

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6949134号

(P6949134)

(45) 発行日 令和3年10月13日 (2021. 10. 13)

(24) 登録日 令和3年9月24日 (2021. 9. 24)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 1/045 (2006.01)
G 0 2 B 23/24 (2006.01)
 A 6 1 B 1/045 6 1 8
 A 6 1 B 1/045 6 2 2
 G 0 2 B 23/24 B

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2019-551200 (P2019-551200)	(73) 特許権者	000113263
(86) (22) 出願日	平成30年10月24日 (2018. 10. 24)		H O Y A 株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/039496		東京都新宿区西新宿六丁目 1 〇 番 1 号
(87) 国際公開番号	W02019/087895	(74) 代理人	110000165
(87) 国際公開日	令和1年5月9日 (2019. 5. 9)		グローバル・アイピー東京特許業務法人
審査請求日	令和2年1月9日 (2020. 1. 9)	(72) 発明者	牧野 貴雄
(31) 優先権主張番号	特願2017-212872 (P2017-212872)		東京都新宿区西新宿六丁目 1 〇 番 1 号 H
(32) 優先日	平成29年11月2日 (2017. 11. 2)		O Y A 株式会社内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	審査官	佐藤 秀樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

生体組織の撮像画像を取得して強調処理を施す電子内視鏡用プロセッサであって、
 生体組織の撮像画像に強調処理を行うように構成された強調処理部を備え、
 前記強調処理部は、

撮像画像の各画素である注目画素 1 の信号レベル値と前記注目画素 1 の周りに位置する
 複数の近接画素の信号レベル値の代表値との差分に基づいて前記注目画素 1 における生体
 組織の凹部の深さの情報を表すデータ値を生成することにより、撮像画像全体の深さデー
 タ D を生成するように構成された深さデータ生成部と、

生体組織の表面凹凸の凹部と凸部の境目における前記撮像画像の信号レベル値の変化を
 急傾斜にした情報を有する、前記撮像画像の画素毎の起伏強調データ S の値を、前記深さ
 データ D から生成するように構成された起伏強調データ生成部と、

前記撮像画像の強調処理を行う処理対象画素の信号レベル値に、少なくとも、前記処理
 対象画素における前記深さデータ D の値を定数倍した値と、前記処理対象画素における前
 記起伏強調データ S の値を定数倍した値とを加減算して、強調処理画像を生成するように
 構成された強調処理実行部と、を備え、

前記起伏強調データ生成部は、前記撮像画像の各画素である注目画素 2 を囲む周辺画素
 における前記深さデータ D の値の絶対値と前記注目画素 2 における前記深さデータ D の値
 の絶対値との加重平均値から、前記注目画素 2 を囲む周辺画素における前記深さデータ D
 の値と前記注目画素 2 における前記深さデータ D の値との加重平均値の絶対値を減算した

10

20

結果に、前記注目画素 2 における前記深さデータ D の正負の符号を付加した値を計算することにより、前記起伏強調データ S を生成するように構成されている、ことを特徴とする電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 2】

前記周辺画素は、前記注目画素 2 を中心とした、s 画素×s 画素（s は 3 以上のある奇数）の範囲内の前記注目画素 2 を除く全画素である、請求項 1 に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 3】

前記 s は、3～9 の範囲の奇数である、請求項 2 に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 4】

前記起伏強調データ S において予め設定された値より大きな値を有する画素を、前記処理対象画素とする、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 5】

前記近接画素は、前記注目画素 1 を中心として、上下方向、左右方向、左上－右下方向、及び、右上－左下方向の 4 方向の少なくとも 1 つの画素配列方向において、m 画素（m は 1 以上の自然数）離れた画素である、請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 6】

前記注目画素 1 の信号レベル値が、前記 m 画素離れた画素の信号レベル値の代表値に比べて低い場合、前記注目画素 1 を、前記処理対象画素の候補とする、請求項 5 に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 7】

前記代表値は、前記近接画素の信号レベル値の単純平均値、加重平均値、メディアン値、最小値、あるいは最大値である、請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 8】

前記強調処理実行部は、前記処理対象画素の信号レベル値に対して、前記深さデータ D の値を定数倍した値及び前記起伏強調データ S の値を定数倍した値を加減算することに加えて、前記処理対象画素の信号レベル値に定数を乗算した値を減算するように構成されている、請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 9】

前記撮像画像の信号レベル値は、赤、緑、青の 3 色の色成分の信号レベル値 I_k （k は、赤、緑、または青の色成分を識別する変数であり、自然数である）を含み、

前記強調処理実行部は、前記赤、緑、青の 3 色の色成分の信号レベル値 I_k に対して共通した前記深さデータ D の値及び前記起伏強調データ S の値を用いて前記強調処理画像を生成する、請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 10】

前記深さデータ D 及び前記起伏強調データ S は、前記撮像画像の輝度成分の信号レベル値を用いて生成されたデータであり、

前記強調処理実行部は、前記強調処理画像の信号レベル値 I_k^* を、 $I_k^* = I_k - \alpha_k \cdot I_k - \beta_k \cdot D - \gamma_k \cdot S$ （ α_k ， β_k ， γ_k は定数）にしたがって生成するように構成され、

前記 α_k ， β_k ， γ_k は、3 色の色成分の間で異なる値である、請求項 9 に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 11】

前記赤の色成分の前記 α_k 及び γ_k は、前記緑及び前記青の色成分の少なくとも一方の前記 α_k 及び γ_k に比べて大きな値を有する、請求項 10 に記載の電子内視鏡用プロセッサ。

【請求項 12】

請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の電子内視鏡用プロセッサと、

前記電子内視鏡用プロセッサに接続されて、生体組織の前記撮像画像を出力する電子内視鏡と、を備える電子内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体組織の撮像画像を取得して撮像画像の強調処理を施す電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システムに関する。

【背景技術】

【0002】

人体内部の生体組織の観察や治療に電子内視鏡装置が使用されている。電子内視鏡装置を用いて生体組織を撮像して得られる撮像画像から生体組織の表面凹凸を観察できるように凹部を際立たせる表面凹凸の強調処理を撮像画像に施してディスプレイに表示することが行われる。生体組織の病変部は、健常部に比べて表面の凹凸が多く存在するため、表面凹凸の強調処理された撮像画像の表示は、病変部を見つける上で有用である。

【0003】

生体組織の表面の凹部を確実に強調表示でき、その結果、僅かな病変部も見落とすことなく確実な診断ができる電子内視鏡装置が知られている（特許文献1）。

この電子内視鏡装置は、スコープの先端に設けた固体撮像素子から読み出される1フレーム分の色画素信号に基づいてビデオカラー信号を生成する。電子内視鏡装置は、1フレーム分の色画素信号に含まれる特定画素に対応する色画素信号の信号レベル値を、所定の画素配列方向において特定画素の周囲に近接する全ての近接周囲画素に対応する色画素信号の信号レベル値と比較する比較手段と、比較手段による比較結果に応じて特定画素に対応する色画素信号の信号レベル値を変更処理することによりビデオカラー信号のカラーバランスを変更させるカラーバランス変更手段と、を備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3869698号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記電子内視鏡装置では、所定の画素配列方向において特定画素の周囲に近接する全ての近接周囲画素に対応する色画素信号の信号レベル値と比較することで、粘膜のある生体組織の表面凹凸の凹部を抽出し、抽出した凹部の画素の特定の色成分の信号レベル値を低減することにより、凹部に相当する部分の色味を変えて表面凹凸を強調した画像を作成する。

【0006】

上記電子内視鏡装置では、表面凹凸の強調の強さは、注目画素と近接周囲画素の信号レベル値の差に大きく依存する。注目画素と近接周囲画素の信号レベル値の差が大きいほど、表面凹凸の強調の強さは大きくなる。すなわち、凹部の深さが深いほど表面凹凸の強調の強さは大きい。このため、凹部の深さが比較的浅い部分では、十分な強調ができない。

一方、浅い凹部の強調を深い凹部に比べて強くするように調整すると、強調処理された画像において、浅い凹部と深い凹部との間の信号レベル値の差が小さくなり、結果として表面凹凸の立体感が失われ易い。

【0007】

そこで、本発明は、生体組織の撮像画像を取得して強調処理を施す際、生体組織の表面凹凸の立体感の低下を抑制した強調処理を行うことができる電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

10

20

30

40

50

本発明の一態様は、生体組織の撮像画像を取得して強調処理を施す電子内視鏡用プロセッサである。当該電子内視鏡用プロセッサは、

生体組織の撮像画像に強調処理を行うように構成された強調処理部を備える。

前記強調処理部は、

撮像画像の各画素である注目画素 1 の信号レベル値と前記注目画素 1 の周りに位置する複数の近接画素の信号レベル値の代表値との差分に基づいて前記注目画素 1 における生体組織の凹部の深さの情報を表すデータ値を生成することにより、撮像画像全体の深さデータ D を生成するように構成された深さデータ生成部と、

生体組織の表面凹凸の凹部と凸部の境目における前記撮像画像の信号レベル値の変化を急傾斜にした情報を有する、前記撮像画像の画素毎の起伏強調データ S の値を、前記深さデータ D から生成するように構成された起伏強調データ生成部と、

前記撮像画像の強調処理を行う処理対象画素の信号レベル値に、少なくとも、前記処理対象画素における前記深さデータ D の値を定数倍した値と、前記処理対象画素における前記起伏強調データ S の値を定数倍した値とを加減算して、強調処理画像を生成するように構成された強調処理実行部と、を備える。

【0009】

前記起伏強調データ生成部は、前記撮像画像の各画素である注目画素 2 を囲む周辺画素における前記深さデータ D の値の絶対値と前記注目画素 2 における前記深さデータ D の値の絶対値との加重平均値から、前記注目画素 2 を囲む周辺画素における前記深さデータ D の値と前記注目画素 2 における前記深さデータ D の値との加重平均値の絶対値を減算した結果に、前記注目画素 2 における前記深さデータ D の正負の符号を付加した値を計算することにより、前記起伏強調データ S を生成するように構成されている、ことが好ましい。

【0010】

前記周辺画素は、前記注目画素 2 を中心とした、s 画素×s 画素（s は 3 以上のある奇数）の範囲内の前記注目画素 2 を除く全画素である、ことが好ましい。

【0011】

前記 s は、3～9 の範囲の奇数である、ことが好ましい。

【0012】

前記起伏強調データ S において予め設定された値より大きな値を有する画素を、前記処理対象画素とする、ことが好ましい。

【0013】

前記近接画素は、前記注目画素 1 を中心として、上下方向、左右方向、左上－右下方向、及び、右上－左下方向の 4 方向の少なくとも 1 つの画素配列方向において、m 画素（m は 1 以上の自然数）離れた画素である、ことが好ましい。

【0014】

前記注目画素 1 の信号レベル値が、前記 m 画素離れた画素の信号レベル値の代表値に比べて低い場合、前記注目画素 1 を、前記処理対象画素の候補とする、ことが好ましい。

【0015】

前記代表値は、前記近接画素の信号レベル値の単純平均値、加重平均値、メディアン値、最小値、あるいは最大値である、ことが好ましい。

【0016】

前記強調処理実行部は、前記処理対象画素の信号レベル値に対して、前記深さデータ D の値を定数倍した値及び前記起伏強調データ S の値を定数倍した値を加減算することに加えて、前記処理対象画素の信号レベル値に定数を乗算した値を減算するように構成されている、ことが好ましい。

【0017】

前記撮像画像の信号レベル値は、赤、緑、青の 3 色の色成分の信号レベル値 I_k （k は、赤、緑、または青の色成分を識別する変数であり、自然数である）を含み、

前記強調処理実行部は、前記赤、緑、青の 3 色の色成分の信号レベル値 I_k に対して共通した前記深さデータ D の値及び前記起伏強調データ S の値を用いて前記強調処理画像を

10

20

30

40

50

生成する、ことが好ましい。

【0018】

前記深さデータD及び前記起伏強調データSは、前記撮像画像の輝度成分の信号レベル値を用いて生成されたデータであり、

前記強調処理実行部は、前記強調処理画像の信号レベル値 I_k^* を、 $I_k^* = I_k - \alpha_k \cdot I_k - \beta_k \cdot D - \gamma_k \cdot S$ (α_k , β_k , γ_k は定数)にしたがって生成するように構成され、

前記 α_k , β_k , γ_k は、3色の色成分の間で異なる値である、ことが好ましい。

【0019】

前記赤の色成分の前記 α_k 及び γ_k は、前記緑及び前記青の色成分の少なくとも一方の前記 α_k 及び γ_k に比べて大きな値を有する、ことが好ましい。

【0020】

また、本発明の一態様は、前記電子内視鏡用プロセッサと、

前記電子内視鏡用プロセッサに接続されて、生体組織の前記撮像画像を出力する電子内視鏡と、を備える電子内視鏡システムである。

【発明の効果】

【0021】

上述の電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システムによれば、生体組織の撮像画像を取得して強調処理を施す際、生体組織の表面凹凸の立体感の低下を抑制した強調処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本実施形態の電子内視鏡システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図2】図1に示す演算部の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】図1に示す内視鏡による生体組織の撮像の例を説明する図である。

【図4】(a), (b)は、電子内視鏡の電子スコープで撮像した画像における注目画素と近接画素を説明する図である。

【図5】一実施形態で行う強調処理の一例を説明する図である。

【図6】(a)～(c)は、一実施形態の強調処理で用いるデータの例を示す図である。

【図7】(a)は従来の強調処理画像の一例を示す図であり、(b)は、一実施形態の強調処理実行部により生成された強調処理画像の一例を示す図である。

【図8】一実施形態における強調処理部が行う強調処理のフローの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本実施形態の電子内視鏡用プロセッサは、生体組織を撮像して得られる撮像画像の強調処理をすべき領域である生体組織の凹部の領域を抽出し、この領域に強調処理を行う。強調処理すべき領域は、例えば凹みの深さが異なる複数の凹部を含む。

本実施形態のプロセッサは、撮像画像の強調処理を行う処理対象画素の信号レベル値に、処理対象画素における深さデータDの値と、処理対象画素における起伏強調データSの値とを、少なくとも加減算して、強調処理画像を生成する。

ここで、深さデータDは、撮像画像の各画素を注目画素1として、この注目画素1の信号レベル値とこの注目画素1の周りに位置する近接画素の信号レベルの代表値との差分に基づいて作成される、生体組織の凹部の深さの情報を表すデータである。処理対象画素における起伏強調データSの値は、生体組織の表面凹凸の凹部と凸部の境目における信号レベル値の変化を急傾斜にした情報を有する。処理対象画素における起伏強調データSの値は、深さデータDから生成される。深さデータD及び起伏強調データSは、撮像画像の画素毎に生成される。

具体的には、プロセッサは、撮像画像の処理対象画素の信号レベル値 I_{ij} (i , j は画素位置を表す情報であり、0または自然数である)に、処理対象画素における深さデータDの値 D_{ij} に定数倍したものと、処理対象画素における起伏強調データSの値 S_{ij}

に定数倍したものと、を加減算することにより、強調処理画像の各画素の信号レベル値 I_{*ij} を算出する。

このように、プロセッサは、凹部と凸部との境目の傾斜を急傾斜にした情報を有する起伏強調データ S に基づいて強調処理を行う。この強調処理では、浅い凹部を目立たせるために浅い凹部に対して強調の程度を高めた強調処理を行うことで立体感が失い易くなるが、起伏強調データ S を用いて凹部と凸部の境目の急傾斜な部分がさらに急に見えるように、信号レベルを調整するので、表面凹凸の立体感の低下を抑制することができる。

【0024】

以下、本実施形態の電子内視鏡システムについて図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は、本実施形態の電子内視鏡システム1の構成の一例を示すブロック図である。図1に示されるように、電子内視鏡システム1は、医療用に特化されたシステムであり、電子スコープ（電子内視鏡）100、プロセッサ200及びモニタ300を備えている。

【0025】

プロセッサ200は、システムコントローラ21及びタイミングコントローラ22を備えている。システムコントローラ21は、メモリ23に記憶された各種プログラムを実行し、電子内視鏡システム1全体を統合的に制御する。また、システムコントローラ21は、操作パネル24に接続されている。システムコントローラ21は、操作パネル24に入力される術者からの指示に応じて、電子内視鏡システム1の各動作及び各動作のためのパラメータを変更する。タイミングコントローラ22は、各部の動作のタイミングを調整するクロックパルスを電子内視鏡システム1内の各回路に出力する。

【0026】

プロセッサ200は、光源装置201を備えている。光源装置201は、体腔内の生体組織等の被写体を照明するための照明光 L を出射する。照明光 L は、白色光、擬似白色光、あるいは特殊光を含む。一実施形態によれば、光源装置201は、白色光あるいは擬似白色光を照明光 L として常時射出するモードと、白色光あるいは擬似白色光と、特殊光が交互に照明光 L として射出するモードと、の一方を選択し、選択したモードに基づいて、白色光、擬似白色光、あるいは特殊光を射出することが好ましい。白色光は、可視光帯域においてフラットな分光強度分布を有する光であり、擬似白色光は、分光強度分布はフラットではなく、複数の波長帯域の光が混色された光である。特殊光は、可視光帯域の中の青色あるいは緑色等の狭い波長帯域の光である。青色あるいは緑色の波長帯域の光は、生体組織中の特定の部分を強調して観察する時に用いられる。光源装置201から出射した照明光 L は、集光レンズ25により光ファイバの束である LCB (Light Carrying Bundle) 11の入射端面に集光されて LCB 11内に入射される。

【0027】

LCB 11内に入射された照明光 L は、 LCB 11内を伝播する。 LCB 11内を伝播した照明光 L は、電子スコープ100の先端に配置された LCB 11の射出端面から射出され、配光レンズ12を介して被写体に照射される。配光レンズ12からの照明光 L によって照明された被写体からの戻り光は、対物レンズ13を介して固体撮像素子14の受光面上で光学像を結ぶ。

【0028】

固体撮像素子14は、ベイヤ型画素配置を有する単板式カラー CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサである。固体撮像素子14は、受光面上の各画素で結像した光学像を光量に応じた電荷として蓄積して、 R (Red)、 G (Green)、 B (Blue) の画像信号を生成して出力する。なお、固体撮像素子14は、 CCD イメージセンサに限らず、 $CMOS$ (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサやその他の種類の撮像装置に置き換えられてもよい。固体撮像素子14はまた、補色系フィルタを搭載したものであってもよい。

【0029】

電子スコープ100がプロセッサ200と接続する接続部内には、ドライバ信号処理回路15が備えられている。ドライバ信号処理回路15には、固体撮像素子14から被写体

10

20

30

40

50

の画像信号が所定のフレーム周期で入力される。フレーム周期は、例えば、 $1/30$ 秒である。ドライバ信号処理回路15は、固体撮像素子14から入力される画像信号に対して所定の処理を施してプロセッサ200の前段信号処理回路26に出力する。

【0030】

ドライバ信号処理回路15はまた、メモリ16にアクセスして電子スコープ100の固有情報を読み出す。メモリ16に記録される電子スコープ100の固有情報には、例えば、固体撮像素子14の画素数や感度、動作可能なフレームレート、型番等が含まれる。ドライバ信号処理回路15は、メモリ16から読み出された固有情報をシステムコントローラ21に出力する。

【0031】

システムコントローラ21は、電子スコープ100の固有情報に基づいて各種演算を行い、制御信号を生成する。システムコントローラ21は、生成された制御信号を用いて、プロセッサ200に接続されている電子スコープ100に適した処理がなされるようにプロセッサ200内の各種回路の動作やタイミングを制御する。

【0032】

タイミングコントローラ22は、システムコントローラ21によるタイミング制御に従って、ドライバ信号処理回路15にクロックパルスを供給する。ドライバ信号処理回路15は、タイミングコントローラ22から供給されるクロックパルスに従って、固体撮像素子14をプロセッサ200側で処理される映像のフレームレートに同期したタイミングで駆動制御する。

【0033】

前段信号処理回路26は、ドライバ信号処理回路15から1フレーム周期で入力される。画像信号に対してデモザイク処理、マトリックス演算、Y/C分離等の所定の信号処理を施して、画像メモリ27に出力する。

【0034】

画像メモリ27は、前段信号処理回路26から入力される画像信号をバッファし、さらに、画像メモリ27から読み出された画像信号を演算部29で強調処理して得られる強調処理画像の画像信号を再度バッファし、タイミングコントローラ22によるタイミング制御に従い、後段信号処理回路28に出力する。

【0035】

後段信号処理回路28は、画像メモリ27から入力される画像信号を処理してモニタ表示用の画面データを生成し、生成されたモニタ表示用の画面データを所定のビデオフォーマット信号に変換する。変換されたビデオフォーマット信号は、モニタ300に出力される。これにより、被写体の画像がモニタ300の表示画面に表示される。

【0036】

システムコントローラ21には、演算部29が接続されている。演算部29は、生体組織を撮像して記憶されている画像メモリ27からシステムコントローラ21を経由して呼び出された撮像画像の強調処理をすべき領域、例えば生体組織の凹部およびその周辺の領域を抽出し、この領域に強調処理を行う部分である。図2は、演算部29の構成の一例を示すブロック図である。演算部29は、領域検出部30と、強調処理部31とを備える。図3は、電子スコープ100による生体組織の撮像の例を説明する図である。生体組織Aには電子スコープ100から見て奥行き方向に深さが異なる凹部Bが多数存在する。この凹部Bを含む生体組織Aを電子スコープ100は撮像する。図4(a)、(b)は、注目画素と近接画素を説明する図である。

【0037】

電子スコープ100により、深さの異なる複数の凹部を有する生体組織を撮像することで、信号レベル値が異なる複数の凹部に対応する領域が撮像画像に含まれる。この凹部に対応する領域を、領域検出部30は検出(抽出)する。

領域検出部30は、生体組織の撮像画像の画素の情報から強調処理を行う強調処理対象

10

20

30

40

50

領域、すなわち、凹部に対応する領域を検出するように構成されている。領域検出部 30 は、撮像画像の各画素を注目画素(以下、凹部に対応する領域を検出する際の注目画素を注目画素 1 という)とし、この注目画素 1 を中心として注目画素 1 の周囲に近接する複数の近接画素の信号レベル値と注目画素 1 の信号レベル値の比較を行い、注目画素 1 の信号レベル値が、注目画素 1 の周りに配列する近接画素のうち、複数の画素配列方向のうちの少なくともいずれか一つの画素配列方向にある複数の近接画素の信号レベル値の代表値よりも低い場合、注目画素 1 を凹部に対応する領域として設定する。例えば、代表値を複数の近接画素の信号レベル値の最小値とした場合、注目画素 1 の信号レベル値が、複数の近接画素のいずれの信号レベル値よりも低い場合、注目画素 1 を凹部に対応する領域として設定する。領域検出部 30 は、画素毎にフラグの情報を保持するフラグテーブルにフラグを付与する。なお、後述するように、凹部の領域として設定された画素における起伏強調データ S が予め設定された値より大きな値を有するか否かを判定し、予め設定された値より大きな値を有する画素を、強調処理を行う最終的な処理対象画素とする。このため、領域検出部 30 で凹部の領域として設定された画素は、強調処理の処理対象画素の候補となる。

【0038】

ここで、近接画素とは、注目画素 1 に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、右上－左下方向に m 画素 (m は自然数) 離れた画素である。例えば、m が 1 である場合、近接画素は、注目画素 1 に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、右上－左下方向に隣接した隣接画素である。ここで、m は適宜設定される。一実施形態によれば、大きさの異なる種々の凹部を被写体が複数有する場合を考慮して、領域検出部 30 は、m を所定の範囲内で変更しながら、その度に凹部を抽出することが好ましい。m を変更する範囲は、一実施形態によれば、撮像画像の解像度 (各画素の一辺の長さが対応する被写体上の距離)、あるいは、撮像する器官の各部分の位置に基づいて設定されることが好ましい。

図 4 (a) に示す例では m を 1 としている。この場合、近接画素は、注目画素 P_i に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、右上－左下方向に隣接した隣接画素 P₁～P₈ である。具体的には、近接画素は、注目画素 1 に対して上下方向にある画素 P₂, P₇ であり、注目画素 1 に対して左右方向にある画素 P₄, P₅ であり、注目画素 1 に対して左上－右下方向にある画素 P₁, P₈ であり、注目画素 1 に対して右上－左下方向にある画素 P₃, P₆ である。

図 4 (b) に示す例では m を 2 としている。この場合、近接画素は、注目画素 P_i に対して、上下方向に 2 画素離れた (1 画素分離間した) 画素 P₂, P₇ であり、左右方向に 2 画素離れた (1 画素分離間した) 画素 P₄, P₅ であり、左上－右下方向に 2 画素離れた (1 画素分離間した) 画素 P₁, P₈ であり、右上－左下方向に 2 画素離れた (1 画素分離間した) 画素 P₃, P₆ である。

【0039】

強調処理部 31 は、領域検出部 30 で検出された強調処理対象領域に強調処理を行うように構成されている。強調処理部 31 は、深さデータ生成部 31a、起伏強調データ生成部 31b、及び強調処理実行部 31c を備える。

強調処理は、一実施形態によれば、以下のように行われる。

【0040】

図 5 は、本実施形態で行う強調処理の一例を説明する図である。図 5 は、理解し易いように、画素配列方向の一方向における信号レベル値の変化を波形で表している。

強調処理実行部 31c は、図 5 に示す信号レベル値 I_{ij} の波形 I を凹部の深さに応じて強調処理した波形 I^* に、後述する起伏強調データ S を加減算、例えば減算することにより、強調処理画像を生成する。起伏強調データ S は、後述する図 6 (c) に示すように、凹部と凸部の境目の傾斜が強い部分に対応する信号レベル値の変化 (傾斜) をより急傾斜にした情報を有するデータである。波形 I^* は、後述する式 $I^{**}_{ij} = I_{ij} - \alpha \cdot I_{ij} - \beta \cdot D_{ij} - \gamma \cdot S_{ij}$ のうち、 $I_{ij} - \beta \cdot D_{ij}$ あるいは $I_{ij} - \alpha \cdot I_{ij} - \beta \cdot D_{ij}$ に対応する波形である。

【0041】

図6(a)～(c)は、撮像画像に強調処理を行うために用いるデータの例を示す図である。図6(a)～(c)では、理解し易いように、画素配列方向の一方向における信号レベル値の変化を波形で表している。

【0042】

深さデータ生成部31aは、信号レベル値 I_{ij} から、深さデータDを生成する。深さデータDのデータ値は、撮像画像の注目画素1の信号レベル値 I_{ij} と注目画素1の周りに位置する複数の近接画素の信号レベルの代表値との差分に基づいて算出される。例えば、深さデータDのデータ値は、注目画素1の信号レベル値 I_{ij} と上記代表値との差分に所定の値を乗算した値である。したがって、深さデータDのデータ値は、各画素における生体組織の凹部の深さの情報を含む。

10

例えば、図5に示す波形Iの3つの画素（近接画素、注目画素1、近接画素）の信号レベル値がそれぞれ125、52、131であり、 $m=1$ の近接画素とし、代表値を近接画素の信号レベル値の平均値とした場合、代表値は $128 = (125 + 131) / 2$ であり、差分（＝代表値－注目画素1の信号レベル値）は $76 = 128 - 52$ となる。この数値に所定の値を乗算した値を、注目画素1の深さデータDのデータ値とする。

ここで、近接画素とは、撮像画像の各画素を注目画素1として、注目画素1に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、右上－左下方向に m 画素（ m は自然数）離れた画素を含む。例えば、 m が1である場合、近接画素は、注目画素1に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、右上－左下方向に隣接した隣接画素を含む。ここで、 m は、適宜設定される。

20

【0043】

一実施形態によれば、差分を算出するために用いる複数の近接画素は、注目画素1を中心として、上下方向、左右方向、左上－右下方向、及び、右上－左下方向の4方向の少なくとも1つの方向において、 m 画素離れた画素である。

【0044】

一実施形態によれば、差分を算出するために用いる複数の近接画素は、注目画素1に対して上下方向、左右方向、左上－右下方向、及び右上－左下方向のいずれかの一方向に位置する画素であることが好ましい。例えば、一方向、二方向、あるいは三方向に限定した画素配列方向における近接画素であってもよいし、すべての画素配列方向における近接画素であってもよい。また、上記近接画素の信号レベル値の代表値は、近接画素の信号レベル値の単純平均値や加重平均値を含む。比較する近接画素が3個以上ある場合、代表値は、単純平均値、加重平均値、メディアン値、最小値、あるいは最大値である。

30

図6(a)には、図5に示す信号レベル値の波形Iから生成された深さデータDが示されている。深さデータ生成部31aは、このような深さデータDの生成を撮像画像全体に対して行い、撮像画像の深さデータDを取得する。図6(a)に示す例では、深さが深いほど正の値が大きくなっている。したがって、図5に示す凹部は図6(a)では凸形状をなしている。

【0045】

起伏強調データ生成部31bは、各画素を注目画素2とし、この注目画素2の画素位置において、深さデータDから生体組織の表面凹凸の凹部と凸部の境目の傾斜を急傾斜にした情報を有する起伏強調データSを生成する。

40

具体的には、起伏強調データ生成部31bは、深さデータDから図6(b)に示すような処理データ D^* を生成する。より具体的には、起伏強調データ生成部31bは、注目画素2を囲む周辺画素における深さデータDの値の絶対値と注目画素2における深さデータDの値の絶対値との加重平均値から、注目画素2を囲む周辺画素における深さデータDの値と注目画素2における深さデータDの値との加重平均値の絶対値を減算することにより、処理データ D^* を生成する。周辺画素は、注目画素2を中心とした所定の範囲内の各画素、例えば s 画素 $\times s$ 画素（ s は3以上所定値以下の奇数）の範囲内の全画素をいう。上記 s は例えば5である。 s は、3～9であることが、凹部と凸部の境目の画像信号レベル

50

値の変化（傾斜）を急傾斜に調整する点から好ましい。加重平均値は、注目画素2を中心とした所定の範囲内の各画素に対応する深さデータDの値に、予め設定された重み付け係数を掛け算して加算した値である。

このような加重平均値は、深さデータDに、空間フィルタであってローパスフィルタ lpf として機能させるので、加重平均をする処理を $lpf(D)$ と表し、正負の値の絶対値を $abs()$ と表したとき、処理データ D^* は、 $lpf(abs(D)) - abs(lp f(D))$ と表すことができる。

【0046】

深さデータDの値の絶対値 $abs(D)$ は、正の値を示す凹部及び負の値を示す凸部の領域のいずれも正の値になり、凹部と凸部の境目となる部分（深さデータDの値が正の値から負の値に、負の値から正の値に変化する部分）では、正の値と0の値を往復する変化をするため、この部分は、他の部分に比べて、加重平均値 $lpf(abs(D))$ （ローパスフィルタ処理後の値）は大きい値になり易い。これに対して、深さデータDの値の加重平均値 $lpf(D)$ に関しては、凹部と凸部の境目となる部分（深さデータDの値が正の値から負の値に、あるいは負の値から正の値に変化する部分）の加重平均値 $lpf(D)$ は、正の値と負の値が加重平均される（相殺される）ので、他の部分に比べて小さい。したがって、凹部と凸部の境目となる部分の $abs(lp f(D))$ は小さい。このため、凹部と凸部の境目となる部分の $lpf(abs(D)) - abs(lp f(D))$ の値は、他の部分の $lpf(abs(D)) - abs(lp f(D))$ の値に比べて大きな値となる。このように、凹部と凸部の境目となる部分の値が大きくなる、図6（b）に示すような処理データ D^* を生成することができる。

【0047】

さらに、起伏強調データ生成部31bは、生成した $lpf(abs(D)) - abs(lp f(D))$ の値に正負の符号を付加した値を計算することにより、図6（c）に示すような起伏強調データSを生成する。ここで、深さデータDにおいて凹部は正の値、凸部は負の値を示す。このようにして、撮像画像の凹部と凸部の境目の、信号レベル値の変化（傾斜）を急激にした情報を有する起伏強調データSが生成される。

【0048】

起伏強調データ生成部31bは、起伏強調データSにおける注目画素2の値が予め設定された値より大きな値か否かを判定し、予め設定された値より大きい場合、この注目画素2を、強調処理を行う処理対象画素とし、この画素に対応するフラグテーブルにフラグを付与する。これにより、凹部と凸部の境目に対応する画素の情報がフラグテーブルに付加される。

【0049】

強調処理実行部31cは、撮像画像の強調処理をする処理対象画素の信号レベル値 I_{ij} 、に、少なくとも、深さデータDの対応する画素の位置における値 D_{ij} を定数倍した値及び起伏強調データSの対応する画素の位置における値 S_{ij} を定数倍した値を加減算して、強調処理画像を生成する。処理対象画素は、フラグテーブルにおいてフラグの付与された場所に対応する画素であり、領域検出部30でフラグの付与された凹部に対応する画素の他、起伏強調データ生成部31bでフラグの付与された凹部と凸部の境目に対応する画素を含む。したがって、信号レベル値 I_{ij} 、に、値 D_{ij} を定数倍した値及び値 S_{ij} を定数倍した値を加減算する強調処理は、領域検出部30でフラグの付与された凹部に対応する画素であって、起伏強調データ生成部31bでフラグの付与された凹部と凸部の境目に対応する画素を処理対象とする。

【0050】

一実施形態によれば、処理対象画素の信号レベル値を I^{**}_{ij} としたとき、強調処理実行部31cは、下記式に従って I^{**}_{ij} を算出することが好ましい。

$$I^{**}_{ij} = I_{ij} - \alpha \cdot I_{ij} - \beta \cdot D_{ij} - \gamma \cdot S_{ij}$$

ここで、 α 、 β 、 γ は、設定された定数である。ここで、 I_{ij} から $\alpha \cdot I_{ij}$ を減算するのは、浅い凹部に対応する領域を強調するためである。浅い凹部に対応する画素の信号レ

ベル値は、凹部が浅いため深い凹部に対応する画素の信号レベル値に比べて高い。このため、 I_{ij} から $\alpha \cdot I_{ij}$ を減算することにより、浅い凹部に対応する領域を強調することができる。しかし、浅い凹部に対応する領域を強調すると、浅い凹部に対応する画素と深い凹部に対応する画素との間で、信号レベル値の差が小さくなり、凹部の深さの程度が強調され難くなり、画像において被写体である生体組織の表面凹凸の立体感が失われ易い。しかし、強調処理実行部31cは、 $\gamma \cdot S_{ij}$ を用いてさらに強調処理を行うので、凹部と凸部の境目の傾斜が急な部分の信号レベル値の変化を一層急にするので、表面凹凸の立体感の低下を抑制することができる。

ここで、領域検出部30でフラグの付与された凹部に対応する画素であって、起伏強調データ生成部31bでフラグの付与されない画素に対しては、 γ はゼロとし、領域検出部30でフラグの付与された凹部に対応する画素であって、起伏強調データ生成部31bでフラグの付与された画素に対しては、 γ はある所定の値（非ゼロの値）とする。

【0051】

図7(a)は従来の強調処理画像の一例を示す図であり、 $I^*_{ij} = I_{ij} - \alpha \cdot I_{ij} - \beta \cdot D_{ij}$ に従って計算した結果である。図7(b)は、上記強調処理実行部31cにより生成された強調処理画像の一例を示す図であり、 $I^{**}_{ij} = I_{ij} - \alpha \cdot I_{ij} - \beta \cdot D_{ij} - \gamma \cdot S_{ij}$ にしたがって計算した結果である。図7(b)に示す画像は、溝状の凹部が認識しやすくなり、しかも、浅い溝状の凹部と深い溝状の凹部を区別して認識し易くなっており、立体感が図7(a)に示す画像に比べて向上している。

【0052】

なお、撮像画像が、赤、緑、及び青色等の複数の色成分からなるカラー画像である場合、一実施形態によれば、強調処理実行部31cは、赤、緑、青の3色の色成分の信号レベル値 I_k に対して共通した深さデータDの値及び起伏強調データSの値を用いて強調処理画像を生成することが好ましい。凹部の領域は、赤、緑、青の3色の色成分によって異なるものではなく、共通するものであるため、深さデータDの値及び起伏強調データSの値は、赤、緑、青の3色の色成分に対して共通したものを用いることが好ましい。

また、深さデータD及び起伏強調データSは、一実施形態によれば、撮像画像の輝度成分の信号レベル値を用いて生成されたデータであることが好ましい。撮像画像が、赤、緑、及び青色等の複数の色成分からなるカラー画像である場合、生体組織の光吸収の分光特性に起因して、凹部がなくてもある色成分の信号レベル値だけが低くなり易く、色成分を用いた深さデータD及び起伏強調データSは、光吸収の分光特性の影響を受け易い。このため、生体組織の光吸収の分光特性の影響を相対的に小さくできる輝度成分の信号レベル値を用いて深さデータD及び起伏強調データSを作成することが好ましい。

【0053】

図8は、強調処理部31が行う強調処理のフローの一例を示す図である。

演算部29は、電子スコープ100で撮像されて画像メモリ27に記憶された現フレームの撮像画像を、システムコントローラ21を介して呼び出して、撮像画像を取得する（ステップS100）。

【0054】

次に、領域検出部30は、撮像画像から撮像画像における凹部に対応する領域を検出する。この後、深さデータ生成部31aは、撮像画像の各画素に対して図6(a)に示すような深さデータDを生成して取得し、さらに、起伏強調データ生成部31bは、フラグテーブルにおいてフラグが付与された場所に対応する処理対象画素の画素位置の情報を取得する（ステップS102）。

起伏データ生成部31bは、撮像画像に対して $S = \text{l p f}(\text{a b s}(D)) - \text{a b s}(\text{l p f}(D))$ を計算する（ステップS104）。このとき、起伏データ生成部31bは、起伏強調データSにおいて予め設定された値より大きな値を有する画素を処理対象画素とし、この画素に対応するフラグテーブルにフラグを付与する。これにより、凹部及び凹部と凸部の境目の場所に対応したフラグテーブルの位置にフラグが付与される。こうして、撮像画像の各画素について起伏強調データSが生成される。

【0055】

次に、強調処理実行部31cは、フラグが付与された位置に対応する画素の画素位置（ i, j ）に移動する（ステップS106）。

強調処理実行部31cは、RGB色成分の各色成分の信号レベル値 I_k （ k は、R成分、G成分、あるいはB成分を識別する自然数）に対して、 $I_k - \alpha_k \cdot I_k - \beta_k \cdot D - \gamma_k \cdot S$ を計算する。ここで、上記式では、 I, D, S における画素位置（ i, j ）を示す i, j の表記は省略されている代わりに、色成分を識別する自然数の変数が表記されている。 $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ は、色成分毎に設定される定数である。

【0056】

強調処理実行部31cは、フラグテーブルにおいてフラグの付与された場所に対応する画素すべてについて、ステップS106～S108を計算したか否かを判定する（ステップS110）。

この判定で否定（No）される場合、強調処理実行部31は、処理をステップS104に戻し、他のフラグの付与された場所に対応する画素に移動して、ステップS106に処理を進める。

このようにして、ステップS110における判定で肯定（Yes）される場合、強調処理は終了する。このように、凹部フラグの付与された処理対象画素に対して強調処理を行う。

【0057】

一実施形態によれば、強調処理実行部31cは、 $I_k - \alpha_k \cdot I_k$ のように、強調処理対象画素の信号レベル値に定数 α を乗算した値を強調処理対象画素の信号レベルから減算するように構成されているので、浅い凹部に対応する領域を強調することができる。このとき、表面凹凸の立体感が失われ易くなるが、凹部と凸部の境目の急傾斜の部分がさらに急に見えるように、起伏強調データ S を用いて信号レベル値の変化を調整する（ $-\gamma_k \cdot S$ を用いる）ので、浅い凹部の領域を強調しつつ、被写体である生体組織の表面凹凸の立体感の低下を抑制することができる。この場合、浅い凹部と凸部の境目の急傾斜は、深い凹部と凸部の境目の急傾斜に比べて相対的に緩やかになるので、凹部と凸部の境目の傾斜の程度によって、浅い凹部と深い凹部の識別も容易にできる。

【0058】

強調処理実行部31cがステップS108において行う強調処理の計算では、 $I_k - \alpha_k \cdot I_k - \beta_k \cdot D - \gamma_k \cdot S$ にしたがって計算するので、色成分毎に定数 $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ を設定して強調処理を行うことができる。定数 $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ は、例えば互いに異ならせることができ、これにより、色味の変化を含めて凹部の強調処理を行うので、凹部の強調の程度は大きくなる。このとき、深さデータ D 及び起伏強調データ S は、撮像画像の輝度成分の信号レベル値を用いて生成されたデータであることが好ましい。

【0059】

一実施形態によれば、R成分の定数 α_k 及び定数 γ_k は、G及びBの色成分の少なくとも一方の定数 α_k 及び定数 γ_k に比べて大きな値を有することが好ましい。生体組織は、青色成分や緑色成分の波長帯域の光を吸収するので、凹部の領域と光吸収によって暗くなった領域とが区別され難い。このため、R成分の信号レベル値を利用して、生体組織の凹部に対応する領域を、光を吸収する領域と区別できるように強調することができる点で好ましい。

【0060】

以上、本発明の電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システムについて詳細に説明したが、本発明の電子内視鏡用プロセッサ及び電子内視鏡システムは上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

【符号の説明】

【0061】

1 電子内視鏡システム

10

20

30

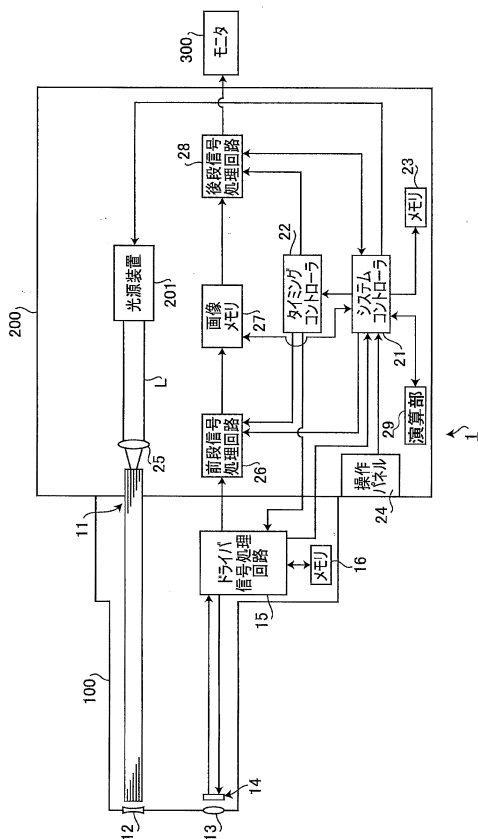
40

50

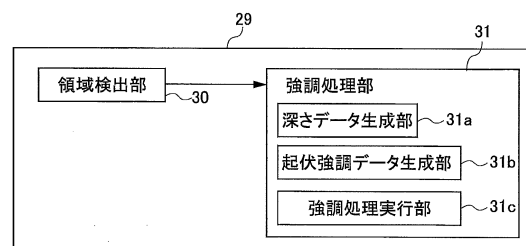
- 1 1 L C B
- 1 2 配光レンズ
- 1 3 対物レンズ
- 1 4 固体撮像素子
- 1 5 ドライバ信号処理回路
- 1 6 メモリ
- 2 1 システムコントローラ
- 2 2 タイミングコントローラ
- 2 4 操作パネル
- 2 5 集光レンズ
- 2 6 前段信号処理回路
- 2 7 画像メモリ
- 2 8 後段信号処理回路
- 2 9 演算部
- 3 0 領域検出部
- 3 1 強調処理部
- 1 0 0 電子スコープ
- 2 0 0 プロセッサ
- 3 0 0 モニタ

10

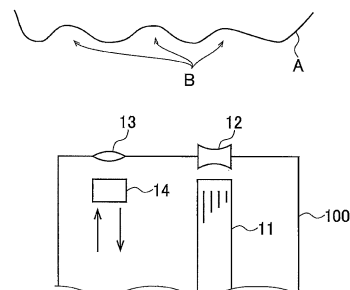
【図 1】



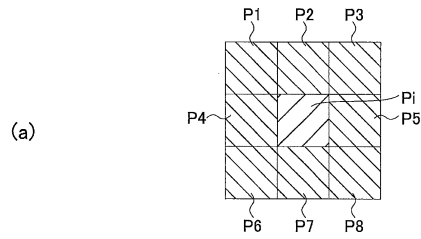
【図 2】



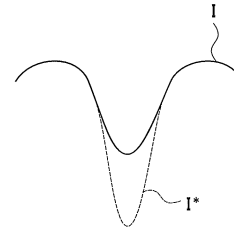
【図 3】



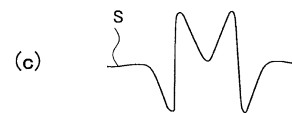
【図 4】



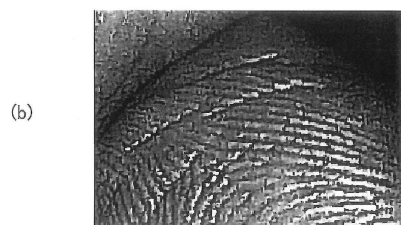
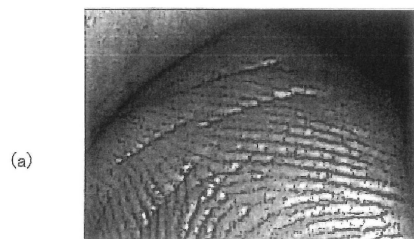
【図 5】



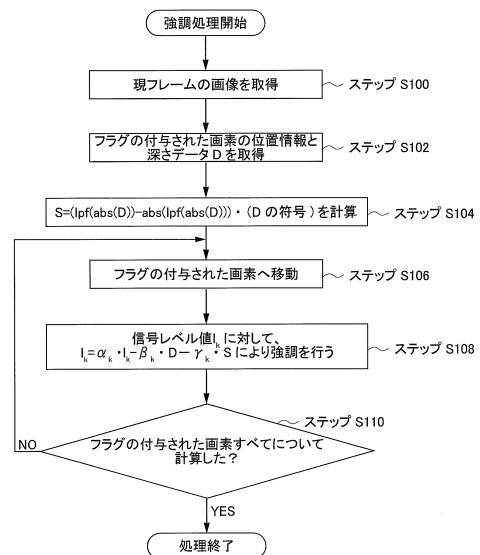
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-153991 (JP, A)
特開2003-010113 (JP, A)
特開2013-081556 (JP, A)
特開2014-161355 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	1/00- 1/32
G02B	23/24-23/26
G06T	1/00- 1/40
	3/00- 5/50
	9/00- 9/40