30

図 1 5 はサンプル内に存在する 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 の説明図で、(a) は蛍光成分 1 ~ 3 のサンプル内での分布を概念的に示す図、(b) は蛍光成分 1 ~ 3 の蛍光スペクトルを示す図である。図 1 6 は蛍光内視鏡装置においてエタロン等の可変分光素子を経て撮像装置で撮像された分光画像の分布及び明るさを概念的に示す説明図で、(a) は蛍光成分 1 における最大蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光成分 2 における最大蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光成分 3 における最大蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。図 1 6 中、 $I_{a_{11}}(\lambda_1)$ 、 $I_{a_{11}}(\lambda_2)$ 、 $I_{a_{11}}(\lambda_3)$ は、(a) ~ (c) の夫々の分光画像における共通の任意の画素 P_i で検出される信号強度である。図 1 7 は蛍光成分 1 ~ 3 の夫々における最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での分光画像についての露光タイミングの一例を示す図で、(a) は可変分光素子による 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 の最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の透過切り替えタイミングを示す図、(b) は撮像装置で撮像される蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の撮像タイミングを示す図、(c) は蛍光成分 1 ~ 3 から発生した蛍光が混在する分光画像に対して、従来の U N M I X I N G 技術を用いて蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 $D_1 \sim D_3$ を算出するときの行列式の一例を示す図である。図 1 7 中、 $t_{\lambda_1} \sim t_{\lambda_2}$ は、夫々蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ が可変分光素子等を介して夫々分光される露光時間、 $M_1 \sim M_3$ は、可変分光素子等を介して夫々分光された蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ が夫々撮像装置で撮像されたデータを格納するメモリーである。

40

【 0 0 1 0 】

図 1 5 (b) に示すように、波長 λ_1 に最大蛍光波長を持つ蛍光成分 1、波長 λ_2 に最大蛍光波長を持つ蛍光成分 2、波長 λ_3 に最大蛍光波長を持つ蛍光成分 3 が、図 1 5 (a) に

50

示すような位置に夫々分布するサンプルを対象として、夫々の蛍光成分 1 ~ 3 から発する蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を、可変分光素子を介して時分割で透過し撮像装置で撮像するものとする。

このとき、夫々の蛍光波長での分光画像は、図 16 (a) ~ 図 16 (c) に示すように、いずれも、夫々の蛍光成分 1 ~ 3 からの蛍光の強弱は異なるものの、3 種類の蛍光成分から発生した蛍光が混在した画像となる。即ち、これらの分光画像においては、蛍光成分 1 ~ 3 から発する蛍光は分離していない。

【0011】

ここで、蛍光成分 1 ~ 3 からの蛍光が混在する分光画像に対して特許文献 1 に記載したような従来の UNMIXING 技術を用いた蛍光抽出処理を行うものとする。

従来の UNMIXING 技術を用いた蛍光抽出処理においては、サンプル中に存在する 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 の夫々の基準濃度での蛍光スペクトルの UNMIXING 係数 (蛍光成分の成分比) を、所定の記憶媒体に予め記録しておく。

そして、所定の記憶媒体に記録しておいた蛍光成分 1 ~ 3 の夫々の基準濃度での蛍光スペクトルの UNMIXING 係数 (蛍光成分の成分比) と検出される各蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での蛍光画像の強度 $I_{all}(\lambda_1) \sim I_{all}(\lambda_3)$ とを用いて、図 17 (c) に示す行列式より蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 $D_1 \sim D_3$ を算出する。

【0012】

ここで、従来の UNMIXING 技術を用いた各蛍光成分の濃度 D の演算方法について説明する。

測定対象の波長 λ_n での信号強度 $I_{all}(\lambda_n)$ は、各蛍光成分の波長 λ_n での信号強度の合計であり、次の式 (11) のように表すことができる。

$$I_{all}(\lambda_n) = I_1(\lambda_n) + I_2(\lambda_n) + \dots + I_m(\lambda_n) \quad \dots (11)$$

但し、 I_1 は蛍光成分 1 から得られる波長 λ_n での信号強度、 I_2 は蛍光成分 2 から得られる波長 λ_n での信号強度、 I_m は蛍光成分 m から得られる波長 λ_n での信号強度である。

【0013】

ところで、蛍光成分から得られる信号強度は蛍光成分の濃度に比例する。従って、測定対象中に m 種類の蛍光成分が存在する場合、波長 λ_n での各蛍光成分から得られる信号強度は、次の式 (12a) ~ (12c) のように表すことができる。

$$I_1(\lambda_n) = a_1(\lambda_n) * D_1 \quad \dots (12a)$$

但し、 D_1 は蛍光成分 1 の濃度、 $a_1(\lambda_n)$ は蛍光成分 1 の基準濃度での波長 λ_n での係数である。

$$I_2(\lambda_n) = a_2(\lambda_n) * D_2 \quad \dots (12b)$$

但し、 D_2 は蛍光成分 2 の濃度、 $a_2(\lambda_n)$ は蛍光成分 2 の基準濃度での波長 λ_n での係数である。

$$I_m(\lambda_n) = a_m(\lambda_n) * D_m \quad \dots (12c)$$

但し、 D_m は蛍光成分 m の濃度、 $a_m(\lambda_n)$ は蛍光成分 m の基準濃度での波長 λ_n での係数である。

【0014】

これらの式 (12a) ~ (12c) より、測定対象中に m 種類の蛍光成分が存在すると想定される場合における n 種類の波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n での測定対象の信号強度は、例えば、次の行列式 (13) で表すことができる。

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ I_{all}(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & \dots & a_m(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) & a_2(\lambda_2) & \dots & a_m(\lambda_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & a_2(\lambda_n) & \dots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix} \quad \dots (13)$$

【0015】

ここで、行列式 (1 3) の左辺の

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda 1) \\ I_{all}(\lambda 2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda n) \end{pmatrix}$$

は測定対象の分光スペクトルを示す。

【 0 0 1 6 】

また、行列式 (1 3) の右辺における

$$\begin{pmatrix} a1(\lambda 1) & a2(\lambda 1) & \cdots & am(\lambda 1) \\ a1(\lambda 2) & a2(\lambda 2) & \cdots & am(\lambda 2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a1(\lambda n) & a2(\lambda n) & \cdots & am(\lambda n) \end{pmatrix}$$

は各蛍光成分の基準濃度での蛍光スペクトルを示している。

【 0 0 1 7 】

そこで、従来の UNMIXING 技術を用いた演算においては、次の行列式 (1 4) を解くことで、各蛍光成分の濃度 $D_1, D_2, \dots, D_m$ を求めている。

$$\begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ \vdots \\ Dn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda 1) & a2(\lambda 1) & \cdots & am(\lambda 1) \\ a1(\lambda 2) & a2(\lambda 2) & \cdots & am(\lambda 2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a1(\lambda n) & a2(\lambda n) & \cdots & am(\lambda n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda 1) \\ I_{all}(\lambda 2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda n) \end{pmatrix} \quad \cdots (14)$$

なお、上記行列式において、分光画像の種類と蛍光成分の種類とが同数 (即ち、 $n = m$) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類とが同数となるので、一意的に行列式を解くことができる。また、分光画像の種類が蛍光成分の種類よりも多い (即ち、 $n > m$) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類よりも多くなるが、この場合は最小 2 乗法を用いることで行列式を解くことができる。これに対し、分光画像の種類が蛍光成分の種類よりも少ない (即ち、 $n < m$) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類よりも少なくなるため、行列式を解くことができない。

従って、UNMIXING 技術を用いる場合には、分光画像の種類を蛍光成分の種類以上 (即ち、 $n \geq m$) にすることが前提となる。

【 0 0 1 8 】

このように、従来の UNMIXING 技術を用いた蛍光内視鏡装置では、分光画像に対し、夫々の蛍光成分のスペクトルを用いて UNMIXING を行うことで、夫々の蛍光成分の分布画像を得ることができる。

図 1 8 は UNMIXING 処理後の画像処理を示す図で、(a) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 1 の分布画像、(b) は (a) の分布画像における蛍光成分 1 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(c) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 2 の分布画像、(d) は (c) の分布画像における蛍光成分 2 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(e) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 3 の分布画像、(f) は (e) の分布画像における蛍光成分 3 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(g) は (b), (d), (f) の分布画像を一画像に合成した状態を示す図である。

【 0 0 1 9 】

ところで、蛍光成分の単体での明るさや、サンプルである生体内での集積性や病変部への運搬性、生体内での代謝特性 (時間)、蛍光体を生体に入れてから測定するまでの (評価) 時間や、タイミング等に応じて、サンプル内の蛍光成分ごとに最大蛍光波長での蛍光強度 (明るさ) が異なる。

例えば、図 1 9 (a) に示すような蛍光スペクトル特性を持つ蛍光成分 1 ~ 3 であっても

10

20

30

40

50

、図 19 (b) に示すように蛍光成分 2 の最大蛍光波長 λ_2 での蛍光強度が異なる場合がある。

【0020】

このような場合、例えば、図 19 における蛍光成分 2 の蛍光画像についての露光時間を長くする等、適宜、露光時間等の露光条件を変更しないと、暗い蛍光成分を検出することが難しくなる。また、暗い蛍光成分 2 から検出される蛍光波長 λ_2 は強度が弱いため、検出される信号がノイズの影響を受けやすく、UNMIXING 処理を施しても正確な濃度を得ることが難しい。

しかし、例えば、最大蛍光波長の暗い蛍光成分に対する露光時間の適正化に合わせて、全ての蛍光成分の最大蛍光波長での蛍光画像について露光時間を一様に長くすると、フレームレートが著しく低下してしまう。

また、最大蛍光波長の暗い蛍光成分についての最大蛍光波長での蛍光画像の露光時間のみを長くすると、その画像に含まれる他の蛍光成分の蛍光波長の検出量の変動し、UNMIXING 係数（蛍光成分の成分比）と乖離を生じ、蛍光成分の分離が困難になってしまう。

【0021】

また、例えば、図 19 に示す場合とは逆に、蛍光成分 2 の最大蛍光波長が明るすぎる場合においては、蛍光成分 2 の蛍光画像についての露光時間を短くする等、適宜、露光時間等の露光条件を変更しないと、蛍光成分 2 の画像の明るさが飽和してしまう。

しかし、例えば、最大蛍光波長の暗い蛍光成分に対する露光時間の適正化に合わせて、全ての蛍光成分の最大蛍光波長での蛍光画像について露光時間を一様に短くすると、他の蛍光成分の最大蛍光波長での蛍光画像が暗くなって、暗い蛍光成分を検出することが難しくなる、あるいは、検出される信号がノイズの影響を受けやすく、UNMIXING 処理を施しても正確な濃度を得ることが難しくなってしまう。

また、最大蛍光波長の明るすぎる蛍光成分についての最大蛍光波長での蛍光画像の露光時間のみを短くすると、その画像に含まれる他の蛍光成分の蛍光波長の検出量の変動し、UNMIXING 係数（蛍光成分の成分比）と乖離を生じ、蛍光成分の分離が困難になってしまう。

【0022】

図 20 は 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 が同等の明るさである場合における最大蛍光波長 λ_1 ~ λ_3 での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。図 21 は図 20 に対する比較例として、3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 のうち、蛍光成分 2 から発する蛍光波長 λ_2 が著しく暗い場合における蛍光波長 λ_1 ~ λ_3 での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。図 22 は図 21 に示す明るさの蛍光成分 1 ~ 3 が内在するサンプルに対し、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から所定時間増加させた場合における蛍光波長 λ_1 ~ λ_3 での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。図 23 は図 22 に示す蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から増加させた場合における蛍光波長 λ_1 ~ λ_3 での夫々の分光画像に対して、UNMIXING 処理を施した後の蛍光成分 1 ~ 3 の夫々の分布画像を示す図で、(a) は取得した夫々の分光画像の群を概念的に示す図、(b) は蛍光成分 1 の分布画像を示す図、(c) は蛍光成分 2 の分布画像を示す図、(d) は蛍光成分 3 の分布画像を示す図である。

【0023】

図 22 (b) に示すように、図 21 に示す蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についてのみ露光時間を増加させた場合、蛍光成分 2 だけでなく、その他の蛍光成分 1、蛍光成分 3 も明るく検出される。

その場合、取得した分光画像に対して UNMIXING 処理を施しても、実際の蛍光成

分の成分比が、予めメモリ等に記録されている U N M I X I N G 係数とは異なったものとなる。このため、上記行列式 (1 3) を当てはめた図 1 7 (c) に示す行列式を用いて蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 $D_1 \sim D_3$ を求めても、図 2 3 (b) ~ 図 2 3 (d) に示すように、夫々の蛍光成分ごとに分離した分布画像を得ることができない。

【 0 0 2 4 】

本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたものであり、フレームレートを極力変更させずに、各蛍光成分の明るさが蛍光画像観察に適した明るさとなるように露光条件を変更しても、露光条件の変更如何にかかわらず各蛍光成分を分離して表示できる蛍光内視鏡装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 2 5 】

上記目的を達成するため、本発明による蛍光内視鏡装置は、最大蛍光波長が異なり少なくとも一部の波長域で蛍光波長が重なる複数種類の蛍光成分を有する生体組織に励起光を照射し前記生体組織から発生する複数種類の蛍光画像を取得し、取得した蛍光画像を用いて生体組織に存在する複数種類の蛍光成分を分離して表示にする蛍光内視鏡装置であって、前記複数種類の蛍光成分を励起させる少なくとも 1 種類以上の励起光を照射する光源部と、前記生体組織から発生する蛍光画像を、 n 種類[但し、 $m \leq n$]の波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n ごとに取得する蛍光画像取得部と、前記生体組織中に存在する m 種類[但し、 $2 \leq m$]の蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルが記録された蛍光スペクトル記録部と、前記蛍光スペクトル記録部に記録された蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルと前記蛍光画像取得部が取得した波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n ごとの蛍光画像を用いて、前記生体組織中に存在する夫々の蛍光成分の濃度を、該蛍光画像における全ての画素について演算により求める蛍光成分濃度演算部と、前記蛍光成分濃度演算部が求めた夫々の蛍光成分の濃度に基づいて夫々の蛍光成分の分布画像を作成し、作成した夫々の蛍光成分の分布画像に対し夫々の蛍光成分に対応する所定の色を割り当て、所定の色を割り当てた分布画像を一つの画像に合成する蛍光画像合成部と、前記蛍光画像合成部を介して合成された画像を表示する画像表示部を有し、前記蛍光成分濃度演算部が、前記蛍光スペクトル記録部に記録された蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルより得られる、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n の係数を $a_1(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_n)$ 、前記蛍光画像取得部が取得した波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n の蛍光画像の強度を $I_{all}(\lambda_1) \sim I_{all}(\lambda_n)$ 、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の濃度を $D_1 \sim D_m$ としたとき、次の式 (1) を用いて、蛍光成分 1 の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m を、該蛍光画像における画素ごとに全ての画素について計算する内視鏡装置であって、前記蛍光成分濃度演算部が、露光条件構成要素の基準露光条件に対する変更の有無をチェックし、波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの少なくとも 1 つの波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた所定の露光条件構成要素の数値の変更があるとき、その変更に関連して、前記式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 $D_1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ を、当該波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定の露光条件構成要素の数値に対する変更後の前記所定の露光条件構成要素の数値の比率を用いて変更することをして特徴としている。

20

30

40

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & \cdots & a_m(\lambda_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & \cdots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

【 0 0 2 6 】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた露

50

光時間の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における露光時間に対する変更後の露光時間の比率を乗算するのが好ましい。

【0027】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた、フレームレートを一定に保ったままでの露光時間の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の係数 $a_1(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_n)$ に対し、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における露光時間に対する変更後の露光時間の比率を乗算するのが好ましい。

【0028】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 λ_1 ～波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度に対する変更後の前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度の比率を乗算するのが好ましい。

【0029】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた夫々の波長を励起する励起光の強度の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の係数 $a_1(\lambda_1) \sim a_m(\lambda_1) \sim a_1(\lambda_n) \sim a_m(\lambda_n)$ に対し、波長 λ_1 ～波長 λ_n の夫々の波長の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における夫々の波長を励起する励起光の強度に対する変更後の夫々の波長を励起する励起光の強度の比率を乗算するのが好ましい。

【0030】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 λ_1 ～波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間に対する変更後の前記所定波長 λ_x を励起する励起光の励起時間の比率を乗算するのが好ましい。

【0031】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 λ_1 ～波長 λ_n のうちの所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度及び励起時間の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 D_1 ～蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ に対し、前記所定波長 λ_x の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における前記所定波長 λ_x を励起する励起光の強度及び励起

時間に対する変更後の前記所定波長 λx を励起する励起光の強度及び励起時間の比率を乗算するのが好ましい。

【0032】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 $\lambda 1 \sim$ 波長 λn のうちの所定波長 λx の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされた検出強度の変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 $D 1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 $D m$ の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λx の係数 $a 1(\lambda x) \sim a m(\lambda x)$ に対し、前記所定波長 λx の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下における検出強度に対する変更後の検出強度の比率を乗算するのが好ましい。

10

【0033】

また、本発明の蛍光内視鏡装置においては、前記蛍光成分濃度演算部が、波長 $\lambda 1 \sim$ 波長 λn のうちの所定波長 λx の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際になされたゲインの変更があるとき、その変更に関連して、前記式(1)を用いた蛍光成分1の濃度 $D 1 \sim$ 蛍光成分 m の濃度 $D m$ の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における前記所定波長 λx の係数 $a 1(\lambda x) \sim a m(\lambda x)$ に対し、前記所定波長 λx の蛍光画像を前記蛍光画像取得部が取得する際の基準露光条件下におけるゲインに対する変更後のゲインの比率を乗算するのが好ましい。

【発明の効果】

【0034】

本発明によれば、フレームレートを極力変更させずに、各蛍光成分の明るさが蛍光画像観察に適した明るさとなるように、露光条件を変更しても、露光条件の変更如何にかかわらず各蛍光成分を分離して表示できる蛍光内視鏡装置が得られる。

20

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の各実施例の蛍光内視鏡装置に共通の構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】図1の蛍光内視鏡装置における撮像部の構成を示す説明図である。

【図3】図2に示すような3種類の蛍光成分1～3のうち、蛍光成分2から発する蛍光波長 $\lambda 2$ が著しく暗い場合における蛍光波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ での夫々の分光画像に対し、特許文献1に記載のUNMIXING技術を用いた場合の各蛍光成分の分布画像を示す図で、(a)は蛍光成分1の分布画像を示す図、(b)は蛍光成分2の分布画像を示す図、(c)は蛍光成分3の分布画像を示す図である。

30

【図4】図2に示すような図2の蛍光成分の組み合わせのサンプルに対し、蛍光波長 $\lambda 2$ での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から所定時間増加させた場合における蛍光波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ での夫々の分光画像に対し、特許文献1に記載のUNMIXING技術を用いた場合の各蛍光成分の分布画像を示す図で、(a)は蛍光成分1の分布画像を示す図、(b)は蛍光成分2の分布画像を示す図、(c)は蛍光成分3の分布画像を示す図である。

【図5】図2に示すような図2の蛍光成分の組み合わせのサンプルに対し、蛍光波長 $\lambda 2$ での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から所定時間増加させた場合における蛍光波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ での夫々の分光画像に対し、本発明の蛍光内視鏡装置における蛍光成分濃度演算部13 d_2 が行うUNMIXING技術を用いた場合の各蛍光成分の分布画像を示す図で、(a)は蛍光成分1の分布画像を示す図、(b)は蛍光成分2の分布画像を示す図、(c)は蛍光成分3の分布画像を示す図である。

40

【図6】基準露光条件下における蛍光成分1, 2の夫々の蛍光スペクトル及び蛍光成分1, 2が混在した状態の測定対象の蛍光スペクトルを示す図で、(a)は蛍光成分1, 2の夫々の蛍光強度が同程度の場合における各スペクトルを示す図、(b)は蛍光成分1, 2の夫々の蛍光強度が著しく異なる場合における各スペクトルを示す図である。

【図7】実施例1にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部13

50

d_2 が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における可変分光素子 $1\ 2\ b_4$ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(b)は(a)と略同時刻に撮像素子 $1\ 2\ b_5$ を介して光電変換され、各フレームメモリ $1\ 3\ c_1$, $1\ 3\ c_2$, $1\ 3\ c_3$ に記録される各波長域の光を時系列で示す図、(c)は実施例 1 の露光条件下における可変分光素子 $1\ 2\ b_4$ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(d)は(c)と略同時刻に撮像素子 $1\ 2\ b_5$ を介して光電変換され、各フレームメモリ $1\ 3\ c_1$, $1\ 3\ c_2$, $1\ 3\ c_3$ に記録される各波長域の光を時系列で示す図、(e)は(c) , (d)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 8】実施例 2 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における可変分光素子 $1\ 2\ b_4$ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(b)は実施例 2 の露光条件下における可変分光素子 $1\ 2\ b_4$ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 9】実施例 3 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 3 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 10】実施例 4 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 4 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 11】実施例 5 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 5 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 12】実施例 6 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 6 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 13】実施例 7 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 7 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【図 14】実施例 8 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長の蛍光画像のゲイン及び検出タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 5 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長の蛍光画像のゲイン及び検出タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 $1\ 3\ d_2$ が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5】サンプル内に存在する 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 の説明図で、(a) は蛍光成分 1 ~ 3 のサンプル内での分布を概念的に示す図、(b) は蛍光成分 1 ~ 3 の蛍光スペクトルを示す図である。

【図 1 6】蛍光内視鏡装置において所定の可変分光素子を経て撮像装置で撮像された分光画像の分布及び明るさを概念的に示す説明図で、(a) は蛍光成分 1 における最大蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光成分 2 における最大蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光成分 3 における最大蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。

【図 1 7】蛍光成分 1 ~ 3 の夫々における最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での分光画像についての露光タイミングの一例を示す図で、(a) は可変分光素子による 3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 の最大波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の透過切り替えタイミングを示す図、(b) は撮像装置で撮像される蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の撮像タイミングを示す図、(c) は蛍光成分 1 ~ 3 から発生した蛍光が混在する分光画像に対して、従来の UNMIXING 技術を用いて蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 $D_1 \sim D_3$ を算出するときの行列式の一例を示す図である。

【図 1 8】UNMIXING 処理後の画像処理を示す図で、(a) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 1 の分布画像、(b) は (a) の分布画像における蛍光成分 1 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(c) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 2 の分布画像、(d) は (c) の分布画像における蛍光成分 2 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(e) は UNMIXING 処理後の蛍光成分 3 の分布画像、(f) は (e) の分布画像における蛍光成分 3 の分布領域に所定の色を割り当てた状態を示す図、(g) は (b), (d), (f) の分布画像を一画像に合成した状態を示す図である。

【図 1 9】サンプル内に存在する 3 種類の蛍光成分の蛍光強度を示す説明図で、(a) は夫々の蛍光成分の蛍光スペクトルを示す図、(b) は蛍光成分 2 の蛍光強度が異なる場合の一例を示す図である。

【図 2 0】3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 が同等の明るさである場合における最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。

【図 2 1】図 2 0 に対する比較例として、3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 のうち、蛍光成分 2 から発する蛍光波長 λ_2 が著しく暗い場合における蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。

【図 2 2】図 2 1 に示す明るさの蛍光成分 1 ~ 3 が内在するサンプルに対し、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から所定時間増加させた場合における蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での夫々の分光画像を示す図で、(a) は蛍光波長 λ_1 での分光画像を示す図、(b) は蛍光波長 λ_2 での分光画像を示す図、(c) は蛍光波長 λ_3 での分光画像を示す図である。

【図 2 3】図 2 2 に示す蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から増加させた場合における蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での夫々の分光画像に対して、UNMIXING 処理を施した後の蛍光成分 1 ~ 3 の夫々の分布画像を示す図で、(a) は取得した夫々の分光画像の群を示す図、(b) は蛍光成分 1 の分布画像を示す図、(c) は蛍光成分 2 の分布画像を示す図、(d) は蛍光成分 3 の分布画像を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

図 1 は本発明の各実施例の蛍光内視鏡装置に共通の構成を概略的に示すブロック図である。図 2 は図 1 の蛍光内視鏡装置における撮像部の構成を示す説明図である。

図 1 の蛍光内視鏡装置は、光源ユニット 11 と、内視鏡先端挿入部 12 と、制御ユニット 13 と、表示ユニット 14 と、露光条件設定部 15 を有している。

光源ユニット 11 は、励起光用光源 11a と、光源制御回路 11b を有している。

励起光用光源 11a は、光源（図示省略）と、複数種類の蛍光成分をそれぞれ別々に励起させる複数種類の励起フィルタ（図示省略）、あるいは複数種類の蛍光成分を同時に励起させる 1 種類の励起フィルタ（図示省略）を有しており、所定の励起用の波長域の光を

10

20

30

40

50

発するように構成されている。

光源制御回路 11b は、例えば、円周上に励起フィルタと透明なガラス板を備えたターレットを回転させることによって、あるいは、例えば、エタロン等の可変分光素子を介して、光源ユニット 11 から出射する、励起光用光源 11a からの複数種類の蛍光成分に対応した励起用の光の強度及び照射時間を、露光条件設定部 15 で設定された、励起時間や励起強度の数値に応じて、選択的に切替え制御することができるよう構成されている。

【0037】

内視鏡先端挿入部 12 は、照明光学系 12a と、撮像部 12b を有している。

照明光学系 12a は、ライトガイド 12c を経由した光源ユニット 11 からの光を生体組織 9 に照射する。

【0038】

そして、これら光源ユニット 11 における励起光用光源 11a とライトガイド 12c と照明光学系 12a は、互いに相俟って、生体 9 の観察部に対して、蛍光波長特性の異なる複数種類の蛍光成分を励起させる少なくとも 1 種類以上の励起光を照射する光源部として機能する。

【0039】

撮像部 12b は、図 2 に示すように、対物光学系 12b₁ と、結像光学系 12b₂ と、励起光カットフィルタ 12b₃ と、可変分光素子 12b₄ と、撮像素子 12b₅ を有している。

励起光カットフィルタ 12b₃ は、所定の励起波長域の光をカットし、その他の波長域の光を透過させる光学特性を有している。

【0040】

可変分光素子 12b₄ は、エタロン等で構成されている。エタロンは、一对の光学基板 12b₄₁, 12b₄₂ と、一对の光学基板 12b₄₁, 12b₄₂ の対向する面同士の間隔を測定する静電容量センサ 12b₄₃, 12b₄₄ と、一方の基板 12b₄₁ を移動させるためのアクチュエータとして、後述の可変分光素子制御部 13a により駆動を制御されるピエゾ素子 12b₄₅ を備えている。このような構成により、可変分光素子 12b₄ は、後述の可変分光素子制御回路 13a の制御を介して生体 9 の観察部から入射する光のうち複数種類の所定波長域の蛍光を時分割で選択して透過させる。

【0041】

撮像素子 12b₅ は、例えば、単板式イメージセンサからなる白黒 CCD で構成されていて、分光光学素子 12b₄ により選択されて透過させられた光を光電変換する。光電変換された画像は、後述の制御ユニット 13 内に設けられたフレームメモリ 13c₁ ~ 13c₃ に記憶される。

そして、撮像部 12b は、生体組織から発生する蛍光画像を、n 種類[但し、m < n]の波長 λ₁ ~ 波長 λ_n ごとに取得する蛍光画像取得部として機能する。

【0042】

制御ユニット 13 は、可変分光素子制御回路 13a と、撮像素子制御回路 13b と、フレームメモリ 13c と、画像処理回路 13d を有している。

【0043】

可変分光素子制御回路 13a は、露光条件設定部 15 で設定された、露光時間の数値に応じて、可変分光素子 12b₄ の駆動を制御する。

フレームメモリ 13c は、分光画像用のフレームメモリ 13c₁, 13c₂, 13c₃ を有している。

分光画像用のフレームメモリ 13c₁, 13c₂, 13c₃ は、夫々が、可変分光素子 12b₄ を介して選択・透過され、撮像素子 12b₅ を介して光電変換された、蛍光検出用波長域の光の画像を記憶する。

撮像素子制御回路 13b は、露光条件設定部 15 で設定された、露光時間や撮像素子で撮像される検出波長の信号のゲイン等の数値に応じて、撮像素子 12b₅ の駆動を制御する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

画像処理回路 1 3 d は、U N M I X I N G 係数記録部 1 3 d₁と、蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂と、蛍光画像合成部 1 3 d₃を有している。

U N M I X I N G 係数記録部 1 3 d₁は、生体組織 9 中に存在する m 種類[但し、2 ~ m]の蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルが記録されており、蛍光スペクトル記録部として機能する。

蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、U N M I X I N G 係数記録部 1 3 d₁に記録された蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の夫々の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルと撮像部 1 2 b が取得した波長 λ_1 ~ 波長 λ_n ごとの蛍光画像を用いて、生体組織 9 中に存在する夫々の蛍光成分の濃度を、蛍光画像における全ての画素について演算により求める。

10

【 0 0 4 5 】

その際、蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、露光条件設定部 1 5 で設定された露光条件構成要素の基準露光条件に対する変更の有無をチェックし、波長 λ_1 ~ 波長 λ_n のうちの少なくとも 1 つの波長 λ_x の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際になされた所定の露光条件構成要素の数値に変更があるとき、その変更に関連して、後述の式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D_1 ~ 蛍光成分 m の濃度 D_m の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ_x の係数 $a_1(\lambda_x) \sim a_m(\lambda_x)$ を、当該波長 λ_x の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際の基準露光条件下における所定の露光条件構成要素の数値に対する変更後の所定の露光条件構成要素の数値の比率を用いて変更する。

20

【 0 0 4 6 】

なお、本発明における露光条件構成要素とは、蛍光内視鏡装置において操作者が設定可能な、例えば、露光時間、励起強度、励起時間、撮像素子で撮像された検出波長の信号のゲイン、ND フィルタにより調整される検出波長の検出強度などの諸要素をいう。

露光条件設定部 1 5 は、これらの露光条件構成要素の数値を設定入力可能に構成されている。そして、露光条件設定部 1 5 は、設定入力された露光条件のうち、励起時間、励起強度の数値を、光源ユニット 1 1 内の光源制御回路 1 1 b に伝送する。また、露光条件設定部 1 5 は、設定入力された露光時間の数値を、制御ユニット 1 3 内の可変分光素子制御回路 1 3 a、撮像素子制御回路 1 3 b に伝送する。また、露光条件設定部 1 5 は、設定入力された撮像素子で撮像された検出波長の信号のゲインの数値を、制御ユニット 1 3 内の撮像素子制御回路 1 3 b に伝送する。さらに、露光条件設定部 1 5 は、設定入力されたこれらの露光条件構成要素の数値を、制御ユニット 1 3 内の画像処理回路 1 3 d の蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂に伝送する。

30

なお、露光条件設定部 1 5 は、パソコン等に準じた画面を介して数値を入力できる装置であってもよいし、或いは、光源ユニット 1 1、撮像ユニット 1 2 等において操作者が直接的に設定可能なスイッチであっても良い。

【 0 0 4 7 】

蛍光画像合成部 1 3 d₃は、蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂が求めた夫々の蛍光成分の濃度に基づいて夫々の蛍光成分の分布画像を作成し、作成した夫々の蛍光成分の分布画像に対し、夫々の蛍光成分に対応する例えば R・G・B 等の所定の色を割り当て、所定の色を割り当てた分布画像を一つの画像に合成する。その際、各画像信号に対して、例えば、正常組織部分と病変組織部分等、夫々の蛍光成分が分布する部分が識別し易くなるように、異なる色相の出力信号に変換する。

40

【 0 0 4 8 】

表示ユニット 1 4 は、画像表示部として機能し、蛍光画像合成部 1 3 d₃を介して合成された画像を表示する。

【 0 0 4 9 】

なお、撮像素子 1 2 b₅は、例えば、モザイクフィルタ(図示省略)と、単板式イメージセンサ(図示省略)とを備えたカラー CCD で構成しても良い。

また、単板式イメージセンサは、夫々の画素が、モザイクフィルタを構成する夫々の波

50

長域の光を透過させる夫々のフィルタに対応し、モザイクフィルタを介して分離された画像の光を異なる画素によって別々に取得するように構成しても良い。

【 0 0 5 0 】

また、その場合、分光画像用のフレームメモリ $13c_1$, $13c_2$, $13c_3$ は、夫々が、モザイクフィルタを構成する夫々の波長域の光を透過させる夫々のフィルタに対応し、モザイクフィルタを介して分離され対応する夫々の画素で取得された各画像信号を、別々に記憶するように構成しても良い。

【 0 0 5 1 】

ここで、蛍光成分濃度演算部 $13d_2$ における U N M I X I N G 技術を用いた蛍光成分の分離手順を説明する。

10

まず、U N M I X I N G における各蛍光成分の濃度 D の演算方法について説明する。

上述したように、測定対象の波長 λn での信号強度 $I_{all}(\lambda n)$ は、各蛍光成分の波長 λn での信号強度の合計であり、次の式 (1 1) のように表すことができる。

$$I_{all}(\lambda n) = I_1(\lambda n) + I_2(\lambda n) \cdot \dots + I_m(\lambda n) \quad \dots (11)$$

但し、 I_1 は蛍光成分 1 から得られる波長 λn での信号強度、 I_2 は蛍光成分 2 から得られる波長 λn での信号強度、 I_m は蛍光成分 m から得られる波長 λn での信号強度である。

【 0 0 5 2 】

蛍光成分から得られる信号強度は蛍光成分の濃度に比例する。従って、測定対象中に m 種類の蛍光成分が存在する場合、波長 λn での各蛍光成分から得られる信号強度は、次の式 (1 2 a) ~ (1 2 c) のように表すことができる。

20

$$I_1(\lambda n) = a_1(\lambda n) * D_1 \quad \dots (12a)$$

但し、 D_1 は蛍光成分 1 の濃度、 $a_1(\lambda n)$ は蛍光成分 1 の基準濃度での基準露光条件下における波長 λn での係数である。

$$I_2(\lambda n) = a_2(\lambda n) * D_2 \quad \dots (12b)$$

但し、 D_2 は蛍光成分 2 の濃度、 $a_2(\lambda n)$ は蛍光成分 2 の基準濃度での基準露光条件下における波長 λn での係数である。

$$I_m(\lambda n) = a_m(\lambda n) * D_m \quad \dots (12c)$$

但し、 D_m は蛍光成分 m の濃度、 $a_m(\lambda n)$ は蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における波長 λn での係数である。

30

【 0 0 5 3 】

これらの式 (1 2 a) ~ (1 2 c) より、測定対象中に m 種類の蛍光成分が存在すると想定される場合における n 種類の波長 λ_1 ~ 波長 λ_n での測定対象の信号強度は、例えば、次の行列式 (1 3) で表すことができる。

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ I_{all}(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & \dots & a_m(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) & a_2(\lambda_2) & \dots & a_m(\lambda_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & a_2(\lambda_n) & \dots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix} \quad \dots (13)$$

40

【 0 0 5 4 】

ここで、行列式 (1 3) の左辺の

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ I_{all}(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix}$$

は測定対象の分光スペクトルを示す。

【 0 0 5 5 】

50

また、行列式 (1 3) の右辺における

$$\begin{pmatrix} a1(\lambda1) & a2(\lambda1) & \cdots & am(\lambda1) \\ a1(\lambda2) & a2(\lambda2) & \cdots & am(\lambda2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a1(\lambda n) & a2(\lambda n) & \cdots & am(\lambda n) \end{pmatrix}$$

は各蛍光成分の基準濃度での基準露光条件下における蛍光スペクトルを示している。

【 0 0 5 6 】

ここで、蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、蛍光波長 λ 1 ~ 蛍光波長 λ n での夫々の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際の露光条件に関し、いずれの露光条件構成要素の数値も基準露光条件下における露光条件構成要素の数値と比較して変更がない場合には、次の行列式 (1) を解いて、各蛍光成分の濃度 D 1 , D 2 , ... , D m を求める。

$$\begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ \vdots \\ Dn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda1) & a2(\lambda1) & \cdots & am(\lambda1) \\ a1(\lambda2) & a2(\lambda2) & \cdots & am(\lambda2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a1(\lambda n) & a2(\lambda n) & \cdots & am(\lambda n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda1) \\ I_{all}(\lambda2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda n) \end{pmatrix} \quad \cdots (1)$$

なお、上記行列式において、分光画像の種類と蛍光成分の種類とが同数 (即ち、 n = m) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類とが同数となるので、一意的に行列式を解くことができる。また、分光画像の種類が蛍光成分の種類よりも多い (即ち、 n > m) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類よりも多くなるが、この場合は最小 2 乗法を用いることで行列式を解くことができる。これに対し、分光画像の種類が蛍光成分の種類よりも少ない (即ち、 n < m) 場合は、式の数と蛍光成分の濃度の種類よりも少なくなるため、行列式を解くことができない。

従って、UNMIXING の手法は、分光画像の種類を蛍光成分の種類以上 (即ち、 n > m) にすることが前提となる。

【 0 0 5 7 】

一方、蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、蛍光波長 λ 1 ~ 蛍光波長 λ n での夫々の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際の露光条件に関し、少なくとも 1 つの波長 λ x での蛍光画像についての露光条件を構成するいずれかの露光条件構成要素の数値が基準露光条件下における露光条件構成要素の数値と比較して変更がある場合には、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D 1 ~ 蛍光成分 m の濃度 D m の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ x の係数 a 1 (λ x) ~ a m (λ x) を、当該波長 λ x の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際の基準露光条件下における所定の露光条件構成要素の数値に対する変更後の所定の露光条件構成要素の数値の比率を用いて変更する。

例えば、蛍光波長 λ 2 での蛍光画像についての露光時間が基準露光条件下における露光時間と比較して変更がある場合、その変更した露光時間の比率を α₂ とすると、上記式 (1) における UNMIXING 係数を次式 (1 ') のように補正する。

$$\begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ \vdots \\ Dn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda1) & a2(\lambda1) & \cdots & am(\lambda1) \\ a1(\lambda2) \times \alpha_2 & a2(\lambda2) \times \alpha_2 & \cdots & am(\lambda2) \times \alpha_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a1(\lambda n) & a2(\lambda n) & \cdots & am(\lambda n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda1) \\ I_{all}(\lambda2) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda n) \end{pmatrix} \quad \cdots (1')$$

次いで、UNMIXING 係数を補正した上記式 (1 ') を解いて、各蛍光成分の濃度 D 1 , D 2 , ... , D m を求める。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

次に、このように構成された本発明の蛍光内視鏡装置の作用効果について説明する。

ここで、例えば、図 2 1 に示したように、3 種類の蛍光成分 1 ~ 3 のうち、蛍光成分 2 から発する最大蛍光波長 λ_2 が著しく暗い場合における蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での夫々の分光画像が得られるような場合があるとす。その場合には、蛍光成分 2 の蛍光画像についての露光時間を長くなるように調整しないと、図 2 1 に示すような分光画像に対し、特許文献 1 に記載の UNMIXING 技術を用いても、図 3 (b) に示すように、蛍光成分 2 の分布画像が暗くなって観察できない。

【0059】

次に、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間よりも長くした場合、図 2 2 に示すような分光画像が得られる。その場合に、特許文献 1 に記載の UNMIXING 技術を用いた場合、図 4 (b) に示すように、蛍光成分 2 の分布画像においては、蛍光成分 2 の蛍光成分を明るく抽出できるが、その他の蛍光成分 1, 3 の蛍光成分を分離することができない。

10

【0060】

これに対し、本発明によれば、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像についての露光時間を基準露光条件下での露光時間から増加させて、図 2 2 のような分光画像が得られる場合に、蛍光成分濃度演算部 13 d₂ がその露光時間の変化に連動して、UNMIXING 技術を用いる過程で得られる UNMIXING 係数に対し、基準露光時間に対する変更した露光時間の比率で調整する。このため、行列式 (1) を介して算出される蛍光成分の濃度が、UNMIXING 係数を適正に補正した値に基づいて求まることになる。その結果、得られる分光画像は、図 5 (a) ~ 図 5 (c) に示すように、蛍光成分 1 ~ 3 の夫々において、蛍光成分が分離した状態の明るい画像となる。

20

【0061】

このことを、UNMIXING 技術における行列式を用いて説明する。

< UNMIXING 係数を用いて示される分光画像の強度 >

例えば、蛍光成分 1 ~ 3 の分光画像の強度を $I_{all}(\lambda_1)$, $I_{all}(\lambda_2)$, $I_{all}(\lambda_3)$ とした場合、UNMIXING 係数を用いて次の式で示すことができる。

(1) 蛍光波長 λ_1 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_1) = D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1)$$

(2) 蛍光波長 λ_2 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_2) = D_1 \times a_1(\lambda_2) + D_2 \times a_2(\lambda_2) + D_3 \times a_3(\lambda_2)$$

30

(3) 蛍光波長 λ_3 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_3) = D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_2 \times a_2(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)$$

【0062】

< 上記分光画像より導かれる分布画像 >

上記式より蛍光成分 1 ~ 3 の分布画像は、夫々次の式で表すことができる。

(1) 蛍光成分 1 の分布画像

$$[I_{all}(\lambda_1) + I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_2) + D_3 \times a_3(\lambda_2) + D_2 \times a_2(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)\} = D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) + D_1 \times a_1(\lambda_3)$$

40

(2) 蛍光成分 2 の分布画像

$$[I_{all}(\lambda_1) + I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) + D_3 \times a_3(\lambda_2) + D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)\} = D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_2) + D_2 \times a_2(\lambda_3)$$

(3) 蛍光成分 3 の分布画像

$$[I_{all}(\lambda_1) + I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) + D_2 \times a_2(\lambda_2) + D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_2 \times a_2(\lambda_3)\} = D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_2) + D_3 \times a_3(\lambda_3)$$

【0063】

ここで、蛍光成分 2 の最大蛍光波長 λ_2 での蛍光画像の露光条件を基準露光条件下にお

50

ける露光条件から変更したときの従来のUNMIXING技術を用いた蛍光成分2の濃度計算における問題点について説明する。

例えば、蛍光成分2の最大蛍光波長 λ_2 が暗いために、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像の露光条件を2倍（例えば、露光時間を2倍）に変更したとする。このときにUNMIXING係数が変わらないとすると、蛍光成分1～3の最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での分光画像は、UNMIXING係数を用いて夫々次式のように示されることになる。このとき、各蛍光成分の濃度 D_1' 、 D_2' 、 D_3' は露光条件の変更に伴い基準露光条件下での濃度 D_1 、 D_2 、 D_3 とは異なる値となっている。

< UNMIXING係数を用いて示される分光画像 >

(1) 蛍光波長 λ_1 での分光画像

$$I_{a_{11}}(\lambda_1) = D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_1) + D_3' \times a_3(\lambda_1)$$

(2) 蛍光波長 λ_2 での分光画像

$$2 \times I_{a_{11}}(\lambda_2) = D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_2) + D_3' \times a_3(\lambda_2)$$

(3) 蛍光波長 λ_3 での分光画像

$$I_{a_{11}}(\lambda_3) = D_1' \times a_1(\lambda_3) + D_2' \times a_2(\lambda_3) + D_3' \times a_3(\lambda_3)$$

【0064】

しかるに、実際には、蛍光波長 λ_2 についての露光条件を2倍（例えば、露光時間を2倍）に変更したときの蛍光波長 λ_2 での分光画像は、

$$2 \times I_{a_{11}}(\lambda_2) = 2 \times [D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_2) + D_3' \times a_3(\lambda_2)]$$

である。

【0065】

このため、

(1) 蛍光成分1の分布画像は、

$$[I_{a_{11}}(\lambda_1) + 2 \times I_{a_{11}}(\lambda_2) + I_{a_{11}}(\lambda_3)] - \{D_2' \times a_2(\lambda_1) + D_3' \times a_3(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_2) + D_3' \times a_3(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_3) + D_3' \times a_3(\lambda_3)\} = D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_1' \times a_1(\lambda_3)$$

となり、図4(a)に示すように、蛍光成分2の蛍光成分 $D_2' \times a_2(\lambda_2)$ 、蛍光成分3の蛍光成分 $D_3' \times a_3(\lambda_2)$ を分離できない。

(2) また、蛍光成分2の分布画像は、

$$[I_{a_{11}}(\lambda_1) + 2 \times I_{a_{11}}(\lambda_2) + I_{a_{11}}(\lambda_3)] - \{D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_3' \times a_3(\lambda_1) + D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_3' \times a_3(\lambda_2) + D_1' \times a_1(\lambda_3) + D_3' \times a_3(\lambda_3)\} = D_2' \times a_2(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_3)$$

となり、図4(b)に示すように、蛍光成分1の蛍光成分 $D_1' \times a_1(\lambda_2)$ 、蛍光成分3の蛍光成分 $D_3' \times a_3(\lambda_2)$ を分離できない。

(3) また、蛍光成分3の分布画像は、

$$[I_{a_{11}}(\lambda_1) + 2 \times I_{a_{11}}(\lambda_2) + I_{a_{11}}(\lambda_3)] - \{D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_1) + D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_2) + D_1' \times a_1(\lambda_3) + D_2' \times a_2(\lambda_3)\} = D_3' \times a_3(\lambda_1) + D_3' \times a_3(\lambda_2) + D_3' \times a_3(\lambda_3)$$

となり、図4(c)に示すように、蛍光成分1の蛍光成分 $D_1' \times a_1(\lambda_2)$ 、蛍光成分2の蛍光成分 $D_2' \times a_2(\lambda_2)$ を分離できない。

【0066】

また、例えば、蛍光成分2の最大蛍光波長 λ_2 が明るすぎるために、蛍光波長 λ_2 での蛍光画像の露光条件を $1/2$ （例えば、露光時間を $1/2$ ）に変更したとする。このときにUNMIXING係数が変わらないとすると、蛍光成分1～3の最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での分光画像は、UNMIXING係数を用いて次のように示されることになる。この

とき、各蛍光成分の濃度 D_1'' , D_2'' , D_3'' は露光条件の変更に伴い基準露光条件下での濃度 D_1 , D_2 , D_3 とは異なる値となっている。

< UNMIXING 係数を用いて示される分光画像 >

(1) 蛍光波長 λ_1 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_1) = D_1'' \times a_1(\lambda_1) + D_2'' \times a_2(\lambda_1) + D_3'' \times a_3(\lambda_1)$$

(2) 蛍光波長 λ_2 での分光画像

$$1/2 \times I_{all}(\lambda_2) = D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2)$$

(3) 蛍光波長 λ_3 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_3) = D_1'' \times a_1(\lambda_3) + D_2'' \times a_2(\lambda_3) + D_3'' \times a_3(\lambda_3)$$

【0067】

しかるに、実際には、蛍光波長 λ_2 についての露光条件を $1/2$ (例えば、露光時間を $1/2$) に変更したときの蛍光波長 λ_2 での分光画像は、

$$1/2 \times I_{all}(\lambda_2) = 1/2 \times [D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2)]$$

である。

【0068】

このため、

(1) 蛍光成分 1 の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 1/2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_2'' \times a_2(\lambda_1) + D_3'' \times a_3(\lambda_1) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_3) + D_3'' \times a_3(\lambda_3)\} = D_1'' \times a_1(\lambda_1) + D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_1'' \times a_1(\lambda_3) - 1/2 \times [D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2)]$$

となり、蛍光成分 1 の蛍光成分が $-1/2 \times D_1'' \times a_1(\lambda_2)$ だけ、必要以上に暗くなってしまう。

(2) また、蛍光成分 2 の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 1/2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_1'' \times a_1(\lambda_1) + D_3'' \times a_3(\lambda_1) + D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2) + D_1'' \times a_1(\lambda_3) + D_3'' \times a_3(\lambda_3)\} = D_2'' \times a_2(\lambda_1) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_3) - 1/2 \times [D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2)]$$

となり、蛍光成分 2 の蛍光成分が $-1/2 \times D_2'' \times a_2(\lambda_2)$ だけ、必要以上に暗くなってしまう。その結果、図 3 (b) に示すように、蛍光成分 2 の分布画像が得られない。

(3) 蛍光成分 3 の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 1/2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_2'' \times a_2(\lambda_1) + D_3'' \times a_3(\lambda_1) + D_2'' \times a_2(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_3) + D_3'' \times a_3(\lambda_3)\} = D_3'' \times a_3(\lambda_1) + D_3'' \times a_3(\lambda_2) + D_3'' \times a_3(\lambda_3) - 1/2 \times [D_3'' \times a_3(\lambda_2) + D_1'' \times a_1(\lambda_2) + D_2'' \times a_2(\lambda_2)]$$

となり、蛍光成分 3 の蛍光成分が $-1/2 \times D_3'' \times a_3(\lambda_2)$ だけ、必要以上に暗くなってしまう。

【0069】

これに対し、本発明では、上述したように、蛍光成分濃度演算部 13 d₂ がその露光時間の变化に連動して、UNMIXING 技術を用いる過程で得られる UNMIXING 係数に対し、基準露光時間に対する変更した露光時間の比率で調整する。このため、行列式 (1) を介して算出されるべき蛍光成分の濃度が、UNMIXING 係数を適正に補正した値に基づいて求まることになる。

【0070】

即ち、例えば、蛍光成分 2 の最大蛍光波長 λ_2 が暗いために、蛍光波長 λ_2 での蛍光画

10

20

30

40

50

像の露光条件を2倍（例えば、露光時間を2倍）に変更したとする。このときにUNMIXING係数が変わるとすると、蛍光成分1～3の最大蛍光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ での分光画像は、UNMIXING係数を用いて次のように示されることになる。

< UNMIXING係数を用いて示される分光画像 >

(1) 蛍光波長 λ_1 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_1) = D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1)$$

(2) 蛍光波長 λ_2 での分光画像

$$2 \times I_{all}(\lambda_2) = D_1 \times a_1(\lambda_2) \times 2 + D_2 \times a_2(\lambda_2) \times 2 + D_3 \times a_3(\lambda_2) \times 2$$

(3) 蛍光波長 λ_3 での分光画像

$$I_{all}(\lambda_3) = D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_2 \times a_2(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)$$

【0071】

このため、

(1) 蛍光成分1の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_2) \times 2 + D_3 \times a_3(\lambda_2) \times 2 + D_2 \times a_2(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)\} = D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) \times 2 + D_1 \times a_1(\lambda_3)$$

となり、図5(a)に示すように、蛍光成分2，蛍光成分3の蛍光成分から分離した画像となる。

(2) また、蛍光成分2の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) \times 2 + D_3 \times a_3(\lambda_2) \times 2 + D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_3 \times a_3(\lambda_3)\} = D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_2) \times 2 + D_2 \times a_2(\lambda_3)$$

となり、図5(b)に示すように、蛍光成分1，蛍光成分3の蛍光成分から分離した画像となる。

(3) また、蛍光成分3の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda_1) + 2 \times I_{all}(\lambda_2) + I_{all}(\lambda_3)] - \{D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_1) + D_1 \times a_1(\lambda_2) \times 2 + D_2 \times a_2(\lambda_2) \times 2 + D_1 \times a_1(\lambda_3) + D_2 \times a_2(\lambda_3)\} = D_3 \times a_3(\lambda_1) + D_3 \times a_3(\lambda_2) \times 2 + D_3 \times a_3(\lambda_3)$$

となり、図5(c)に示すように、蛍光成分2，蛍光成分3の蛍光成分から分離した画像となる。

【0072】

ここで、露光条件を変更したときの従来のUNMIXING技術による蛍光成分の濃度計算と本発明による蛍光成分の濃度計算について、さらに具体的な数値を用いて説明する。

なお、説明の便宜上、ここでは2種類の蛍光成分1，2を用いた場合について説明する。

図6は基準露光条件下における蛍光成分1，2の夫々の蛍光スペクトル及び蛍光成分1，2が混在した状態の測定対象の蛍光スペクトルを示す図で、(a)は蛍光成分1，2の夫々の蛍光強度が同程度の場合における各スペクトルを示す図、(b)は蛍光成分1，2の夫々の蛍光強度が著しく異なる場合における各スペクトルを示す図である。

【0073】

蛍光成分1，2の分光画像の強度を $I_{all}(\lambda_1)$ ， $I_{all}(\lambda_2)$ とした場合、分光画像はUNMIXING係数を用いて次式(21)のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ I_{all}(\lambda_2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) & a_2(\lambda_2) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \end{pmatrix} \quad \dots (21)$$

式(21)より、蛍光成分1，2の夫々の濃度 D_1 ， D_2 は次式(22)のように示すことができる。

10

20

30

40

$$\begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda1) & a2(\lambda1) \\ a1(\lambda2) & a2(\lambda2) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda1) \\ I_{all}(\lambda2) \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{a1(\lambda1) \times a2(\lambda2) - a1(\lambda2) \times a2(\lambda1)} \begin{pmatrix} a2(\lambda2) & -a2(\lambda1) \\ -a1(\lambda2) & a1(\lambda1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda1) \\ I_{all}(\lambda2) \end{pmatrix} \quad \dots (22)$$

式(22)より蛍光成分1, 2の濃度D1, D2は、次式(23), (24)を解くことにより求まる。

10

$$D1 = \frac{1}{a1(\lambda1) \times a2(\lambda2) - a1(\lambda2) \times a2(\lambda1)} \{ a2(\lambda2)I_{all}(\lambda1) - a2(\lambda1)I_{all}(\lambda2) \} \quad \dots (23)$$

$$D2 = \frac{1}{a1(\lambda1) \times a2(\lambda2) - a1(\lambda2) \times a2(\lambda1)} \{ -a1(\lambda2)I_{all}(\lambda1) + a1(\lambda1)I_{all}(\lambda2) \} \quad \dots (24)$$

【0074】

まず、図6(a)に示すように蛍光成分1, 2の夫々の蛍光強度が同程度の明るさの場合において、露光条件を変更したときの従来のUNMIXING技術による蛍光成分の濃度計算と本発明による蛍光成分の濃度計算について説明する。

20

ここでは、蛍光成分1の最大蛍光波長 $\lambda1$ における蛍光成分1の蛍光波長 $\lambda1$ での強度と蛍光成分2の蛍光波長 $\lambda1$ での強度との比率が1:0.5、蛍光成分2の最大蛍光波長 $\lambda2$ における蛍光成分1の蛍光波長 $\lambda2$ での強度と蛍光成分2の蛍光波長 $\lambda2$ での強度との比率が0.5:1であるものとする。また、波長 $\lambda1$, $\lambda2$ での分光画像の強度がそれぞれ1であるものとする。

【0075】

このときの分光画像は上記式(21)に当てはめると、次式(21a)のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \dots (21a) \quad 30$$

蛍光成分1, 2の濃度D1, D2は、上記式(23), (24)に当てはめると、

$$D1 = \frac{1}{1-0.25} (1-0.5) \doteq 0.67$$

$$D2 = \frac{1}{1-0.25} (-0.5+1) \doteq 0.67$$

となる。

【0076】

40

このときの蛍光成分1の分布画像は、

$$\begin{aligned} & [I_{all}(\lambda1) + I_{all}(\lambda2)] - \{ D2 \times a2(\lambda1) + D2 \times a2(\lambda2) \} \\ & = D1 \times a1(\lambda1) + D1 \times a1(\lambda2) \\ & = 0.67 \times a1(\lambda1) + 0.67 \times a1(\lambda2) \end{aligned}$$

となり、蛍光成分1の蛍光成分のみ存在し、蛍光成分2の蛍光成分が混在しない画像となる。

また、蛍光成分2の分布画像は、

$$\begin{aligned} & [I_{all}(\lambda1) + I_{all}(\lambda2)] - \{ D1 \times a1(\lambda1) + D1 \times a1(\lambda2) \} \\ & = D2 \times a2(\lambda1) + D2 \times a2(\lambda2) = 0.67 \times a2(\lambda1) + 0.67 \times a2(\lambda2) \end{aligned}$$

50

となり、蛍光成分 2 の蛍光成分のみ存在し、蛍光成分 1 の蛍光成分が混在しない画像となる。

【0077】

ここで、蛍光波長 $\lambda 2$ の露光時間を 10 倍して蛍光強度 $I_{a11}(\lambda 2)$ が 10 倍になった場合について、従来の UNMIXING 技術による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出値と、本発明による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出値を示すこととする。

従来の UNMIXING 技術による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出方法においては、分光画像は上記式 (21) に当てはめると、次式 (21b) のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1' \\ D2' \end{pmatrix} \quad \dots (21b) \quad 10$$

蛍光成分 1, 2 の濃度 $D1'$, $D2'$ は上記式 (23), (24) に当てはめると、

$$D1' = \frac{1}{1-0.25} (1-5) \doteq -5.33$$

$$D2' = \frac{1}{1-0.25} (-0.5+10) \doteq 12.67$$

となり、上記式 (21a) より求まる濃度 $D1$, $D2$ とは異なった値となる。

【0078】

20

このときの蛍光成分 1 の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda 1) + 10 \times I_{a11}(\lambda 2)] - \{D2' \times a2(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 2)\} = D1' \times a1(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 1) + 10[D1' \times a1(\lambda 2) + D2' \times a2(\lambda 2)] - \{D2' \times a2(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 2)\} = D1' \times a1(\lambda 1) + 10D1' \times a1(\lambda 2) + 9D2' \times a2(\lambda 2)$$

となり、蛍光成分 2 の蛍光成分 $9D2' \times a2(\lambda 2)$ を分離できない。

ここでの、蛍光成分 1 の分布画像における蛍光成分 1 の蛍光成分は、

$$D1' \times a1(\lambda 1) + 10D1' \times a1(\lambda 2) - 5.33 \times a1(\lambda 1) + 10 \times (-5.33) \times a2(\lambda 2)$$

である。

30

蛍光成分 1 の分布画像における蛍光成分 2 の蛍光成分は、

$$9D2' \times a2(\lambda 2) \quad 9 \times 12.67 \times a2(\lambda 2)$$

である。

【0079】

また、蛍光成分 2 の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda 1) + 10 \times I_{a11}(\lambda 2)] - \{D1' \times a1(\lambda 1) + D1' \times a1(\lambda 2)\} = D1' \times a1(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 1) + 10[D1' \times a1(\lambda 2) + D2' \times a2(\lambda 2)] - \{D1' \times a1(\lambda 1) + D1' \times a1(\lambda 2)\} = D2' \times a2(\lambda 1) + 9D1' \times a2(\lambda 2) + 10D2' \times a2(\lambda 2)$$

となり、蛍光成分 1 の蛍光成分 $9D1' \times a2(\lambda 2)$ を分離できない。

40

ここでの、蛍光成分 1 の分布画像における蛍光成分 1 の蛍光成分は、

$$9D1' \times a2(\lambda 2) \quad 9 \times (-5.33) \times a2(\lambda 2)$$

である。

また、蛍光成分 1 の分布画像における蛍光成分 2 の蛍光成分は、

$$D2' \times a2(\lambda 1) + 10D2' \times a2(\lambda 2) \quad 12.67 \times a2(\lambda 1) + 10 \times 12.67 \times a2(\lambda 2)$$

である。

【0080】

これに対し、本発明では、上述したように、蛍光成分濃度演算部 13d₂が露光時間の変化に連動して、UNMIXING 技術を用いる過程で得られる UNMIXING 係数に

50

対し、基準露光時間に対する変更した露光時間の比率で調整する。このため、行列式(1)を介して算出されるべき蛍光成分の濃度が、UNMIXING係数を適正に補正した値に基づいて求まることになる。

【0081】

即ち、本発明のUNMIXING技術による蛍光成分1, 2の濃度の算出方法においては、分光画像は上記式(21)に当てはめると、次式(21c)のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 \times 10 & 1 \times 10 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \dots (21c)$$

10

蛍光成分1, 2の濃度D1, D2は上記式(23), (24)に当てはめると、

$$D1 = \frac{1}{10 - 2.5} (10 - 5) \doteq 0.67$$

$$D2 = \frac{1}{10 - 2.5} (-5 + 10) \doteq 0.67$$

となり、上記式(21a)より求める濃度D1, D2と同じ値となる。

【0082】

このときの蛍光成分1の分布画像は、

20

$$[I_{a11}(\lambda 1) + 10 \times I_{a11}(\lambda 2)] - [D2 \times a2(\lambda 1) + 10 \times D2 \times a2(\lambda 2)] = D1 \times a1(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 1) + 10[D1 \times a1(\lambda 2) + D2 \times a2(\lambda 2)] - \{D2 \times a2(\lambda 1) + 10 \times D2 \times a2(\lambda 2)\} = D1 \times a1(\lambda 1) + 10 \times D1 \times a1(\lambda 2) \text{ となり、蛍光成分2の蛍光成分から分離した画像となる。}$$

ここでの、蛍光成分1の分布画像は、蛍光成分1の蛍光成分のみ存在し、

$$D1 \times a1(\lambda 1) + 10 \times D1 \times a1(\lambda 2) \quad 0.67 \times a1(\lambda 1) + 10 \times 0.67 \times a1(\lambda 2)$$

である。

【0083】

また、蛍光成分2の分布画像は、

30

$$[I_{a11}(\lambda 1) + 10 \times I_{a11}(\lambda 2)] - [D1 \times a1(\lambda 1) + 10 \times D1 \times a1(\lambda 2)] = D1 \times a1(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 1) + 10[D1 \times a1(\lambda 2) + D2 \times a2(\lambda 2)] - \{D1 \times a1(\lambda 1) + 10 \times D1 \times a1(\lambda 2)\} = D2 \times a2(\lambda 1) + 10 \times D2 \times a2(\lambda 2) \text{ となり、蛍光成分1の蛍光成分から分離した画像となる。}$$

このときの蛍光成分2の分布画像は、蛍光成分2の蛍光成分のみ存在し、

$$D2 \times a2(\lambda 1) + 10 \times D2 \times a2(\lambda 2) \quad 12.67 \times a2(\lambda 1) + 10 \times 12.67 \times a2(\lambda 2)$$

である。

【0084】

次に、図6(b)に示すように蛍光成分1, 2の夫々の蛍光強度が著しく異なる場合について説明する。

40

ここでは、蛍光成分1の最大蛍光波長 $\lambda 1$ における蛍光成分1の蛍光波長 $\lambda 1$ での強度と蛍光成分2の蛍光波長 $\lambda 1$ での強度との比率が1:0.5、蛍光成分2の最大蛍光波長 $\lambda 2$ における蛍光成分1の蛍光波長 $\lambda 2$ での強度と蛍光成分2の蛍光波長 $\lambda 2$ での強度との比率が0.5:1であるものとする。また、波長 $\lambda 1$, $\lambda 2$ での分光画像の強度がそれぞれ1, 0.55であるものとする。

【0085】

このときの分光画像は上記式(21)に当てはめると、次式(21a')のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0.55 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \dots (21a')$$

蛍光成分 1, 2 の濃度 D 1, D 2 は上記式 (23), (24) に当てはめると、

$$D1 = \frac{1}{1-0.25} (1-0.5 \times 0.55) \doteq 0.97$$

$$D2 = \frac{1}{1-0.25} (-0.5+0.55) \doteq 0.07$$

10

となる。

【0086】

このときの蛍光成分 1 の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda 1) + I_{a11}(\lambda 2)] - \{D2 \times a2(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 2)\} \\ = D1 \times a1(\lambda 1) + D1 \times a1(\lambda 2)$$

となり、蛍光成分 2 の蛍光成分が混在しない画像となる。

ここでの、蛍光成分 1 の分布画像は、蛍光成分 1 の蛍光成分のみ存在し、

$$D1 \times a1(\lambda 1) + D1 \times a1(\lambda 2) \quad 0.97 \times a1(\lambda 1) + 0.97 \times a2(\lambda 2)$$

である。

20

【0087】

また、蛍光成分 2 の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda 1) + I_{a11}(\lambda 2)] - \{D1 \times a1(\lambda 1) + D1 \times a1(\lambda 2)\} \\ = D2 \times a2(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 2)$$

となり、蛍光成分 1 の蛍光成分が混在しない画像となる。

ここでの、蛍光成分 2 の分布画像は、蛍光成分 2 の蛍光成分のみ存在し、

$$D2 \times a2(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 2) \quad 0.07 \times a2(\lambda 1) + 0.07 \times a2(\lambda 2)$$

である。

30

【0088】

ここで、蛍光波長 $\lambda 2$ の露光時間を 10 倍して蛍光強度 $I_{a11}(\lambda 2)$ が 10 倍になった場合について、従来の UNMIXING 技術による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出値と、本発明による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出値を示す。

従来の UNMIXING 技術による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出方法においては、分光画像は上記式 (21) に当てはめると、次式 (21b') のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 5.5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1' \\ D2' \end{pmatrix} \quad \dots (21b')$$

蛍光成分 1, 2 の濃度 D 1', D 2' は上記式 (23), (24) に当てはめると、

$$D1' = \frac{1}{1-0.25} (1-2.75) \doteq -2.33$$

40

$$D2' = \frac{1}{1-0.25} (-0.5+5.5) \doteq 6.67$$

となり、上記式 (21a') より求まる濃度 D 1, D 2 とは異なった値となる。

【0089】

このときの蛍光成分 1 の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda 1) + 10 \times I_{a11}(\lambda 2)] - \{D2' \times a2(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 2)\} \\ = D1' \times a1(\lambda 1) + D2' \times a2(\lambda 1) + 10[D1' \times a1(\lambda 2) + D2'$$

50

$$] \times a_2(\lambda_2)] - \{D_2' \times a_2(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_2)\} = D_1' \times a_1(\lambda_1) + 1.0 D_1' \times a_1(\lambda_2) + 9 D_2' \times a_2(\lambda_2)$$

となり、蛍光成分2の蛍光成分9 $D_2' \times a_2(\lambda_2)$ を分離できない。

ここでの、蛍光成分1の分布画像における蛍光成分1の蛍光成分は、
 $D_1' \times a_1(\lambda_1) + 1.0 D_1' \times a_1(\lambda_2)$

$$- 2.33 \times a_1(\lambda_1) + 1.0 \times (-2.33) \times a_1(\lambda_2)$$

である。

また、蛍光成分1の分布画像における蛍光成分2の蛍光成分は、

$$9 D_2' \times a_2(\lambda_2) \quad 9 \times 6.67 \times a_2(\lambda_2)$$

である。

10

【0090】

また、蛍光成分2の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda_1) + 1.0 \times I_{a11}(\lambda_2)] - \{D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_1' \times a_1(\lambda_2)\} = D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_2' \times a_2(\lambda_1) + 1.0 [D_1' \times a_1(\lambda_2) + D_2' \times a_2(\lambda_2)] - \{D_1' \times a_1(\lambda_1) + D_1' \times a_1(\lambda_2)\} = D_2' \times a_2(\lambda_1) + 9 D_1' \times a_1(\lambda_2) + 1.0 D_2' \times a_2(\lambda_2)$$

となり、蛍光成分1の蛍光成分9 $D_1' \times a_1(\lambda_2)$ を分離できない。

ここでの、蛍光成分2の分布画像における蛍光成分1の蛍光成分は、

$$9 D_1' \times a_1(\lambda_2) \quad 9 \times (-2.33) \times a_1(\lambda_2)$$

である。

20

また、蛍光成分2の分布画像における蛍光成分2の蛍光成分は、

$$D_2' \times a_2(\lambda_1) + 1.0 D_2' \times a_2(\lambda_2) \quad 6.67 \times a_2(\lambda_1) + 1.0 \times 6.67 \times a_2(\lambda_2)$$

である。

【0091】

これに対し、本発明のUNMIXING技術による蛍光成分1, 2の濃度の算出方法においては、分光画像は上記式(21)に当てはめると、次式(21c')のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 5.5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 \times 10 & 1 \times 10 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \end{pmatrix} \quad \dots (21c') \quad 30$$

蛍光成分1, 2の濃度 D_1 , D_2 は上記式(23), (24)に当てはめると、

$$D_1 = \frac{1}{10 - 2.5} (10 - 2.75) \approx 0.97$$

$$D_2 = \frac{1}{10 - 2.5} (-5 + 5.5) \approx 0.07$$

となり、上記式(21a')により求まる濃度 D_1 , D_2 と同じ値となる。

【0092】

40

このときの蛍光成分1の分布画像は、

$$[I_{a11}(\lambda_1) + 1.0 \times I_{a11}(\lambda_2)] - [D_2 \times a_2(\lambda_1) + 1.0 \times D_2 \times a_2(\lambda_2)] = D_1 \times a_1(\lambda_1) + D_2 \times a_2(\lambda_1) + 1.0 [D_1 \times a_1(\lambda_2) + D_2 \times a_2(\lambda_2)] - \{D_2 \times a_2(\lambda_1) + 1.0 \times D_2 \times a_2(\lambda_2)\} = D_1 \times a_1(\lambda_1) + 1.0 \times D_1 \times a_1(\lambda_2)$$

となり、蛍光成分2の蛍光成分から分離した画像となる。

ここでの、蛍光成分1の分布画像は、蛍光成分1の蛍光成分のみ存在し、

$$D_1 \times a_1(\lambda_1) + 1.0 \times D_1 \times a_1(\lambda_2) \quad 0.97 \times a_1(\lambda_1) + 1.0 \times 0.97 \times a_1(\lambda_2)$$

である。

【0093】

50

また、蛍光成分 2 の分布画像は、

$$[I_{all}(\lambda 1) + 1.0 \times I_{all}(\lambda 2)] - [D1 \times a1(\lambda 1) + 1.0 \times D1 \times a1(\lambda 2)] = D1 \times a1(\lambda 1) + D2 \times a2(\lambda 1) + 1.0 [D1 \times a1(\lambda 2) + D2 \times a2(\lambda 2)] - \{D1 \times a1(\lambda 1) + 1.0 \times D1 \times a1(\lambda 2)\} = D2 \times a2(\lambda 1) + 1.0 \times D2 \times a2(\lambda 2) \text{ となり、蛍光成分 1 の蛍光成分から分離した画像となる。}$$

このときの蛍光成分 2 の分布画像は、

$$D2 \times a2(\lambda 1) + 1.0 \times D2 \times a2(\lambda 2) \quad 0.07 \times a2(\lambda 1) + 1.0 \times 0.07 \times a2(\lambda 2)$$

である。

【0094】

10

ところで、実際には、検出される蛍光信号には、ノイズ成分も含まれる。このため、特に蛍光強度が小さい場合にはノイズ成分の影響が大きくなりやすい。

ここで、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度を $I_{all}(\lambda 1)$ 、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像における蛍光成分の信号強度を $I_{all}(\lambda 1)'$ 、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分を $Noise1$ 、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度を $I_{all}(\lambda 2)$ 、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像における蛍光成分の信号強度を $I_{all}(\lambda 2)'$ 、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像におけるノイズ成分を $Noise2$ とすると、分光画像は UNMIXING 係数を用いて次式 (21") のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} I_{all}(\lambda 1) + Noise1 \\ I_{all}(\lambda 2) + Noise2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda 1) & a2(\lambda 1) \\ a1(\lambda 2) & a2(\lambda 2) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \cdots (21'')$$

20

式 (21') より、蛍光成分 1, 2 の夫々の濃度 $D1$, $D2$ は、次式 (22") のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a1(\lambda 1) & a2(\lambda 1) \\ a1(\lambda 2) & a2(\lambda 2) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda 1) + Noise1 \\ I_{all}(\lambda 2) + Noise2 \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{a1(\lambda 1) \times a2(\lambda 2) - a1(\lambda 2) \times a2(\lambda 1)} \begin{pmatrix} a2(\lambda 2) & -a2(\lambda 1) \\ -a1(\lambda 2) & a1(\lambda 1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda 1) + Noise1 \\ I_{all}(\lambda 2) + Noise2 \end{pmatrix} \quad \cdots (22'')$$

30

式 (22") より蛍光成分 1, 2 の濃度 $D1$, $D2$ は、次の式 (23")、(24") で示すことができる。

$$\times \{a2(\lambda 2) \times (I_{all}(\lambda 1)' + Noise1) - a2(\lambda 1) \times (I_{all}(\lambda 2)' + Noise2)\} \quad \cdots (23'')$$

$$D2 = \frac{1}{a1(\lambda 1) \times a2(\lambda 2) - a1(\lambda 2) \times a2(\lambda 1)}$$

$$\times \{-a1(\lambda 2) \times (I_{all}(\lambda 1)' + Noise1) + a1(\lambda 1) \times (I_{all}(\lambda 2)' + Noise2)\} \quad \cdots (24'')$$

40

【0095】

ここで、例えば、図 6 (b) に示す場合において、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度 $I_{all}(\lambda 1)$ が 1.03、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像における蛍光成分の信号強度 $I_{all}(\lambda 1)'$ が 1、波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分の信号強度 $Noise1$ が 0.03、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度 $I_{all}(\lambda 2)$ が 0.58、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像における蛍光成分の信号強度 $I_{all}(\lambda 2)'$ が 0.55、波長 $\lambda 2$ での蛍光画像におけるノイズ成分の信号強度 $Noise2$ が 0.03 であるとする。

【0096】

このときの分光画像は上記式 (21") に当てはめると、次式 (21a") のように示

50

すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1.03 \\ 0.55 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \cdots (21a'')$$

蛍光成分 1, 2 の濃度 $D1$, $D2$ は上記式 (23''), (24'') に当てはめると、

$$D1 = \frac{1}{1-0.25} (1.03-0.5 \times 0.58) \doteq 0.99$$

$$D2 = \frac{1}{1-0.25} (-0.5 \times 1.03 + 0.58) \doteq 0.09$$

10

となり、実際の濃度 $D1 = 0.97$ 、 $D2 = 0.07$ と相違する。

【0097】

上記例のように、実際の蛍光成分 2 の濃度が低く、蛍光成分 2 の蛍光強度が小さい場合、 $I_{all}(\lambda 2)$ の信号強度が小さい値で検出される。このため、UNMIXING 処理による演算においては、ノイズの影響を大きく受けて濃度計算を正確に行うことができない。

【0098】

そこで、このような場合には、蛍光波長 $\lambda 2$ の露光時間を長くして、波長 $\lambda 2$ での蛍光成分の信号をノイズ信号に比べて大きく検出されるようにしてノイズ成分の信号の影響を避けるようにすることが望まれる。

20

例えば、上記の場合において、蛍光波長 $\lambda 2$ の露光時間を 10 倍して蛍光強度 $I_{all}(\lambda 2)'$ が 10 倍になった場合、本発明によれば、蛍光成分 1, 2 の濃度は次のように算出される。

即ち、本発明の UNMIXING 技術による蛍光成分 1, 2 の濃度の算出方法においては、分光画像は上記式 (21'') に当てはめると、次式 (21c'') のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} 1.03 \\ 0.55 \times 10 + 0.03 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 \times 10 & 1 \times 10 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \end{pmatrix} \quad \cdots (21c'')$$

30

【0099】

蛍光成分 1, 2 の濃度 $D1$, $D2$ は上記式 (23''), (24'') に当てはめると、

$$D1 = \frac{1}{10-2.5} (10 \times 1.03 - 0.5 \times 5.53) \doteq 1.00$$

$$D2 = \frac{1}{10-2.5} (-5 \times 1.03 + 5.53) \doteq 0.05$$

となり、上記 (21a'') により求めた値により近い、ノイズの影響を極力排除した値が得られる。

40

【0100】

なお、蛍光成分からの蛍光が非常に微弱でノイズ成分を十分に考慮する必要がある場合には、式 (1) における信号強度 $I_{all}(\lambda 1) \sim I_{all}(\lambda n)$ は以下のように扱うことが望ましい。

$$I_{all}(\lambda 1) = I_{all}(\lambda 1)' + Noise1$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$I_{all}(\lambda n) = I_{all}(\lambda n)' + Noisen$$

50

ただし、 $I_{a11}(\lambda 1)$ は波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度、 $I_{a11}(\lambda 1)'$ は波長 $\lambda 1$ での蛍光画像における蛍光成分の信号強度、 $Noise 1$ は波長 $\lambda 1$ での蛍光画像におけるノイズ成分、 $\dots$ 、 $I_{a11}(\lambda n)$ は波長 λn での蛍光画像におけるノイズ成分を含めた全体の信号強度、 $I_{a11}(\lambda n)'$ は波長 λn での蛍光画像における蛍光成分の信号強度、 $Noise n$ は波長 λn での蛍光画像におけるノイズ成分である。

【0101】

このため、本発明の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートを極力変更させずに、各蛍光成分の明るさが蛍光画像観察に適した明るさとなるように露光条件を変更しても、露光条件の変更如何にかかわらず、各蛍光成分を分離して表示できる蛍光内視鏡装置が得られる。

10

【0102】

実施例 1

図 7 は実施例 1 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂ が行う演算を示す説明図で、(a) は基準露光条件下における可変分光素子 12 b₄ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(b) は(a)と略同時刻に撮像素子 12 b₅ を介して光電変換され、各フレームメモリ 13 c₁、13 c₂、13 c₃ に記録される各波長域の光を時系列で示す図、(c) は実施例 1 の露光条件下における可変分光素子 12 b₄ が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(d) は(c)と略同時刻に撮像素子 12 b₅ を介して光電変換され、各フレームメモリ 13 c₁、13 c₂、13 c₃ に記録される各波長域の光を時系列で示す図、(e) は(c)、(d) に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂ が行う UNMIXING 処理に用いる行列式を示す図である。

20

【0103】

実施例 1 の蛍光内視鏡装置の基本的な構成は、図 1 ~ 図 2 を用いて説明したとおりである。

実施例 1 の蛍光内視鏡装置では、図 7 (c) に示すように、可変分光素子 12 b₄ を介して透過される蛍光成分 2 からの蛍光波長 $\lambda 2$ の透過時間 $t_{\lambda 2}'$ を、図 7 (a) に示す基準露光条件下における透過時間 $t_{\lambda 2}$ に比べて長くすることで、図 7 (d) に示すように、フレームメモリ 13 c₂ に記録される時間がその分長くなるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

30

蛍光成分濃度演算部 13 d₂ は、波長 $\lambda 1$ ~ 波長 λn のうちの所定波長 λx の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた露光時間の変更に連動して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 $D 1$ ~ 蛍光成分 m の濃度 $D m$ の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 m の基準濃度での基準露光条件下における所定波長 λx の係数 $a_1(\lambda x) \sim a_m(\lambda x)$ に対し、所定波長 λx の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における露光時間 $t_{\lambda 2}$ に対する変更後の露光時間 $t_{\lambda 2}'$ の比率 ($t_{\lambda 2}' / t_{\lambda 2}$) を乗算するようになっている。

実施例 1 の露光条件における分光画像は、UNMIXING 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1 a') のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times (t_{\lambda 2}' / t_{\lambda 2}) & a_2(\lambda 2) \times (t_{\lambda 2}' / t_{\lambda 2}) & a_3(\lambda 2) \times (t_{\lambda 2}' / t_{\lambda 2}) \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D 1 \\ D 2 \\ D 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda 1) \\ I_{a11}(\lambda 2) \\ I_{a11}(\lambda 3) \end{pmatrix} \dots (1 a')$$

40

蛍光成分濃度演算部 13 d₂ は、この式 (1 a') より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 $D 1 \sim D 3$ を算出する。

50

【 0 1 0 4 】

実施例 1 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化を極力抑えるために特定の検出波長の分光画像についての露光時間を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離された状態で明るく検出できる。

【 0 1 0 5 】

実施例 2

図 8 は実施例 2 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における可変分光素子 1 2 b₄が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(b)は実施例 2 の露光条件下における可変分光素子 1 2 b₄が選択して透過する各波長域の光を時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件における蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【 0 1 0 6 】

実施例 2 の蛍光内視鏡装置では、図 8 (b)に示すように、フレームレートを一定にしたまま、各検出波長 λ₁ ~ λ₃ の露光時間 t λ₁" , t λ₂" , t λ₃" の比率が図 8 (a)に示す基準露光条件下での各検出波長 λ₁ ~ λ₃ の露光時間 t λ₁ , t λ₂ , t λ₃ の比率と異なるように露光条件が、露光条件設定部 1 5 を介して変更されている。

蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際になされた、フレームレートを一定に保ったままでの露光時間の変更に関連して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D 1 ~ 蛍光成分 3 の濃度 D 3 の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の係数 a₁ (λ₁) ~ a₃ (λ₁) ~ a₁ (λ₃) ~ a₃ (λ₃) に対し、波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の蛍光画像を撮像部 1 2 b が取得する際の基準露光条件下における露光時間 t λ₁ , t λ₂ , t λ₃ に対する変更後の露光時間 t λ₁" , t λ₂" , t λ₃" の比率 (t λ₁" / t λ₁ , t λ₂" / t λ₂ , t λ₃" / t λ₃) を夫々乗算するようになっている。

実施例 2 の露光条件における分光画像は、U N M I X I N G 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1 b ') のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) \times (t_{\lambda_1}'' / t_{\lambda_1}) & a_2(\lambda_1) \times (t_{\lambda_1}'' / t_{\lambda_1}) & a_3(\lambda_1) \times (t_{\lambda_1}'' / t_{\lambda_1}) \\ a_1(\lambda_2) \times (t_{\lambda_2}'' / t_{\lambda_2}) & a_2(\lambda_2) \times (t_{\lambda_2}'' / t_{\lambda_2}) & a_3(\lambda_2) \times (t_{\lambda_2}'' / t_{\lambda_2}) \\ a_1(\lambda_3) \times (t_{\lambda_3}'' / t_{\lambda_3}) & a_2(\lambda_3) \times (t_{\lambda_3}'' / t_{\lambda_3}) & a_3(\lambda_3) \times (t_{\lambda_3}'' / t_{\lambda_3}) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D 1 \\ D 2 \\ D 3 \end{pmatrix} \quad (1b')$$

$$= \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \quad \dots (1b')$$

蛍光成分濃度演算部 1 3 d₂は、この式 (1 b ') より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D 1 ~ D 3 を算出する。

なお、実施例 2 では上述のようにフレームレートは一定である。従って、上記式 (1 b ') においては、

$$\sum_{i=1}^m t_{\lambda_i} = \sum_{j=1}^m t''_{\lambda_j} \quad , m=3$$

である。

【 0 1 0 7 】

実施例 2 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように各検出波長の分光画像についての露光時間を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態で明るく検出できる。

その他の構成及び作用効果は実施例 1 の蛍光内視鏡装置と略同じである。

【0108】

実施例 3

図 9 は実施例 3 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 3 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【0109】

実施例 3 の蛍光内視鏡装置では、図 9 (b)に示すように、蛍光成分 2 の蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の強度 I_{EX2}' を、図 9 (a)に示す基準露光条件下における強度 I_{EX2} に比べて強くすることで、フレームメモリ 13 c₂に記録される強度がその分強くなるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、蛍光波長 λ₂ の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の強度の変更に連動して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D₁ ~ 蛍光成分 3 の濃度 D₃ の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ₂ の係数 a₁(λ₂) ~ a₃(λ₂) に対し、蛍光波長 λ₂ の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の強度 I_{EX2} に対する変更後の蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の強度 I_{EX2}' の比率 (I_{EX2}' / I_{EX2}) を乗算するようになっている。

実施例 3 の露光条件における分光画像は、U N M I X I N G 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1c') のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) & a_2(\lambda 2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) & a_3(\lambda 2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D 1 \\ D 2 \\ D 3 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} I_{a1}(\lambda 1) \\ I_{a1}(\lambda 2) \\ I_{a1}(\lambda 3) \end{pmatrix} \quad \dots (1c')$$

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、この式 (1c') より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D₁ ~ D₃ を算出する。

【0110】

実施例 3 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように特定の検出波長の分光画像についての励起強度を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離された状態で明るく検出できる。

【0111】

実施例 4

図 10 は実施例 4 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 4 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【0112】

実施例 4 の蛍光内視鏡装置では、図 10 (b)に示すように、蛍光成分 1 の蛍光波長 λ₁ ~ 蛍光成分 3 の蛍光波長 λ₃ を夫々励起する夫々の励起光の強度 I_{EX1}" ~ I_{EX3}" を、図 10 (a)に示す基準露光条件下における強度 I_{EX1} ~ I_{EX3} に対して変更することで

10

20

30

40

50

、フレームメモリ 13 c₁ ~ 13 c₃ に記録される強度がその分、変更されるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

蛍光成分濃度演算部 13 d₂ は、波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた夫々の波長を励起する励起光の強度の変更に連動して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D₁ ~ 蛍光成分 3 の濃度 D₃ の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の係数 a₁(λ₁) ~ a₃(λ₁) ~ a₁(λ₃) ~ a₃(λ₃) に対し、波長 λ₁ ~ 波長 λ₃ の夫々の波長の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における夫々の波長を励起する励起光の強度 I_{EX1}, I_{EX2}, I_{EX3} に対する変更後の夫々の波長を励起する励起光の強度 I_{EX1}′, I_{EX2}′, I_{EX3}′ の比率 (I_{EX1}′ / I_{EX1}, I_{EX2}′ / I_{EX2}, I_{EX3}′ / I_{EX3}) を夫々乗算するようになっている。

10

実施例 4 の露光条件における分光画像は、UNMIXING 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1 d′) のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) \times (I_{EX1}' / I_{EX1}) & a_2(\lambda_1) \times (I_{EX1}' / I_{EX1}) & a_3(\lambda_1) \times (I_{EX1}' / I_{EX1}) \\ a_1(\lambda_2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) & a_2(\lambda_2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) & a_3(\lambda_2) \times (I_{EX2}' / I_{EX2}) \\ a_1(\lambda_3) \times (I_{EX3}' / I_{EX3}) & a_2(\lambda_3) \times (I_{EX3}' / I_{EX3}) & a_3(\lambda_3) \times (I_{EX3}' / I_{EX3}) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \quad \dots (1 d')$$

20

蛍光成分濃度演算部 13 d₂ は、この式 (1 d′) より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D₁ ~ D₃ を算出する。

【0113】

実施例 4 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように夫々の検出波長の分光画像についての励起強度を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態の明るさで明るく検出できる。

【0114】

実施例 5

30

図 11 は実施例 5 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂ が行う演算を示す説明図で、(a) は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b) は実施例 5 における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c) は (b) に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂ が行う UNMIXING 処理に用いる行列式を示す図である。

【0115】

実施例 5 の蛍光内視鏡装置では、図 11 (b) に示すように、蛍光成分 2 の蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の励起時間 t_{EX2}′ を図 11 (a) に示す基準露光条件下における励起時間 t_{EX2} に比べて短くすることで、フレームメモリ 13 c₂ に記録される強度がその分弱くなるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

40

蛍光成分濃度演算部 13 d₂ は、蛍光波長 λ₂ の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の強度の変更に連動して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D₁ ~ 蛍光成分 3 の濃度 D₃ の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ₂ の係数 a₁(λ₂) ~ a₃(λ₂) に対し、蛍光波長 λ₂ の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の励起時間 t_{EX2} に対する変更後の蛍光波長 λ₂ を励起する励起光の励起時間 t_{EX2}′ の比率 (t_{EX2}′ / t_{EX2}) を乗算するようになっている。

実施例 5 の露光条件における分光画像は、UNMIXING 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1 e′) のように示すことができる。

50

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times (t_{EX2}' / t_{EX2}) & a_2(\lambda 2) \times (t_{EX2}' / t_{EX2}) & a_3(\lambda 2) \times (t_{EX2}' / t_{EX2}) \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D 1 \\ D 2 \\ D 3 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda 1) \\ I_{a11}(\lambda 2) \\ I_{a11}(\lambda 3) \end{pmatrix} \quad \dots (1e')$$

10

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、この式 (1e') より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D 1 ~ D 3 を算出する。

【0116】

実施例 5 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように特定の検出波長の分光画像についての励起時間を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態で明るく検出できる。

【0117】

実施例 6

図 12 は実施例 6 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 6 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

20

【0118】

実施例 6 の蛍光内視鏡装置では、図 12 (b)に示すように、蛍光成分 2 の蛍光波長 λ 2 を励起する励起光の励起強度 I_{EX2}' 及び励起時間 t_{EX2}' を図 12 (a)に示す基準露光条件下における励起強度 I_{EX2} 及び励起時間 t_{EX2} に比べて変更することで、フレームメモリ 13 c₂に記録される強度がその分変更されるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

30

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、波長 λ 1 ~ 波長 λ 3 のうちの所定波長 λ 2 の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた所定波長 λ 2 を励起する励起光の強度及び励起時間の変更に関連して、式 (1) を用いた蛍光成分 1 の濃度 D 1 ~ 蛍光成分 3 の濃度 D 3 の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における当該波長 λ 2 の係数 a₁(λ 2) ~ a₃(λ 2) に対し、所定波長 λ 2 の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における所定波長 λ 2 を励起する励起光の強度 I_{EX2} 及び励起時間 t_{EX2} に対する変更後の所定波長 λ 2 を励起する励起光の強度 I_{EX2}' 及び励起時間 t_{EX2}' の比率 ((I_{EX2}' / I_{EX2}) × (t_{EX2}' / t_{EX2})) を乗算するようになっている。

実施例 6 の露光条件における分光画像は、U N M I X I N G 係数を用いた行列式で表すと次の式 (1f') のように示すことができる。

40

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times \alpha_{26} & a_2(\lambda 2) \times \alpha_{26} & a_3(\lambda 2) \times \alpha_{26} \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D 1 \\ D 2 \\ D 3 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda 1) \\ I_{a11}(\lambda 2) \\ I_{a11}(\lambda 3) \end{pmatrix} \quad \dots (1f')$$

50

ただし、 $\alpha_{26} = I_{Ex2}' \times t_{Ex2}' / I_{Ex2} \times t_{Ex2}$

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、この式(1 f')より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D 1 ~ D 3 を算出する。

【0119】

実施例 6 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように特定の検出波長の分光画像についての励起強度及び励起時間を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態で明るく検出できる。

【0120】

実施例 7

図 13 は実施例 7 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 7 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長を励起する各励起光の強度及び照射タイミングを時系列で示す図、(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う U N M I X I N G 処理に用いる行列式を示す図である。

【0121】

実施例 7 の蛍光内視鏡装置では、蛍光成分 2 の蛍光波長 λ_2 の強度を、ND フィルタを用いて変更することで、図 13 (b)に示すように、フレームメモリ 13 c₂に記録される検出強度 I_2' がその分弱くなるように露光条件が、露光条件設定部 15 を介して変更されている。

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、波長 λ_1 ~ 波長 λ_3 のうちの所定波長 λ_2 の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際になされた検出強度の変更に連動して、式(1)を用いた蛍光成分 1 の濃度 D 1 ~ 蛍光成分 3 の濃度 D 3 の計算に際し、蛍光成分 1 ~ 蛍光成分 3 の基準濃度での基準露光条件下における所定波長 λ_2 の係数 $a_1(\lambda_2) \sim a_3(\lambda_2)$ に対し、所定波長 λ_2 の蛍光画像を撮像部 12 b が取得する際の基準露光条件下における検出強度 I_2 に対する変更後の検出強度 I_2' の比率 (I_2' / I_2) を乗算するようになっている。

実施例 7 の露光条件における分光画像は、U N M I X I N G 係数を用いた行列式で表すと次の式(1 g')のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) \times (I_2' / I_2) & a_2(\lambda_2) \times (I_2' / I_2) & a_3(\lambda_2) \times (I_2' / I_2) \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \cdots (1 g')$$

蛍光成分濃度演算部 13 d₂は、この式(1 g')より、蛍光成分 1 ~ 3 の濃度 D 1 ~ D 3 を算出する。

【0122】

実施例 7 の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように特定の検出波長の分光画像についての検出強度を変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態で明るく検出できる。

【0123】

実施例 8

図 14 は実施例 8 にかかる蛍光内視鏡装置における露光条件及び蛍光成分濃度演算部 13 d₂が行う演算を示す説明図で、(a)は基準露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長の蛍光画像のゲイン及び検出タイミングを時系列で示す図、(b)は実施例 8 の露光条件下における各蛍光成分の蛍光波長の蛍光画像のゲイン及び検出タイミングを時系列で示す図、

(c)は(b)に示す露光条件下における蛍光成分濃度演算部13d₂が行うUNMIXING処理に用いる行列式を示す図である。

【0124】

実施例8の蛍光内視鏡装置では、図14(b)に示すように、蛍光成分2の蛍光波長λ₂のゲインG₂'を変更することで、フレームメモリ13c₂に記録される強度がその分強くなるように露光条件が、露光条件設定部15を介して変更されている。

蛍光成分濃度演算部13d₂は、波長λ₁～波長λ₃のうちの所定波長λ₂の蛍光画像を撮像部12bが取得する際になされたゲインの変更に連動して、式(1)を用いた蛍光成分1の濃度D₁～蛍光成分3の濃度D₃の計算に際し、蛍光成分1～蛍光成分3の基準濃度での基準露光条件下における所定波長λ₂の係数a₁(λ₂)～a₃(λ₂)に対し、所定波長λ₂の蛍光画像を撮像部12bが取得する際の基準露光条件下におけるゲインG₂に対する変更後のゲインG₂'の比率(G₂'/G₂)を乗算するようになっている。

実施例8の露光条件下における分光画像は、UNMIXING係数を用いた行列式で表すと次の式(1h')のように示すことができる。

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) \times (G_2' / G_2) & a_2(\lambda_2) \times (G_2' / G_2) & a_3(\lambda_2) \times (G_2' / G_2) \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a_1}(\lambda_1) \\ I_{a_1}(\lambda_2) \\ I_{a_1}(\lambda_3) \end{pmatrix} \quad \dots (1h')$$

蛍光成分濃度演算部13d₂は、この式(1h')より、蛍光成分1～3の濃度D₁～D₃を算出する。

【0125】

実施例8の蛍光内視鏡装置によれば、フレームレートの劣化が無いように特定の検出波長の分光画像についてのゲインを変更しても複数の蛍光体を各検出波長が分離され、かつ、明るさのバランスが取れた状態で明るく検出できる。

【0126】

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明の蛍光内視鏡装置は、これらの実施例に限定されるものではなく、例えば、各実施例における露光条件構成要素を組み合わせた露光条件の変更に對し、蛍光成分濃度演算部13d₂が基準露光条件下における当該露光条件構成要素の組み合わせの数値に対する変更後の当該露光条件構成要素の組み合わせの数値の比率を蛍光成分1～蛍光成分3の基準濃度での基準露光条件下におけるUNMIXING係数に乗算するようにしてもよい。さらには、蛍光成分濃度演算部13d₂が任意の露光条件構成要素の変更に連動して、当該変更した露光条件構成要素の変更後の数値の基準露光条件下における当該露光条件構成要素の数値に対する比率を基準露光条件下におけるUNMIXING係数に乗算するようにしてもよい。また、本発明の蛍光内視鏡装置は、複数の人組織のみ、複数の蛍光薬剤のみ、または残渣を含め様々な組み合わせの蛍光成分の検出に適用できる。

【産業上の利用可能性】

【0127】

本発明の蛍光内視鏡装置は、生体組織を観察するために、生体組織から発生する蛍光スペクトルを検出する分野に有用である。

【符号の説明】

【0128】

9 生体(組織)
11 光源ユニット

10

20

30

40

50

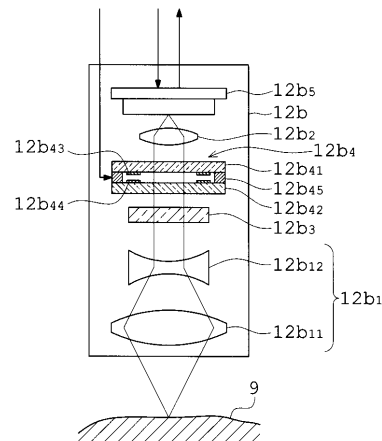
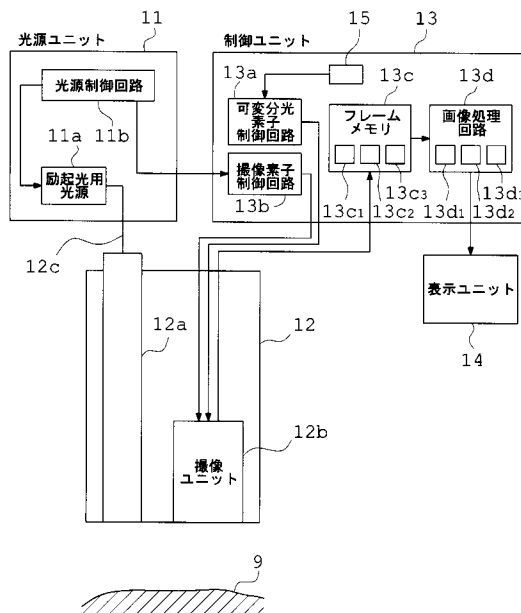
- 1 1 a 励起光用光源
- 1 1 b 照明光用光源
- 1 1 c 光源制御回路
- 1 2 内視鏡先端挿入部
- 1 2 a 照明光学系
- 1 2 b 撮像部
- 1 2 b₁ 対物光学系
- 1 2 b₂ 結像光学系
- 1 2 b₃ 励起光カットフィルタ
- 1 2 b₄ 可変分光素子
- 1 2 b₅ 撮像素子
- 1 2 c ライトガイド
- 1 3 制御ユニット
- 1 3 a 可変分光素子制御回路
- 1 3 b 撮像素子制御回路
- 1 3 c フレームメモリ
- 1 3 c₁ Rフレームメモリ
- 1 3 c₂ Gフレームメモリ
- 1 3 c₃ Bフレームメモリ
- 1 3 d 画像処理回路
- 1 3 d₁ U N M I X I N G 係数記録部
- 1 3 d₂ 蛍光成分濃度演算部
- 1 3 d₃ 蛍光画像合成部
- 1 4 表示ユニット
- 1 5 露光条件設定部

10

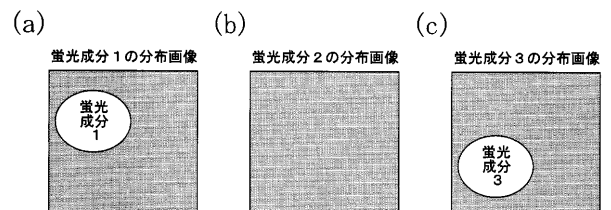
20

【図 1】

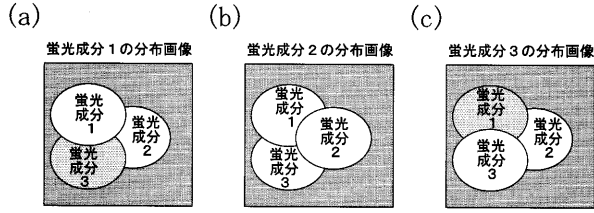
【図 2】



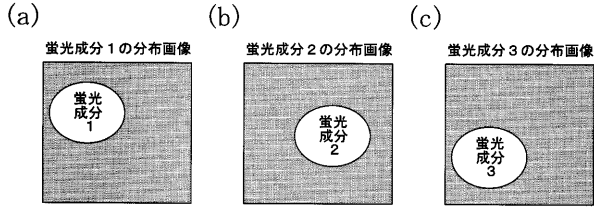
【図 3】



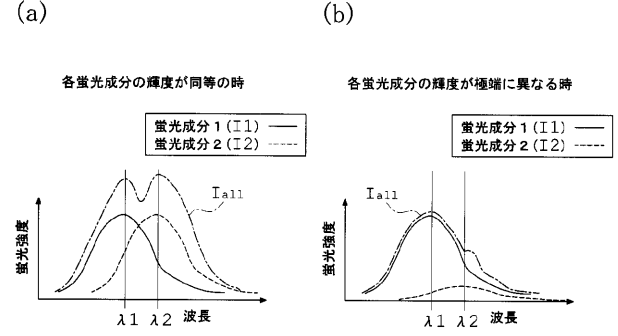
【図 4】



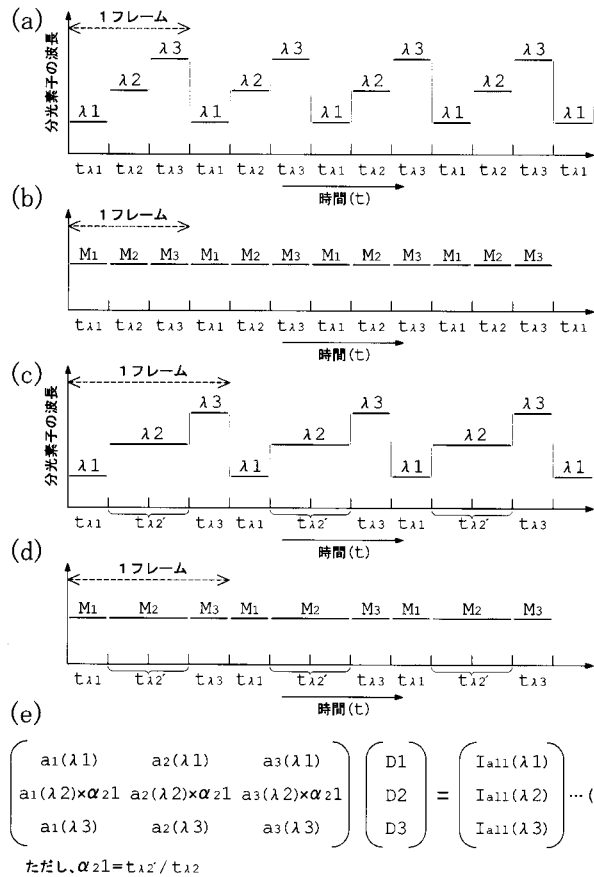
【図 5】



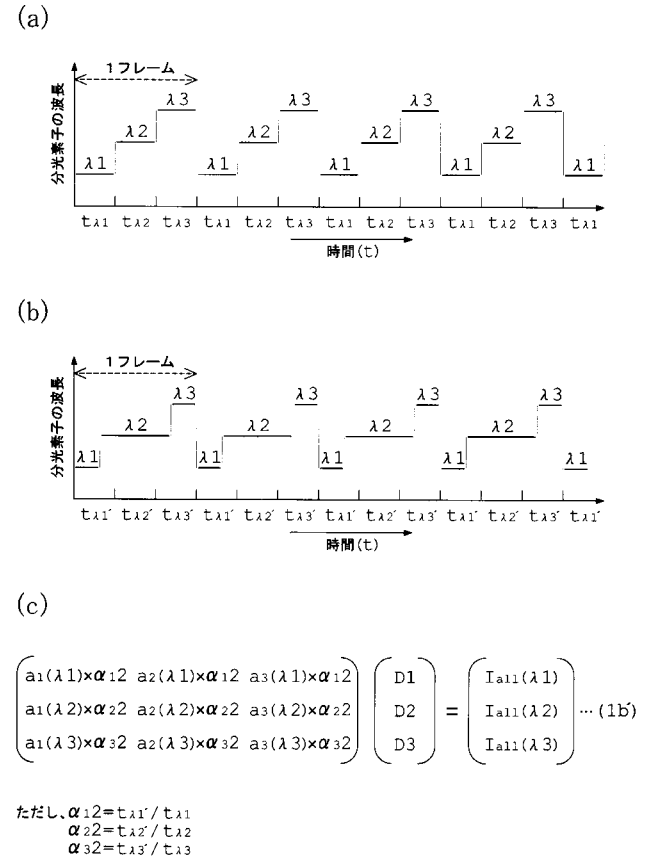
【図 6】



【図 7】

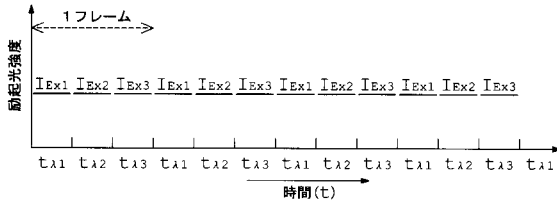


【図 8】

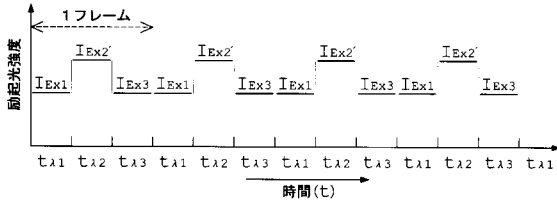


【図 9】

(a)



(b)



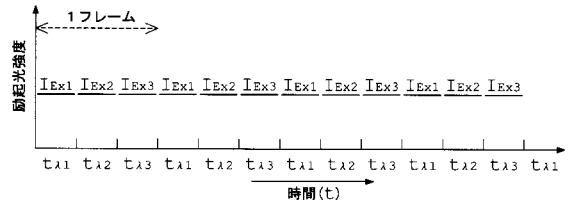
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) \times \alpha_{23} & a_2(\lambda_2) \times \alpha_{23} & a_3(\lambda_2) \times \alpha_{23} \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \dots (1c)$$

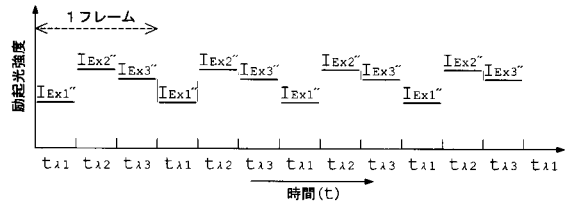
ただし、 $\alpha_{23} = I_{Ex2'} / I_{Ex2}$

【図 10】

(a)



(b)



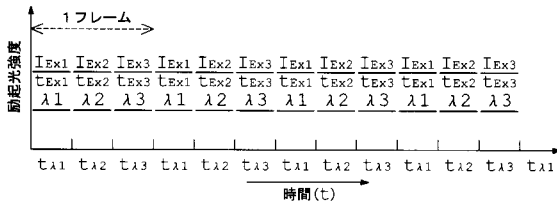
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) \times \alpha_{14} & a_2(\lambda_1) \times \alpha_{14} & a_3(\lambda_1) \times \alpha_{14} \\ a_1(\lambda_2) \times \alpha_{24} & a_2(\lambda_2) \times \alpha_{24} & a_3(\lambda_2) \times \alpha_{24} \\ a_1(\lambda_3) \times \alpha_{34} & a_2(\lambda_3) \times \alpha_{34} & a_3(\lambda_3) \times \alpha_{34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \dots (1d)$$

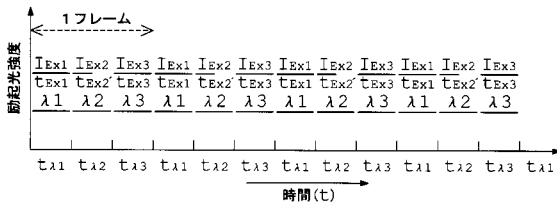
ただし、 $\alpha_{14} = I_{Ex1''} / I_{Ex1}$
 $\alpha_{24} = I_{Ex2''} / I_{Ex2}$
 $\alpha_{34} = I_{Ex3''} / I_{Ex3}$

【図 11】

(a)



(b)



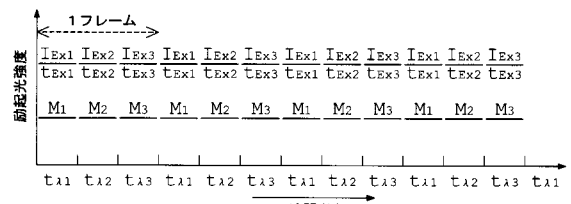
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) \times \alpha_{25} & a_2(\lambda_2) \times \alpha_{25} & a_3(\lambda_2) \times \alpha_{25} \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \dots (1e)$$

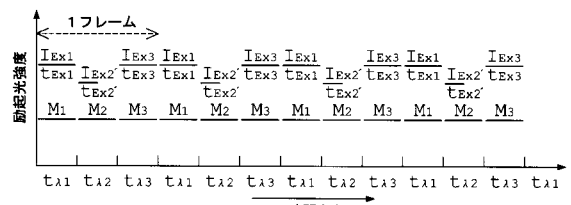
ただし、 $\alpha_{25} = t_{Ex2'} / t_{Ex2}$

【図 12】

(a)



(b)



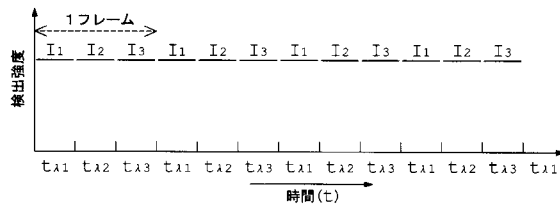
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) \times \alpha_{26} & a_2(\lambda_2) \times \alpha_{26} & a_3(\lambda_2) \times \alpha_{26} \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix} \dots (1f)$$

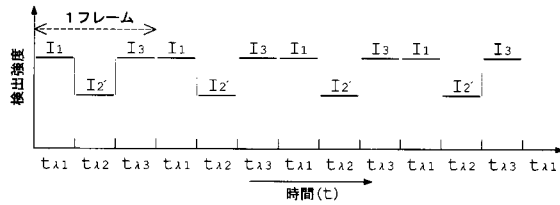
ただし、 $\alpha_{26} = (I_{Ex2'} / I_{Ex2}) \times (t_{Ex2'} / t_{Ex2})$

【図 1 3】

(a)



(b)



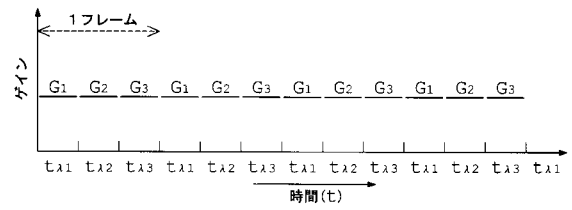
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times \alpha_{27} & a_2(\lambda 2) \times \alpha_{27} & a_3(\lambda 2) \times \alpha_{27} \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda 1) \\ I_{a11}(\lambda 2) \\ I_{a11}(\lambda 3) \end{pmatrix} \dots (1g)$$

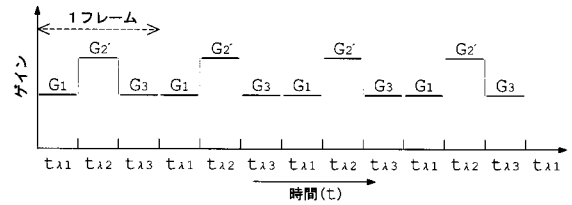
ただし、 $\alpha_{27} = I_{27} / I_2$

【図 1 4】

(a)



(b)



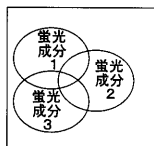
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda 1) & a_2(\lambda 1) & a_3(\lambda 1) \\ a_1(\lambda 2) \times \alpha_{28} & a_2(\lambda 2) \times \alpha_{28} & a_3(\lambda 2) \times \alpha_{28} \\ a_1(\lambda 3) & a_2(\lambda 3) & a_3(\lambda 3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda 1) \\ I_{a11}(\lambda 2) \\ I_{a11}(\lambda 3) \end{pmatrix} \dots (1h)$$

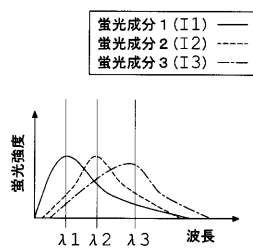
ただし、 $\alpha_{28} = G_{27} / G_2$

【図 1 5】

(a)

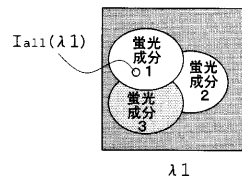


(b)

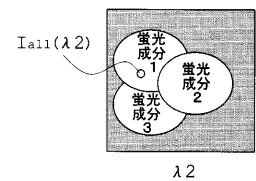


【図 1 6】

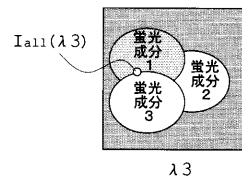
(a)



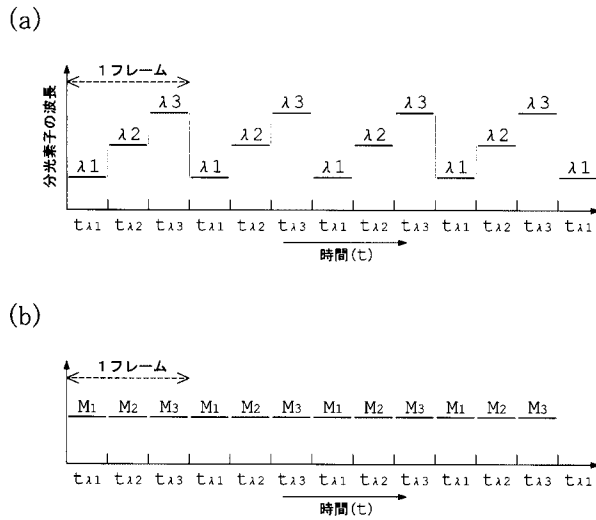
(b)



(c)



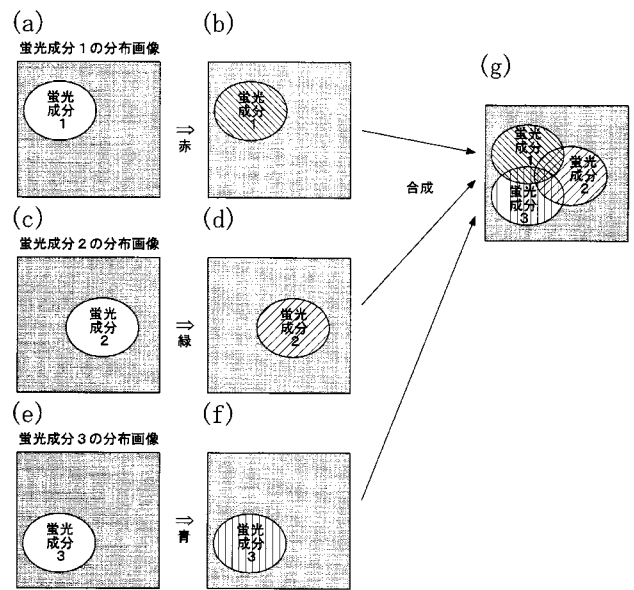
【図 17】



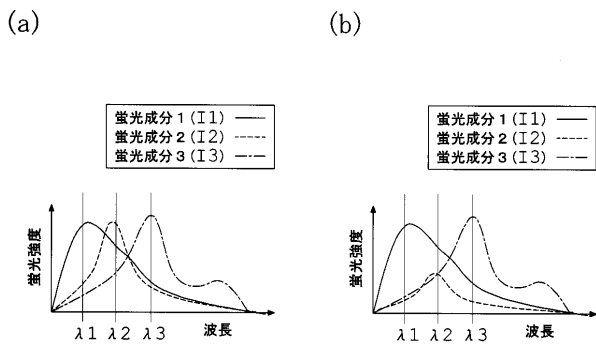
(c)

$$\begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & a_2(\lambda_1) & a_3(\lambda_1) \\ a_1(\lambda_2) & a_2(\lambda_2) & a_3(\lambda_2) \\ a_1(\lambda_3) & a_2(\lambda_3) & a_3(\lambda_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D1 \\ D2 \\ D3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{a11}(\lambda_1) \\ I_{a11}(\lambda_2) \\ I_{a11}(\lambda_3) \end{pmatrix}$$

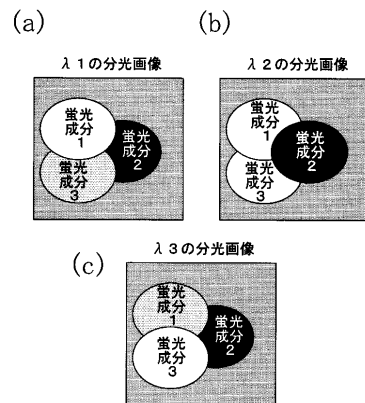
【図 18】



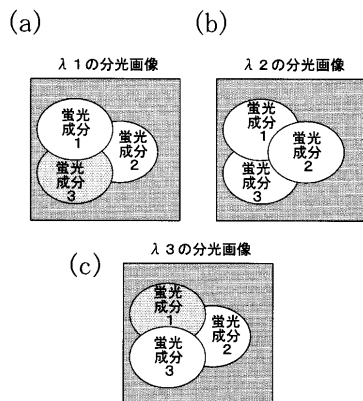
【図 19】



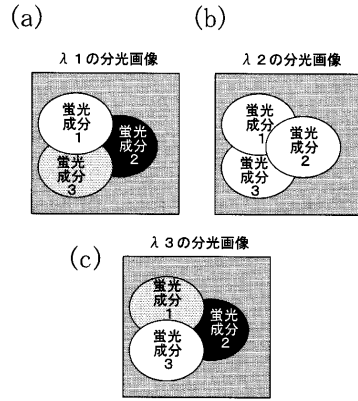
【図 21】



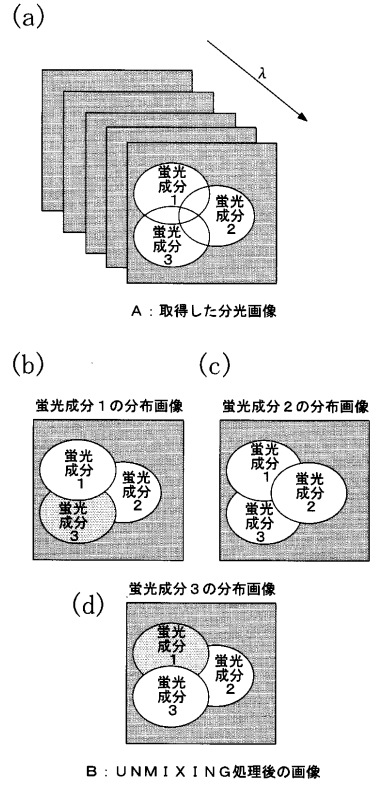
【図 20】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4C161 CC06 FF40 FF47 HH54 LL02 MM01 NN01 NN05 PP12 QQ04
RR04 RR14 RR18 RR26 SS21 WW04 WW08 WW17

【要約の続き】

【選択図】図 1

专利名称(译)	荧光内窥镜		
公开(公告)号	JP2014039571A	公开(公告)日	2014-03-06
申请号	JP2010290927	申请日	2010-12-27
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	松本伸也		
发明人	松本 伸也		
IPC分类号	A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/043 A61B1/00009 A61B1/0005 A61B5/0071 A61B5/0075 A61B5/0084 A61B5/7425		
FI分类号	A61B1/00.300.D A61B1/00.511 A61B1/00.550 A61B1/045.610		
F-TERM分类号	4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/HH54 4C061/LL02 4C061/MM01 4C061/NN01 4C061/NN05 4C061/PP12 4C061/QQ04 4C061/RR04 4C061/RR14 4C061/RR18 4C061/RR26 4C061/SS21 4C061/WW04 4C061/WW08 4C061/WW17 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/HH54 4C161/LL02 4C161/MM01 4C161/NN01 4C161/NN05 4C161/PP12 4C161/QQ04 4C161/RR04 4C161/RR14 4C161/RR18 4C161/RR26 4C161/SS21 4C161/WW04 4C161/WW08 4C161/WW17		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：即使改变曝光条件，也不改变曝光条件的改变而改变每个荧光分量，以使每个荧光分量的亮度变为适合于荧光图像观察的亮度，而无需尽可能地改变帧频。（ZH）提供了可以单独显示的荧光内窥镜设备。从记录单元的荧光光谱获得光源单元（11），内窥镜尖端插入部分（12），控制单元（13），显示单元（14）和曝光条件设定单元（15）以及浓度计算单元。荧光成分1至m的波长 λ_1 至 λ_n 的系数为 $a_1(\lambda_1)$ 至 $a_m(\lambda_n)$ ，并且由获取单元获取的波长 λ_1 至 λ_n 的荧光图像的强度为 $I_{all}(\lambda_1)$ 至 $I_{all}(\lambda_n)$ 全部。由下式算出（ λ_n ）的荧光成分1～m的浓度 $D_1 \sim D_m$ 。[选型图]图1

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(\lambda_1) & \cdots & a_m(\lambda_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_1(\lambda_n) & \cdots & a_m(\lambda_n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} I_{all}(\lambda_1) \\ \vdots \\ I_{all}(\lambda_n) \end{pmatrix}$$