

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3色の画像信号を入力する画像信号入力部と、  
 前記3色の画像信号に基づいて、2色の画像信号間の第1信号比と、前記第1信号比と異なる2色の画像信号間の第2信号比を算出する信号比算出部と、  
 第1範囲内の第1及び第2信号比と、前記第1範囲と異なる第2範囲内にある第1及び第2信号比との差を拡張する第1拡張処理を行う色差強調部と、  
 前記第1拡張処理が施された第1及び第2信号比に基づいて、観察対象上の正常粘膜と第1異常領域との色差を強調した画像を表示する表示部と、  
 を備えることを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 2】

前記第1拡張処理は、前記第1範囲内の第1及び第2信号比と前記第2範囲内の第1及び第2信号比との動径差を拡張する処理であることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記動径差を拡張する処理は、前記第1範囲内の第1及び第2信号比と前記第2範囲内の第1及び第2信号比を極座標変換した信号に基づいて行われることを特徴とする請求項2記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第1拡張処理により、前記第1異常領域の彩度が低下することを特徴とする請求項

20

1 ないし 3 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 異常領域は、萎縮粘膜を含む退色調粘膜であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 拡張処理は、前記第 1 範囲の第 1 及び第 2 信号比を維持した状態で、前記第 1 範囲の第 1 及び第 2 信号比と前記第 2 範囲の第 1 及び第 2 信号比との差を拡張し、

前記表示部は、前記正常粘膜の色を維持した画像を表示することを特徴とする請求項 1 ないし 3 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記色差強調部は、前記第 1 拡張処理に加えて、前記第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比と、前記第 1 及び第 2 の範囲と異なる第 3 範囲内の第 1 及び第 2 信号比との差を拡張する第 2 拡張処理を行い、

前記表示部は、前記観察対象上の正常粘膜と第 1 異常領域との色差を強調することに加えて、前記観察対象上の正常粘膜と第 2 異常領域との色差を強調した画像を表示することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記第 2 拡張処理は、前記第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比と前記第 2 範囲内の第 1 及び第 2 信号比との偏角差を拡張する処理であることを特徴とする請求項 7 記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記偏角差を拡張する処理は、前記第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比と前記第 3 範囲内の第 1 及び第 2 信号比を極座標変換した信号に基づいて行われることを特徴とする請求項 8 記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記第 2 拡張処理により、前記第 2 異常領域の色相が変化して、前記第 2 異常領域の下の血管が透見することを特徴とする請求項 7 ないし 9 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記第 2 拡張処理は、前記第 1 範囲の第 1 及び第 2 信号比を維持した状態で、前記第 1 範囲の第 1 及び第 2 信号比と前記第 3 範囲の第 1 及び第 2 信号比との差を拡張し、

前記表示部は、前記正常粘膜の色を維持した画像を表示することを特徴とする請求項 7 ないし 9 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記第 1 範囲内にある第 1 及び第 2 信号比の平均値を算出する平均値算出部を有し、

前記色差強調部は、前記平均値と前記第 2 範囲内にある第 1 及び第 2 信号比の差を拡張するとともに、前記平均値と前記第 3 範囲内にある第 1 及び第 2 信号比の差を拡張することを特徴とする請求項 7 記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 ないし第 3 範囲のうち高輝度エリア又は低輝度エリアについては、前記色差の強調を抑制する抑制処理を行うことを特徴とする請求項 7 記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記第 1 信号比は B 画像信号と G 画像信号間の B/G 比であり、前記第 2 信号比は G 信号と R 画像信号間の G/R 比であることを特徴とする請求項 1 または 7 記載の画像処理装置。

【請求項 15】

画像信号入力部が、3 色の画像信号を入力するステップと、

信号比算出部が、前記 3 色の画像信号に基づいて、2 色の画像信号間の第 1 信号比と、前記第 1 信号比と異なる 2 色の画像信号間の第 2 信号比を算出するステップと、

色差強調部が、第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比と、前記第 1 範囲と異なる第 2 範囲内にある第 1 及び第 2 信号比との差を拡張する第 1 拡張処理を行うステップと、

表示部が、前記第 1 拡張処理が施された第 1 及び第 2 信号比に基づいて、観察対象上の

10

20

30

40

50

正常粘膜と第1異常領域との色差を強調した画像を表示するステップと、  
を有することを特徴とする内視鏡システムの作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、萎縮性胃炎の診断時に用いる画像を処理する画像処理装置及び内視鏡システムの作動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野においては、光源装置、電子内視鏡、プロセッサ装置を備える内視鏡システムを用いた診断等が広く行われている。また、最近の内視鏡システムにおいては、電子内視鏡に組み込む撮像素子の高感度化や高画素化などハイビジョンシステムによる高解像度化によって、従来の画質を超える高精度な画像を表示できるようになってきている。これにより、微細な血管や粘膜の小さな病変でも極めてリアルに描写することができる。

【0003】

このようなハイビジョン化によって、病変部の形状や大きさが明瞭化するため、病変部の検出を容易にすることができる。しかしながら、ドクターは、病変部の形状や大きさだけでなく、粘膜のわずかな色の違いからも病変部を見つけ出している。例えば、赤味を帯びているものの粘膜と色の違いが僅かである部分については、早期病変部として検出している。このような僅かに赤味を帯びた部分については、ハイビジョン化して単に解像度

【0004】

そこで、特許文献1では、赤味の部分はより赤く、白いところは白くする色彩強調処理を施すことによって、病変部の境界を目立たせることが行われている。この色彩強調処理を行うことで、ハイビジョン化だけでは検出できない病変部を見つけ出すことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許3228627号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年では、萎縮性胃炎の状態から胃癌などの胃の病変部を検出することが行われている。これは、以下に示すような萎縮性胃炎と胃の病変部との関係性を利用するものである。図26(A)に示すような正常な胃粘膜構造の場合には、表面の粘膜層は厚みを帯びているため、この粘膜層で大部分の光が吸収・反射する。そのため、図26(B)に示すように、正常な胃粘膜下層内の血管は、内視鏡画像上ではほとんど観察することができない。

【0007】

これに対して、図27(A)に示すように、萎縮性胃炎が進行した胃粘膜構造の場合には、胃腺細胞の減少により粘膜層は薄くなっている。このような萎縮性胃炎の進行に伴う胃粘膜内部構造の変化は、内視鏡画像上では、下記(A)及び(B)のような変化として現れる。

(A) 白に近い色の粘膜筋板が透けて見えることになり、萎縮粘膜部の色は正常部より退色した色になる。

(B) 萎縮粘膜部では、萎縮に伴って粘膜層が薄くなるにつれて、粘膜下層の血管が透見されるようになる(図27(B)参照)。

したがって、萎縮性胃炎に基づく胃病変部の診断においては、上記2つの特徴(A)、(B)を利用して、萎縮の進行度の判断や、正常部と胃炎部との境界の判別を行っている。

【0008】

ここで、萎縮が高度に進んだ場合(例えば、ABC検診でC群やD群に含まれる萎縮の

10

20

30

40

50

場合)には、内視鏡画像上で上記2つの特徴(A)、(B)について明確に観察することができる。しかしながら、萎縮があまり進行していないなど萎縮進行中の場合(例えば、ABC検診でB群やC群に含まれる萎縮の場合)には、内視鏡画像上での萎縮部と正常部との差は僅かであり、萎縮の進行度の判断や、正常部と胃炎部との境界の判別は困難な場合がある。したがって、内視鏡画像上において上記2つの特徴(A)、(B)を明確にして、正常部と胃炎部の境界を明瞭化することが求められている。

【0009】

これに関して、特許文献1の方法の適用が考えられるが、この特許文献1の方法は、赤味を帯びた部分について更に赤味が増すように強調するものであるため、上記のような胃の萎縮に伴う粘膜の色の变化を強調したり、さらには、胃の萎縮に伴って透見する粘膜下層の血管を強調表示することはできない。

10

【0010】

本発明は、萎縮性胃炎による胃の萎縮時に起こり得る粘膜等の色の变化を強調することができる画像処理装置及び内視鏡システムの作動方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明の画像処理装置は、画像信号入力部と、信号比算出部と、色差強調部と、表示部とを備える。画像信号入力部は、3色の画像信号を入力する。信号比算出部は、3色の画像信号に基づいて、2色の画像信号間の第1信号比と、第1信号比と異なる2色の画像信号間の第2信号比を算出する。色差強調部は、第1範囲内の第1及び第2信号比と、第1範囲と異なる第2範囲内にある第1及び第2信号比との差を拡張する第1拡張処理を行う。表示部は、第1拡張処理が施された第1及び第2信号比に基づいて、観察対象上の正常粘膜と第1異常領域との色差を強調した画像を表示する。

20

【0012】

第1拡張処理は、第1範囲内の第1及び第2信号比と第2範囲内の第1及び第2信号比との動径差を拡張する処理であることが好ましい。動径差を拡張する処理は、第1範囲内の第1及び第2信号比と第2範囲内の第1及び第2信号比を極座標変換した信号に基づいて行われることが好ましい。第1拡張処理により、第1異常領域の彩度が低下することが好ましい。第1異常領域は、萎縮粘膜を含む退色調粘膜であることが好ましい。第1拡張処理は、第1範囲の第1及び第2信号比を維持した状態で、第1範囲の第1及び第2信号比と第2範囲の第1及び第2信号比との差を拡張し、表示部は、正常粘膜の色を維持した画像を表示することが好ましい。

30

【0013】

色差強調部は、第1拡張処理に加えて、第1範囲内の第1及び第2信号比と、第1及び第2の範囲と異なる第3範囲内の第1及び第2信号比との差を拡張する第2拡張処理を行い、表示部は、観察対象上の正常粘膜と第1異常領域との色差を強調することに加えて、観察対象上の正常粘膜と第2異常領域との色差を強調した画像を表示することが好ましい。第2拡張処理は、第1範囲内の第1及び第2信号比と第2範囲内の第1及び第2信号比との偏角差を拡張する処理であることが好ましい。偏角差を拡張する処理は、第1範囲内の第1及び第2信号比と第3範囲内の第1及び第2信号比を極座標変換した信号に基づいて行われることが好ましい。第2拡張処理により、第2異常領域の色相が変化して、第2異常領域の下の血管が透見することが好ましい。第2拡張処理は、第1範囲の第1及び第2信号比を維持した状態で、第1範囲の第1及び第2信号比と第3範囲の第1及び第2信号比との差を拡張し、表示部は、正常粘膜の色を維持した画像を表示することが好ましい。

40

【0014】

第1範囲内にある第1及び第2信号比の平均値を算出する平均値算出部を有し、色差強調部は、平均値と第2範囲内にある第1及び第2信号比の差を拡張するとともに、平均値と第3範囲内にある第1及び第2信号比の差を拡張することが好ましい。第1ないし第3範囲のうち高輝度エリア又は低輝度エリアについては、色差の強調を抑制する抑制処理を

50

行うことが好ましい。第1信号比はB画像信号とG画像信号間のB/G比であり、第2信号比はG信号とR画像信号間のG/R比であることが好ましい。

【0015】

本発明の内視鏡システムの作動方法は、画像信号入力ステップと、信号比算出ステップと、色差強調ステップと、表示ステップとを有する。画像信号入力ステップでは、画像信号入力部が、3色の画像信号を入力する。信号比算出ステップでは、信号比算出部が、3色の画像信号に基づいて、2色の画像信号間の第1信号比と、第1信号比と異なる2色の画像信号間の第2信号比を算出する。色差強調ステップでは、色差強調部が、第1範囲内の第1及び第2信号比と、第1範囲と異なる第2範囲内にある第1及び第2信号比との差を拡張する第1拡張処理を行う。表示ステップでは、表示部が、第1拡張処理が施された第1及び第2信号比に基づいて、観察対象上の正常粘膜と第1異常領域との色差を強調した画像を表示するステップと、を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、萎縮性胃炎による胃の萎縮時に起こり得る粘膜等の色の变化を強調することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】内視鏡システムの外觀図である。

【図2】第1実施形態の内視鏡システムの機能を示すブロック図である。

20

【図3A】白色光の分光強度を示すグラフである。

【図3B】特殊光の分光強度を示すグラフである。

【図4】異常領域強調部の内部構成を示すブロック図である。

【図5】第1～第5範囲の位置関係を示すグラフである。

【図6】特殊光（青色レーザー光の発光強度が青紫色レーザー光の発光強度よりも大きい）照明時に得られる第1及び第2信号比の分布を示す実測データを示すグラフである。

【図7】色差強調処理前の二次元空間（縦軸（ $-\log(B/G)$ ）、横軸（ $-\log(G/R)$ ））での第2範囲及び第3範囲の位置を示す説明図である。

【図8】色差強調処理後の二次元空間上での第2範囲及び第3範囲の位置を示す説明図である。

30

【図9】二次元空間と色度との関係、及び萎縮性胃炎の進行に伴う第1及び第2信号比の分布の変化を示す説明図である。

【図10】萎縮性胃炎の診断における一連の流れを示すフローチャートである。

【図11】青色狭帯域光を含む特殊光を用いた場合の異常領域と青色広帯域光を含む照明光を用いた場合の二次元空間上での第1～第5範囲の位置関係を示す説明図である。

【図12A】反射濃度と吸収体の吸収係数及び分布密度との関係を示すグラフである。

【図12B】ヘモグロビンの吸光係数の分布を示すグラフである。

【図13】BA領域の反射濃度分布を表すグラフである。

【図14】粘膜層内の血液密度が表層で局所的に高くなるBAを示す説明図である。

【図15】狭帯域B光を用いた場合の第4範囲と広帯域B光を用いた場合の第4範囲の二次元空間上での位置関係を示す説明図である。

40

【図16】発赤領域の反射濃度分布を表すグラフである。

【図17】粘膜層内の血液密度が粘膜全体で局所的に高くなる発赤を示す説明図である。

【図18】狭帯域B光を用いた場合の第5範囲と広帯域B光を用いた場合の第5範囲の二次元空間上での位置関係を示す説明図である。

【図19】第2実施形態の内視鏡システムの機能を示すブロック図である。

【図20】回転フィルタの平面図である。

【図21】第3実施形態の特殊光画像処理部の機能を示すブロック図である。

【図22A】第1範囲、第2範囲、第3範囲の動径を示す説明図である。

【図22B】第1範囲、第4範囲、第5範囲の動径を示す説明図である。

50

【図23】動径  $r$  と動径  $E_r$  との関係を示すグラフである。

【図24A】第1範囲、第2範囲、第3範囲の偏角を示す説明図である。

【図24B】第1範囲、第4範囲、第5範囲の偏角を示す説明図である。

【図25】偏角  $\theta$  と偏角  $E_\theta$  との関係を示すグラフである。

【図26】(A)は正常粘膜における粘膜構造の断面図であり、(B)は正常粘膜を表層側から見た場合の平面図である。

【図27】(A)は萎縮性胃炎時における粘膜構造(胃腺細胞の減少、又は胃組織と腸、繊維組織との置換により胃粘膜層が薄くなっている)の断面図であり、(B)は萎縮性胃炎時における粘膜を表層側から見た場合の平面図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0018】

[第1実施形態]

図1に示すように、第1実施形態の内視鏡システム10は、内視鏡12と、光源装置14と、プロセッサ装置16と、モニタ18と、コンソール20とを有する。内視鏡12は光源装置14と光学的に接続されるとともに、プロセッサ装置16と電氣的に接続される。内視鏡12は、検体内に挿入される挿入部21と、挿入部の基端部分に設けられた操作部22と、挿入部21の先端側に設けられる湾曲部23及び先端部24を有している。操作部22のアングルノブ22aを操作することにより、湾曲部23は湾曲動作する。この湾曲動作に伴って、先端部24が所望の方向に向けられる。

【0019】

20

また、操作部22には、アングルノブ22aの他、モード切替SW22bと、ズーム操作部22cが設けられている。モード切替SW22bは、通常観察モードと、特殊観察モードの2種類のモード間の切り替え操作に用いられる。通常観察モードは、検体内の照明に白色光を用いるモードである。特殊観察モードは、検体内の照明に青味を帯びた特殊光を用いるモードであり、萎縮性胃炎による胃の萎縮時に起こり得る粘膜の色の变化や血管の透見を強調するモードである。ズーム操作部22cは、内視鏡12内のズーミングレンズ47(図2参照)を駆動させて、検体を拡大させるズーム操作に用いられる。なお、特殊観察モードでは、特殊光に代えて、白色光を用いてもよい。

【0020】

プロセッサ装置16は、モニタ18及びコンソール20と電氣的に接続される。モニタ18は、画像情報等を出力表示する。コンソール20は、機能設定等の入力操作を受け付けるUI(ユーザインターフェース)として機能する。なお、プロセッサ装置16には、画像情報等を記録する外付けの記録部(図示省略)を接続してもよい。

30

【0021】

図2に示すように、光源装置14は、中心波長445nmの青色レーザ光を発する青色レーザ光源(445LD)34と、中心波長405nmの青紫色レーザ光を発する青紫色レーザ光源(405LD)36とを発光源として備えている。これら各光源34、36の半導体発光素子からの発光は、光源制御部40により個別に制御されており、青色レーザ光源34の出射光と、青紫色レーザ光源36の出射光の光量比は変更自在になっている。光源制御部40は、通常観察モードの場合には、主として青色レーザ光源34を駆動させ、青紫色レーザ光をわずかに発光するように制御している。なお、この通常観察モードの場合に、青紫色レーザ光源36を駆動してもよい。ただし、この場合には、青紫色レーザ光源36の発光強度を低く抑えることが好ましい。

40

【0022】

これに対して、特殊観察モードの場合には、青色レーザ光源34と青紫色レーザ光源36の両方を駆動させるとともに、青色レーザ光の発光比率を青紫色レーザ光の発光比率よりも大きくなるように制御している。なお、青色レーザ光又は青紫色レーザ光の半値幅は $\pm 10$ nm程度にすることが好ましい。また、青色レーザ光源34及び青紫色レーザ光源36は、ブロードエリア型のInGaIn系レーザダイオードが利用でき、また、InGaInAs系レーザダイオードやGaInAs系レーザダイオードを用いることもできる。また、

50

上記光源として、発光ダイオード等の発光体を用いた構成としてもよい。

【0023】

これら各光源34、36から出射されるレーザ光は、集光レンズ、光ファイバ、合波器などの光学部材(いずれも図示せず)を介して、ライトガイド(LG)41に入射する。ライトガイド41は、光源装置14、内視鏡12、及びユニバーサルコード(内視鏡12と光源装置とを接続するためのコード(図示せず))内に内蔵されている。中心波長445nmの青色レーザ光又は中心波長405nmの青紫色レーザ光は、ライトガイド41を介して、内視鏡12の先端部24まで伝搬される。なお、ライトガイド41としては、マルチモードファイバを使用することができる。一例として、コア径105 $\mu$ m、クラッド径125 $\mu$ m、外皮となる保護層を含めた径が0.3~0.5mmの細径なファイバケーブルを使用することができる。

10

【0024】

内視鏡12の先端部24は照明光学系24aと撮像光学系24bを有している。照明光学系24aには、ライトガイド41からの中心波長445nmの青色レーザ光又は中心波長405nmの青紫色レーザ光が入射する蛍光体44と、照明レンズ45が設けられている。蛍光体44に、青色レーザ光が照射されることで、蛍光体44から蛍光が発せられる。また、一部の青色レーザ光は、そのまま蛍光体44を透過する。青紫色レーザ光は、蛍光体44を励起させることなく透過する。蛍光体44を出射した光は、照明レンズ45を介して、検体内に照射される。

【0025】

ここで、通常観察モードにおいては、主として青色レーザ光が蛍光体44に入射するため、図3Aに示すような、青色レーザ光、及び青色レーザ光により蛍光体44から励起発光する蛍光を合波した白色光が、検体内に照射される。一方、特殊観察モードにおいては、青紫色レーザ光と青色レーザ光の両方が蛍光体44に入射するため、図3Bに示すような、青紫色レーザ光、青色レーザ光、及び青色レーザ光により蛍光体44から励起発光する蛍光を合波した特殊光が、検体内に照射される。この特殊観察モードでは、青色成分に発光強度が高い青色レーザ光に加えて、青紫色レーザ光が含まれているため、特殊光は、青色成分を多く含み且つ波長範囲がほぼ可視光全域に及び広帯域光となっている。

20

【0026】

なお、蛍光体44は、青色レーザ光の一部を吸収して、緑色~黄色に励起発光する複数種の蛍光体(例えばYAG系蛍光体、或いはBAM( $BaMgAl_{10}O_{17}$ )等の蛍光体)を含んで構成されるものを使用することが好ましい。本構成例のように、半導体発光素子を蛍光体44の励起光源として用いれば、高い発光効率で高強度の白色光が得られ、白色光の強度を容易に調整できる上に、白色光の色温度、色度の変化を小さく抑えることができる。

30

【0027】

図2に示すように、内視鏡12の撮像光学系24bは、撮像レンズ46、ズームレンズ47、撮像センサ48を有している。検体からの反射光は、撮像レンズ46及びズームレンズ47を介して、撮像センサ48に入射する。これにより、撮像センサ48に検体の反射像が結像される。ズームレンズ47は、ズーム操作部22cを操作することで、テレ端とワイド端との間を移動する。ズームレンズ47がワイド端側に移動すると検体の反射像が縮小する一方で、テレ端側に移動することで、検体の反射像が拡大する。

40

【0028】

撮像センサ48はカラーのイメージセンサであり、検体の反射像を撮像して画像信号を出力する。なお、撮像センサ48は、CCD(Charge Coupled Device)イメージセンサやCMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)イメージセンサ等であることが好ましい。本発明で用いられるイメージセンサは、撮像面にRGBカラーフィルタが設けられたRGBchを有するRGBイメージセンサであり、各chで光電変換をすることによって、R(赤)のカラーフィルタが設けられたR画素からR画像信号を出力し、G(緑)

50

のカラーフィルタが設けられたG画素からG画像信号を出力し、B(青)のカラーフィルタが設けられたB画素からB画像信号を出力する。

【0029】

なお、撮像センサ48としては、撮像面にC(シアン)、M(マゼンタ)、Y(イエロー)及びG(緑)のCMYGフィルタを備えたイメージセンサであっても良い。CMYGフィルタを備えたイメージセンサの場合には、CMYGの4色の画像信号から色変換によってRGBの3色の画像信号を得ることができる。この場合には、CMYGの4色の画像信号からRGBの3色の画像信号に色変換する色変換手段を、内視鏡12、光源装置14又はプロセッサ装置16のいずれかに備えている必要がある。

【0030】

撮像センサ48から出力される画像信号は、CDS・AGC回路50に送信される。CDS・AGC回路50は、アナログ信号である画像信号に相関二重サンプリング(CDS)や自動利得制御(AGC)を行う。CDS・AGC回路50を経た画像信号は、ガンマ変換部51でガンマ変換が施される。これにより、モニタ18などの出力デバイスに適した階調を有する画像信号が得られる。このガンマ変換後の画像信号は、A/D変換器(A/Dコンバータ)52により、デジタル画像信号に変換される。A/D変換されたデジタル画像信号は、プロセッサ装置16に入力される。

【0031】

プロセッサ装置16は、受信部54と、画像処理切替部60と、通常光画像処理部62と、特殊光画像処理部64と、画像表示信号生成部66とを備えている。受信部54は内視鏡12からのデジタル画像信号を受信する。この受信部54は、DSP(Digital Signal Processor)56とノイズ除去部58を備えている。DSP56は、デジタル画像信号に対してガンマ補正、色補正処理を行う。ノイズ除去部58は、DSP56でガンマ補正等が施されたデジタル画像信号に対してノイズ除去処理(例えば移動平均法やメディアンフィルタ法等)を施すことによって、デジタル画像信号からノイズを除去する。ノイズが除去されたデジタル画像信号は、画像処理切替部60に送信される。なお、本発明の「画像信号入力部」は、受信部54を含む構成に対応している。

【0032】

画像処理切替部60は、モード切替SW22bにより通常観察モードにセットされている場合には、デジタル画像信号を通常光画像処理部62に送信し、特殊観察モードに設定されている場合には、デジタル画像信号を特殊光画像処理部64に送信する。

【0033】

通常光画像処理部62は、色変換部68と、色彩強調部70と、構造強調部72とを有する。色変換部68は、入力されたRGB3チャンネルのデジタル画像信号を、それぞれR画像データ、G画像データ、B画像データに割り付ける。これらRGBの画像データに対しては、更に、 $3 \times 3$ のマトリックス処理、階調変換処理、3次元LUT処理などの色変換処理を行い、色変換処理済RGB画像データに変換する。

【0034】

色彩強調部70は、色変換済RGB画像データに対して、各種色彩強調処理を施す。構造強調部72は、色彩強調処理済RGB画像データに対して、空間周波数強調等の構造強調処理を行う。構造強調部72で構造強調処理が施されたRGB画像データは、通常光画像として通常光画像処理部62から画像表示信号生成部66に入力される。

【0035】

特殊光画像処理部64は、逆ガンマ変換部76と、異常領域強調部77と、構造強調部78とを有する。逆ガンマ変換部76は、入力されたRGB3チャンネルのデジタル画像信号に対して逆ガンマ変換を施す。この逆ガンマ変換後のRGB画像信号は、検体からの反射率に対してリニアな反射率リニアRGB信号であるため、検体の各種生体情報(本実施形態で言えば、萎縮性胃炎に伴う色の变化など胃の萎縮に関する情報)が多く含まれている。

【0036】

10

20

30

40

50

異常領域強調部 77 は、反射率リニア RGB 信号に基づいて、正常粘膜領域と、胃癌などの病変部を含む可能性がある異常領域の色の差を強調する色差強調処理を行う。この異常領域強調部 77 の詳細については後述する。構造強調部 78 は、色差強調処理済みの RGB 画像データに対して、空間周波数強調等の構造強調処理を行う。構造強調部 78 で構造強調処理が施された RGB 画像データは、特殊光画像として特殊光画像処理部 64 から画像表示信号生成部 66 に入力される。

【 0037 】

画像表示信号生成部 66 は、通常光画像処理部 62 又は特殊光画像処理部 64 から入力された通常光画像又は特殊光画像を、モニタ 18 で表示可能画像として表示するための表示画像信号に変換する。この変換後の表示画像信号に基づいて、モニタ 18 は、通常光画像又は特殊光画像を表示する。

10

【 0038 】

図 4 に示すように、異常領域強調部 77 は、信号比算出部 80 と、色差強調部 82 と、RGB 変換部 83 と、ガンマ変換部 84 とを備えている。信号比算出部 80 は、反射率リニア RGB 信号のうち、B 信号と G 信号間の第 1 信号比 ( $-\log(B/G)$ ) を算出するとともに、G 信号と R 信号間の第 2 信号比 ( $-\log(G/R)$ ) を算出する。これら第 1 及び第 2 信号比はそれぞれ G 信号、R 信号で規格化されているため、観察対象からの距離や観察エリアの明るさなどによって影響を受けることは、ほとんどない。その一方で、第 1 及び第 2 信号比は、粘膜内の吸収成分 (ヘモグロビン) の濃度の変化や粘膜内部構造の変化などに相関がある B 信号と G 信号をそれぞれ含んでいるため、吸収成分濃度や粘膜内部構造に変化が生じると大きく変動する。なお、上記 B 信号は撮像センサ 48 の B 画素から出力される B 画像信号に対応しており、上記 G 信号は撮像センサ 48 の G 画素から出力される G 画像信号に対応しており、上記 R 信号は撮像センサ 48 の R 画素から出力される R 画像信号に対応している。

20

【 0039 】

例えば、第 1 信号比は血管深さ (粘膜の深さ方向における血管の位置) と相関があるため、深層血管のような太い血管がある部分の第 1 信号比は、深い位置にあるほど値が大きくなる一方、浅い位置にあるほど値が小さくなる。また、第 1 信号比及び第 2 信号比のいずれも、ヘモグロビンの吸収と相関があるため、光の吸収が強いほど値は大きくなる。

【 0040 】

また、信号比算出部 80 は、反射率リニア RGB 信号のうち輝度値が上限値以上の高輝度エリアと下限値以下の高輝度・低輝度エリアを判別する高輝度・低輝度エリア判別部 80a を備えている。高輝度・低輝度エリアにはノイズが多く含まれるため、この高輝度・低輝度エリアの信号を用いて第 1 又は第 2 信号比を算出した場合には、第 1 又は第 2 信号比が極めて大きくなって、ノイズが強調されるおそれがある。そのため、高輝度・低輝度エリア判別部 80a で高輝度・低輝度エリアと判別された領域の強調処理については、後述するように、他のエリアと比べて、強調処理のレベルを抑制している。なお、反射率リニア RGB 信号のうち反射光の光量に連動して変化するのは R 信号であるので、R 信号に基づいて高輝度・低輝度エリアを判別することが好ましい。

30

【 0041 】

色差強調部 82 は平均値算出部 82a と、萎縮粘膜領域強調部 82b と、深層血管領域強調部 82c と、BA 領域強調部 82d と、発赤領域強調部 82e とを備えている。この色差強調部 82 では、図 5 の二次元空間 (縦軸: 第 1 信号比 ( $-\log(B/G)$ ), 横軸: 第 2 信号比 ( $-\log(G/R)$ )) において、第 1 範囲の第 1 及び第 2 信号比と第 2 ~ 第 5 範囲の第 1 及び第 2 信号比との差を拡大することによって、観察領域上の正常粘膜と異常部位 (萎縮粘膜、BA、発赤等) との色差を強調する。

40

【 0042 】

第 1 範囲には、図 6 の実測データが示すように、正常粘膜がある部分の第 1 及び第 2 信号比が多く含まれており (図 6 では正常粘膜を「 $\square$ 」で表記)、この第 1 範囲は二次元空間上でほぼ中央に位置している。また、第 2 範囲には、萎縮粘膜がある部分の第 1 及び第

50

2 信号比が多く含まれており（図 6 では萎縮粘膜を「x」で表記）、この第 2 範囲は二次元空間上で第 1 範囲の斜め左下に位置している。第 3 範囲には、深層血管がある部分の第 1 及び第 2 信号比が多く含まれており（図 6 では深層血管を「」で表記）、この第 3 範囲は第 1 範囲の右斜め下に位置している。第 4 範囲には、BA がある部分の第 1 及び第 2 信号比が多く含まれており（図 6 では BA を「」で表記）、この第 4 範囲は第 1 範囲の右斜め上に位置している。第 5 範囲には、発赤がある部分の第 1 及び第 2 信号比が多く含まれており（図 6 では発赤を「」で表記）、この第 5 範囲は第 1 範囲の右側に位置している。

#### 【0043】

平均値算出部 8 2 a は、第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比の平均値を算出する。そして、算出された平均値を極座標変換することによって、極座標変換済みの第 1 範囲平均値（ $r_m$ 、 $m$ ）を得る。

10

#### 【0044】

萎縮粘膜領域強調部 8 2 b は、第 2 範囲内の第 1 及び第 2 信号比を極座標変換することにより、極座標変換済みの第 2 範囲信号（ $r_i$ 、 $i$ ）を得る。そして、図 7 に示す極座標変換済みの第 1 範囲平均値（ $r_m$ 、 $m$ ）と第 2 範囲信号（ $r_i$ 、 $i$ ）との間の動径差  $r$  を拡張する第 1 拡張処理を行う。この第 1 拡張処理は、下記式（1）により、行われる。これにより、強調第 2 範囲信号（ $E r_i$ 、 $i$ ）が得られる。この強調第 2 範囲信号（ $E r_i$ 、 $i$ ）と第 1 範囲平均値（ $r_m$ 、 $m$ ）との動径差は、図 8 A に示すように、 $r$  よりも大きい  $E r$  となっている。

20

（1）： $E r_i = (r_i - r_m) \cdot \quad + r_m$ （ただし、1）

#### 【0045】

萎縮粘膜領域強調部 8 2 b での第 1 拡張処理は、図 7、8 に示すように、色相を維持した状態で、動径差  $r$  を彩度が低くなる方向に拡張するものである。この第 1 拡張処理による色の变化は、図 9 に示すような、萎縮性胃炎の進行とともに、退色調になる粘膜の色の变化に合わせている。この図 9 では、進行 2 は進行 1 よりも萎縮性胃炎の進行が進んでいることを示しており、進行 1 の場合は正常粘膜領域との差が小さいのに対して、進行 2 の場合には、色相はほぼそのまま、彩度のみが低下することにより、正常粘膜領域との差が大きくなっていることが分かる。

#### 【0046】

30

したがって、強調第 2 範囲信号（ $E r_i$ 、 $i$ ）に基づいてモニタ 1 8 上に表示される特殊光画像上では、萎縮粘膜領域が正常粘膜領域と異なる色で明瞭に表示されるとともに、萎縮粘膜領域の色は萎縮性胃炎時の粘膜の色とほぼ同等に表示される。これにより、正常粘膜領域と萎縮粘膜領域の境界の判別を確実に行うことができる。第 1 拡張処理は、正常粘膜領域と萎縮粘膜領域との色の差が僅かである場合（例えば、萎縮進行中で、ABC 検診で B 群や C 群に含まれるような場合）に、特に有効的である。

#### 【0047】

なお、正常粘膜領域と萎縮粘膜領域の色の差を更に強調する場合には、彩度方向の拡張（動径差の拡張）だけでなく、色相方向の拡張（偏角差の拡張）を行ってもよい。また、高輝度・低輝度エリアについては、 $\quad$  の値を小さくして拡張を抑制する。また、萎縮が高度に進んでいる場合には、式（1）の  $\quad$  の値が大きすぎると、萎縮粘膜領域の色が青味を帯びてくるので、この場合には、 $\quad$  の値を小さくすること（コンソール 2 0 による操作で調整）で、萎縮粘膜領域の色を実際の萎縮粘膜の色（退色調の色）に合わせることが出来る。

40

#### 【0048】

深層血管領域強調部 8 2 c は、第 3 範囲内の第 1 及び第 2 信号比を極座標変換することにより、極座標変換済みの第 3 範囲信号（ $r_v$ 、 $v$ ）を得る。そして、図 7 に示す極座標変換済みの第 1 範囲平均値（ $r_m$ 、 $m$ ）と第 3 範囲信号（ $r_v$ 、 $v$ ）との間の偏角差  $\quad$  を拡張する第 2 拡張処理を行う。この第 2 拡張処理は、下記式（2）により、行われる。これにより、強調第 3 範囲信号（ $r_v$ 、 $E v$ ）が得られる。この強調第 3 範囲信号（ $r_v$ 、 $E v$

50

)と第1範囲平均値( $r_m$ 、 $m$ )との偏角差は、図8に示すように、 $E_v$ よりも大きい $E_v$ となっている。

$$(2) : E_v = (v - m) \cdot \alpha + m \quad (\text{ただし、} \alpha > 1)$$

【0049】

深層血管領域強調部82cでの第2拡張処理は、図7、8に示すように、彩度を維持した状態で、色相方向に偏角差 $\alpha$ を拡張するものである。この第2拡張処理による色の变化は、図9に示すように、萎縮性胃炎の進行とともに、深層血管の色が顕在化してくる色の变化に合わせている。この図9では、進行2は進行1よりも萎縮性胃炎の進行が進んでいることを示しており、進行1の場合は正常粘膜領域との差が小さいのに対して、進行2の場合には、彩度はほぼそのまま、色相のみが変化することにより、正常粘膜領域との差が大きくなっていることが分かる。

10

【0050】

したがって、強調第3範囲信号( $r_v$ 、 $E_v$ )に基づいてモニタ18上に表示される特殊光画像上では、深層血管領域が正常粘膜領域と異なる色で明瞭に表示されるとともに、深層血管の色の顕在化により、深層血管が確実に透見できるようになる。これにより、正常粘膜領域と深層血管領域の境界の判別を確実に行うことができる。第2拡張処理は、深層血管がそれほど透見していない場合(例えば、萎縮進行中で、ABC検診でB群やC群に含まれるような場合)に、特に有効的である。

【0051】

なお、正常粘膜領域と深層血管領域の色の差を更に強調する場合には、色相方向の拡張(偏角差の拡張)だけでなく、彩度方向の拡張(動径差の拡張)を行ってもよい。また、高輝度・低輝度エリアについては、 $\alpha$ の値を小さくして拡張を抑制する。また、萎縮が高度に進んでいる場合には、式(2)の $\alpha$ の値が大きすぎると、深層血管領域の色がマゼンタ調になるので、この場合には、 $\alpha$ の値を小さくすること(コンソール20による操作で調整)で、深層血管領域の色を深層血管の色に合わせることができる。

20

【0052】

BA領域強調部82dは、第4範囲内の第1及び第2信号比を極座標変換することにより、極座標変換済みの第4範囲信号( $r_k$ 、 $k$ )を得る。そして、下記式(3)、(4)により、極座標変換済みの第1範囲平均値( $r_m$ 、 $m$ )と第4範囲信号( $r_k$ 、 $k$ )との間の動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ を拡張する第3拡張処理を行う。これにより、動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ が共に拡張された強調第4範囲信号( $E_r k$ 、 $E_k$ )が得られる。

30

$$(3) : E_r k = (r_k - r_m) \cdot \alpha + r_m \quad (\text{ただし、} \alpha > 1)$$

$$(4) : E_k = (k - m) \cdot \beta + m \quad (\text{ただし、} \beta > 1)$$

【0053】

強調第4範囲信号( $E_r k$ 、 $E_k$ )に基づいてモニタ18上に表示される特殊光画像上では、BA領域が正常粘膜領域と異なる色で明瞭に表示される。これにより、正常粘膜領域とBA領域の境界の判別を確実に行うことができる。なお、BA領域強調部82dでは、動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ の両方を拡張することに代えて、動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ のいずれか一方を拡張してもよい。また、高輝度・低輝度エリアについては、 $\alpha$ 、 $\beta$ の値を小さくして拡張を抑制する。

40

【0054】

発赤領域強調部82eは、第5範囲内の第1及び第2信号比を極座標変換することにより、極座標変換済みの第5範囲信号( $r_j$ 、 $j$ )を得る。そして、下記式(5)、(6)により、極座標変換済みの第1範囲平均値( $r_m$ 、 $m$ )と第5範囲信号( $r_j$ 、 $j$ )との間の動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ を拡張する第4拡張処理を行う。これにより、動径差 $r$ 、偏角差 $\alpha$ が共に拡張された強調第5範囲信号( $E_r j$ 、 $E_j$ )が得られる。

$$(5) : E_r j = (r_j - r_m) \cdot \alpha + r_m \quad (\text{ただし、} \alpha > 1)$$

$$(6) : E_j = (j - m) \cdot \beta + m \quad (\text{ただし、} \beta > 1)$$

【0055】

強調第5範囲信号( $E_r j$ 、 $E_j$ )に基づいてモニタ18上に表示される特殊光画像上で

50

は、発赤領域が正常粘膜領域と異なる色で明瞭に表示される。これにより、正常粘膜領域と発赤領域の境界の判別を確実に行うことができる。なお、発赤領域強調部 8 2 e では、動径差  $r$ 、偏角差  $\theta$  の両方を拡張することに代えて、動径差  $r$ 、偏角差  $\theta$  のいずれか一方を拡張してもよい。また、高輝度・低輝度エリアについては、 $r$ 、 $\theta$  の値を小さくして拡張を抑制する。

#### 【 0 0 5 6 】

R G B 変換部 8 3 は、色差強調部 8 2 で得られた色差強調信号（強調萎縮粘膜信号、強調深層血管信号、強調 B A 信号、強調発赤信号）を、R G B 画像データに再変換する。この R G B 変換部 8 3 では、極座標空間の値で表現された色差強調信号を、R G B の値に変換する処理が行われる。ガンマ変換部 8 4 は、色差強調済みの R G B 画像データに対して

10

#### 【 0 0 5 7 】

次に、本実施形態における一連の流れを図 1 0 のフローチャートに沿って説明する。まず、通常観察モードにセットし、内視鏡 1 2 の挿入部 2 1 を検体内に挿入する。挿入部 2 1 の先端部 2 4 が胃に到達したら、萎縮性胃炎が起こっているかどうかを診断する。ここで、通常光画像から、粘膜が退色調になっており、または、樹枝状の深層血管が透見している部位と透見していない部位の境界（内視鏡的腺境界と呼ぶ）を読み取ることができた場合には、ドクターは、萎縮性胃炎により胃癌などの病変が発生している病的所見と判断する（木村・竹本分類による判断手法）。なお、このような胃癌は、ピロリ菌の感染による胃粘膜の萎縮により発生することも分かっている。

20

#### 【 0 0 5 8 】

一方、通常光画像からは、退色調の粘膜、または、内視鏡的腺境界の存在を読み取ることができなかつた場合には、更に確実に診断を行うために、モード切替 SW 2 2 b を操作して、特殊観察モードに切り替える。この特殊観察モードの切り替えにより、青色レーザ光及び青紫色レーザ光の両方を含む特殊光が発光される。この特殊光発光時に得られる R G B 画像信号から、第 1 及び第 2 信号比を算出する。

#### 【 0 0 5 9 】

算出した第 1 及び第 2 信号比のうち、第 1 範囲内の第 1 及び第 2 信号比の平均値を求めるとともに、この第 1 範囲平均値を極座標変換する。また、第 2 ~ 第 5 範囲内の第 1 及び第 2 信号比を極座標変換して、極座標変換済みの第 2 ~ 第 5 範囲信号を得る。そして、極座標変換済みの第 1 範囲平均値と第 2 ~ 第 5 範囲信号との動径差又は偏角差を拡張する。これにより、正常粘膜と異常領域の色の差が強調された色差強調信号（強調第 2 範囲信号、強調第 3 範囲信号、強調第 4 範囲信号、強調第 5 範囲信号）が得られる。この色差強調信号に基づいて、モニタ 1 8 に特殊光画像が表示される。

30

#### 【 0 0 6 0 】

特殊光画像上では、胃の萎縮が全く無い場合には、粘膜は通常通りの色で表示される。この場合には、ドクターは、萎縮性胃炎による胃癌などの病変部の発生は無い正常所見と判断する。これに対して、胃の萎縮が僅かでも進んでいる場合には、萎縮粘膜の色は退色調で表示され、また、深層血管が透見して表示される。これにより、内視鏡的腺境界を明瞭に表示することができる。したがって、実際の胃の中は、萎縮粘膜の色はさほど退色調で表示されておらず、また、深層血管がそれほど透見していない場合であっても、ドクターは、萎縮性胃炎により胃癌などの病変が発生している病的所見と判断することができるようになる。

40

#### 【 0 0 6 1 】

なお、上記実施形態では、特殊観察モードにおいて、粘膜の吸収物質に対して光吸収性が高い青色狭帯域成分（青色レーザ光及び青紫色レーザ光）を含む特殊光を用いているため、青色広帯域成分を含む照明光を用いた場合と比較して、以下示すような理由から、観察領域上の異常領域の中の萎縮粘膜、深層血管領域、B A 領域と正常粘膜領域との色差は、大きくなっている。

50

## 【 0 0 6 2 】

図 1 1 は、上記実施形態のように、青色狭帯域成分（青色レーザ光及び青紫色レーザ光）を含む特殊光を用いた場合の二次元空間上での第 2 ～ 第 5 範囲の位置と、青色広帯域成分（例えば、400～520nm）を含む照明光を用いた場合の二次元空間上での第 1 範囲の位置を示している。この図 1 1 では、第 2 範囲 M n は、青色狭帯域成分を含む特殊光を用いた場合に得られ、萎縮粘膜部分の信号を多く含む範囲を示している。第 2 範囲 M b は、青色広帯域成分を含む照明光を用いた場合に得られ、萎縮粘膜部分の信号を多く含む範囲を示している。

## 【 0 0 6 3 】

また、第 3 範囲 V n、第 4 範囲 X n、第 5 範囲 Y n については、青色狭帯域成分を含む特殊光を用いた場合に得られ、深層血管部分の信号、B A 部分の信号、発赤部分の信号を多く含む範囲をそれぞれ示している。第 3 範囲 V b、第 4 範囲 X b、第 5 範囲 Y b については、青色広帯域成分を含む照明光を用いた場合に得られ、深層血管部分の信号、B A 部分の信号、発赤部分の信号を多く含む範囲をそれぞれ示している。

## 【 0 0 6 4 】

この図 1 1 に示すように、第 2 範囲 M n、第 3 範囲 V n、第 4 範囲 X n については、第 1 範囲との差が大きいのに対して、第 2 範囲 M b、第 3 範囲 V b、第 4 範囲 X b については第 1 範囲と差があまりない。したがって、青色狭帯域成分を含む特殊光を用いることで、第 1 範囲と第 2 ～ 第 4 範囲 M n、V n、X n との差を十分に付けることができる。これに加えて、色差強調部 8 2 での動径差又は偏角差の拡張により、更に第 1 範囲と第 2 ～ 第 4 範囲 M n、V n、X n との差が大きくなる。以上から、青色狭帯域成分を含む特殊光を用いた場合には、青色広帯域成分を含む照明光を用いた場合と比較して、青色狭帯域成分で付けた第 1 範囲と第 2 ～ 第 4 範囲 M n、V n、X n の差の分だけ、正常粘膜と萎縮粘膜領域、深層血管領域、B A との色差は、大きくなっている。

## 【 0 0 6 5 】

これに対して、第 5 範囲 Y n については、第 5 範囲 Y b の場合と比較しても、第 1 範囲との差にほとんど変わりはない。したがって、青色狭帯域成分を含む特殊光又は青色広帯域成分を含む照明光のいずれを用いた場合であっても、正常粘膜と発赤領域との色差はさほど変わらない。

## 【 0 0 6 6 】

以上のように、特殊光に青色狭帯域成分が含まれるか否かによって、正常領域との色差の大きさが異なるのは、主として、血液密度の大きさなど粘膜内の吸収物質の分布密度に依存する要因が大きい。これに関しては、図 1 2 A に示すような、反射濃度と粘膜内の吸光物質（消化器では主としてヘモグロビン）の吸収係数（ヘモグロビンの吸光係数の分布は図 1 2 B を参照）及び分布密度との関係を用いて、説明することができる。なお、反射濃度を  $(-\log(Bch))$ （センサの Bch に入射する光の反射率）とした場合には、その反射濃度の変動により第 1 信号比が変動する。

## 【 0 0 6 7 】

この図 1 2 A によれば、反射濃度は、吸光物質の吸光係数及び分布密度に対して非線形に増加することが分かる。したがって、反射濃度の大きさについては、粘膜内での光吸収や分布密度が強くなるほど、増加する。これに対して、反射濃度の増加量については、光吸収が弱い場合や分布密度が小さい場合には、少し吸収や密度が増えるだけでも反射濃度が大きく増加する一方で、光吸収が強い場合や分布密度が大きい場合には、吸収や密度が増えたとしてもあまり反射濃度は増加しない。

## 【 0 0 6 8 】

そこで、図 1 2 A の反射濃度分布の関係を使って、撮像センサ 4 8 の B c h に、青色レーザ光（445nm）及び青紫色レーザ光（405nm）の混色狭帯域光（以下「狭帯域光445nm+405nm」と表記）の反射光、青紫色レーザ光（405nm）の反射光（以下「狭帯域光405nm」と表記）、青色レーザ光（445nm）の反射光（以下「狭帯域光445nm」と表記）、青色帯域において波長範囲が広帯域（例えば、400～500nm）に及び青色光の反射

10

20

30

40

50

光（以下「広帯域B光」と表記）が入射したときの正常粘膜と異常領域との色差について、それぞれ説明する。

【0069】

B A領域における反射濃度分布においては、図13に示すように、狭帯域光405nmの反射濃度R1が一番高く、それよりも低いのが狭帯域光445nm+405nmの反射濃度R2であり、反射濃度R1、2よりも低いのが狭帯域光445nmの反射濃度R3であり、一番低いのが広帯域B光の反射濃度R4となっている。このような大小関係になるのは、光吸収の強さが「狭帯域光405nm>狭帯域光445nm+405nm>狭帯域光445nm>広帯域B光」の関係性を有するからである（図12B参照）。

【0070】

また、狭帯域光405nm、狭帯域光445nm+405nm、狭帯域光445nmなどの狭帯域B光の反射濃度R1～R3と広帯域B光の反射濃度R4間の差は、比較的大きくなっている。これは、広帯域B光の反射濃度R4が特に低くなっているからである。即ち、狭帯域B光を用いた場合の正常粘膜とB A領域との反射濃度の差は、広帯域B光を用いた場合よりも大きいことが分かる。このように広帯域B光の反射濃度R4が低いのは、図14に示すように、B Aは粘膜中の比較的浅い位置にだけ狭く分布して、光深達経路上における血液密度が比較的低下しているためであり、また、広帯域B光にはヘモグロビンの吸収が弱い500nmの周辺の波長が混ざっているためである。また、狭帯域B光については、波長が異なることによる反射濃度の差（例えば、反射濃度R1と反射濃度R2との差）は、発赤領域の場合と比較すると、比較的大きくなっている。これは、B A領域内での光深達経路上の血液密度が低いため、波長の違いにより光吸収に差が生じると、その差は反射濃度の差に大きく反映されるからである。

【0071】

B A領域では以上のような反射濃度を有しているため、図15に示すように、狭帯域B光を用いたときの第4範囲Xnと第1範囲との第1信号比の差は、広帯域B光を用いたときの第4範囲Xbよりも、大きくなっている。また、狭帯域B光を用いた場合においては、狭帯域光405nmを用いた場合の第4範囲Xn（405nm）と、狭帯域光445nm+405nmを用いた場合の第4範囲Xn（445nm+405nm）と、狭帯域光445nmを用いた場合の第4範囲Xn（445nm）の第1範囲との位置関係をそれぞれ比較すると、より短波長の光を用いた場合のほうが、第1範囲との差は大きくなっていることが分かる。したがって、狭帯域B光を用いることで、第1範囲との差を大きくすることができるため、正常粘膜領域とB A領域との色差をより大きくすることができる。

【0072】

なお、萎縮粘膜領域、深層血管領域についても、B A領域と同様、光深達経路上の血液密度が発赤領域よりも低下している。また、萎縮粘膜領域及び深層血管領域については、B A領域と同様の反射濃度分布を有していることから、B A領域の場合と同様に、より短波長の光を用いることで、第1範囲と第2及び第3範囲の差を大きくすることができる。したがって、狭帯域B光を用いることで、第1範囲との差を大きくすることができるため、萎縮粘膜領域、深層血管領域と正常粘膜領域と色差をより大きくすることができる。

【0073】

これに対して、発赤領域においては、図16に示すように、反射濃度R1～R4の大小関係は、B A領域等と同様であるものの、狭帯域B光の反射濃度R1～R3と広帯域B光の反射濃度R4間の差は、B A領域等の場合と比べると、比較的小さい。これは、広帯域B光の反射濃度R4が、B A領域等の場合と比較して、高くなっているからである。このように広帯域B光の反射濃度R4が比較的高いのは、図17に示すように、発赤が粘膜中の浅い位置から深い位置に至るまで広く分布して、光深達経路上の血液密度が比較的高くなっているためである。

【0074】

また、狭帯域B光については、波長が異なることによる反射濃度の差（例えば、反射濃度R1と反射濃度R2との差）は、B A領域の場合と比較して、あまり大きくない。これ

10

20

30

40

50

は、発赤領域内での光深達経路上の血液密度がB A領域等と比較して高いため、波長の違いにより光吸収に差が生じても、その差は反射濃度の差にあまり反映されないからである。

【0075】

発赤領域では以上のような反射濃度を有しているため、図18に示すように、狭帯域B光を用いた場合の第5範囲Ynと第1範囲の差は、広帯域B光を用いた場合の発赤領域Ybと比較しても、あまり変わりが無い。また、狭帯域B光を用いた場合については、狭帯域光405nmを用いた場合の第5範囲Yn(405nm)と、狭帯域光445nm+405nmを用いた場合の第5範囲Yn(445nm+405nm)と、狭帯域光445nmを用いた場合の第5範囲Yn(445nm)の第1範囲との位置関係をそれぞれ比較してみても、第1範囲と第5範囲との差はそれほど無い。したがって、狭帯域B光を用いたとしても、第1範囲との差があまり大きくならないため、正常粘膜領域と発赤領域との色差をそれほど大きくすることはできない。

10

【0076】

ただし、発赤領域の中でも、高度の発赤や出血のような高血液密度領域ではなく、軽度の発赤領域(軽度発赤領域)であれば、狭帯域B光を用いた場合における正常粘膜領域と軽度発赤領域の反射濃度の差は、広帯域B光を用いた場合よりも、大きくなる。したがって、狭帯域B光の使用により、正常領域と軽度の発赤領域の色差を大きくすることができる。

【0077】

なお、上記では、撮像センサ48のBchに入射するB光を狭帯域化したときの第1信号比の変化(波長を狭帯域化すると、二次元空間上で第2~第5範囲の位置が縦軸方向にシフトする)について説明したが、撮像センサ48のGchに入射するG光を狭帯域化させた場合についても、上記と同様の理由で説明することができる。即ち、狭帯域のG光(血液に対する光吸収が高い波長をもつG光)を用いた場合には、広帯域のG光を用いた場合よりも、第1範囲と第2範囲の差が大きくなる(波長を狭帯域化すると、二次元空間上で第2~第5範囲が横軸方向にシフトする)。

20

【0078】

なお、上記では、撮像センサ48のBchに入射するB光と撮像センサ48のGchに入射するG光のいずれか一方を狭帯域化した但、両方の光を狭帯域化してもよい。この場合には、波長の狭帯域化により、二次元空間上で第2~第5範囲が縦軸方向と横軸方向にシフトする。ただし、縦軸方向のシフト量は、撮像センサ48のBchに入射するB光のみを狭帯域化した場合に比べて、小さくなる。これは、B光とG光の狭帯域化によりBch、Gchの吸収係数が共に増加するので、Bch、Gchの反射濃度の差は、Bchのみ狭帯域化した場合に比べて小さくなるためである。

30

【0079】

上記実施形態では、第1及び第2信号比を極座標変換するとともに、極座標変換済みの第1範囲平均値と第2~第5範囲内の信号値との動径差又は偏角差を拡張することにより、正常粘膜領域と異常領域の色の差を強調したが、これに限らず、その他の座標変換方法と色差強調方法を用いて、正常粘膜領域と異常領域の色の差を強調してもよい。なお、上記実施形態のような、極座標上で動径差又は偏角差を拡張する色差強調方法を用いて得られる強調画像は、正常粘膜領域の色が通常光画像の色と同じであるため、違和感がない。また、強調画像上における萎縮粘膜領域及び深層血管領域の色は、萎縮性胃炎時が生じた時の粘膜の色や血管透見したときの色と同じであるため、現在行っている萎縮性胃炎診断(例えばABC検診)と同様の方法で、診断を行うことができる。

40

【0080】

なお、上記実施形態では、正常粘膜領域と異常領域の色差強調に、第1範囲平均値を用いたが、これに代えて、画像信号全体の画素値平均値を用いてもよい。この場合には、画像毎に萎縮粘膜や深層血管の色が変動するおそれがあるものの、画像上の各領域の分布に合わせて正常粘膜領域と異常領域の色の僅かな差を拡張できるというメリットがある。

【0081】

50

なお、上記実施形態では、第1及び第2信号比を極座標変換し、その極座標変換済みの信号に対して動径差又は偏角差を拡張する拡張処理を行ったが、これら極座標変換処理や拡張処理を事前に行っておいて、処理結果を色差強調用LUTに記憶しておいてもよい。この場合には、第2～第5範囲に属すると考えられる第1及び第2信号比について、上記式(1)～(6)を用いて予め計算しておく。そして、第2～第5範囲の第1及び第2信号比と、それら信号比を用いて計算したときの計算結果とを色差強調用LUTに対応付けて記憶しておく。また、第1範囲に属すると考えられる第1及び第2信号比については、それら信号比と同じ値を色差強調用LUTに対応付けて記憶しておく。このような色差強調用LUTを用いることで、極座標変換処理や拡張処理を行うことなく、異常領域の色差強調を行うことができるため、処理負荷を軽減することができる。

10

#### 【0082】

なお、上記実施形態では、色差強調部82で、異常領域と正常領域との色差を強調する色差強調処理を行ったが、粘膜の吸収物質に対して光吸収性が高い青色狭帯域成分(青色レーザー光及び青紫色レーザー光)を含む特殊光を用いることで、色差強調部82で色差強調処理を行わなくとも、正常粘膜領域と異常領域(萎縮粘膜領域、深層血管領域、BA領域、発赤領域)の色差を強調表示することができる。また、同様にして、粘膜の吸収物質に対して光吸収性が高い緑色狭帯域成分(例えば、540～560nmの波長成分)を含む光を用いることで、色差強調部82で色差強調処理を行わなくとも、正常粘膜領域と異常領域(萎縮粘膜領域、深層血管領域、BA領域、発赤領域)の色差を強調表示することができる。

20

#### 【0083】

なお、上記第1実施形態では、蛍光体44を内視鏡12の先端部24に設けたが、これに代えて、蛍光体44を光源装置14内に設けてもよい。この場合には、ライトガイド41と青色レーザー光源34との間に、蛍光体44を設けることが好ましい。

#### 【0084】

##### [第2実施形態]

上記第1実施形態では、カラーの撮像センサでRGB画像信号を同時に取得しているが、第2実施形態では、モノクロの撮像センサでRGB画像信号を順次取得する。図19に示すように、第2実施形態の内視鏡システム200の光源装置14には、青色レーザー光源34、青紫色レーザー光源36、光源制御部40の代わりに、広帯域光源202、回転フィルタ204、フィルタ切替部205が設けられている。また、内視鏡12の照明光学系24aには、蛍光体44が設けられていない。また、撮像光学系24bには、カラーの撮像センサ48の代わりに、カラーフィルタが設けられていないモノクロの撮像センサ206が設けられている。それ以外については、第1実施形態の内視鏡システム10と同様である。

30

#### 【0085】

広帯域光源202はキセノンランプ、白色LEDなどであり、波長域が青色から赤色に及び白色光を発する。回転フィルタ204は、内側に設けられた通常観察モード用フィルタ208と、外側に設けられた特殊観察モード用フィルタ209とを備えている(図20参照)。フィルタ切替部205は、回転フィルタ204を径方向に移動させるものであり、モード切替SW22bにより通常観察モードにセットされたときに、回転フィルタ204の通常観察モード用フィルタ208を白色光の光路に挿入し、特殊観察モードにセットされたときに、回転フィルタ204の特殊観察モード用フィルタ209を白色光の光路に挿入する。

40

#### 【0086】

図20に示すように、通常観察モード用フィルタ208には、周方向に沿って、白色光のうち青色光を透過させるBフィルタ208a、白色光のうち緑色光を透過させるGフィルタ208b、白色光のうち赤色光を透過させるRフィルタ208cが設けられている。したがって、通常観察モード時には、回転フィルタ204が回転することで、青色光、緑色光、赤色光が交互に検体内に照射される。

50

## 【 0 0 8 7 】

特殊観察モード用フィルタ 2 0 9 には、周方向に沿って、白色光のうち中心波長 4 1 5 nm の青色狭帯域光を透過させる B n フィルタ 2 0 9 a と、白色光のうち緑色光を透過させる G フィルタ 2 0 9 b 、白色光のうち赤色光を透過させる R フィルタ 2 0 9 c が設けられている。したがって、特殊観察モード時には、回転フィルタ 2 0 4 が回転することで、青色狭帯域光、緑色光、赤色光が交互に検体内に照射される。

## 【 0 0 8 8 】

内視鏡システム 2 0 0 では、通常観察モード時には、青色光、緑色光、赤色光が検体内に照射される毎にモノクロの撮像センサ 2 0 6 で検体内を撮像する。これにより、R G B の 3 色の画像信号が得られる。そして、それら R G B の画像信号に基づいて、上記第 1 実施形態と同様の方法で、通常光画像が生成される。

10

## 【 0 0 8 9 】

一方、特殊観察モード時には、青色狭帯域光、緑色光、赤色光が検体内に照射される毎にモノクロの撮像センサ 2 0 6 で検体内を撮像する。これにより、B n 画像信号と、G 画像信号、R 画像信号が得られる。これら B n 画像信号と、G 画像信号、R 画像信号に基づいて、特殊光画像の生成が行われる。特殊光画像の生成には、B 画像信号の代わりに、B n 画像信号が用いられる。それ以外については、第 1 実施形態と同様の方法で特殊光画像の生成が行われる。

## 【 0 0 9 0 】

## [ 第 3 実施形態 ]

第 1 実施形態の内視鏡システム 1 0 では、特殊光画像の作成に、青色レーザー光及び青色レーザー光の狭帯域波長情報が含まれる狭帯域信号である B 画像信号を用い、第 2 実施形態の内視鏡システム 2 0 0 では、特殊光画像の作成に、青色狭帯域光の狭帯域波長情報が含まれる狭帯域信号である B n 画像信号を用いているが、第 3 実施形態では、白色画像などの広帯域画像に基づく分光演算により青色狭帯域画像信号を生成し、この青色狭帯域画像を用いて特殊光画像を生成する。

20

## 【 0 0 9 1 】

この第 3 実施形態では、同時式の内視鏡システム 1 0 の特殊観察モード時において、特殊光の代わりに、広帯域光である白色光を照明する。そして、図 2 1 に示すように、受信部 5 4 と逆ガンマ変換部 7 6 との間に設けた分光演算部 3 0 0 において、白色光の発光・撮像により得られる R G B 画像信号に基づく分光演算処理を行う。これにより、青色狭帯域画像信号が生成される。分光演算の方法は、特開 2003-093336 号公報に記載の方法を用いる。この分光演算部 3 0 0 で生成された青色狭帯域画像信号と、G 画像信号、R 画像信号に基づいて、上記第 1 実施形態と同様の手順で、特殊光画像を生成する。なお、白色光としては、蛍光体 4 4 により得られる白色光の他、キセノンランプなどの広帯域光源から発せられる広帯域光を用いてもよい。

30

## 【 0 0 9 2 】

なお、上記実施形態では、萎縮性胃炎により、粘膜が退色調になる例と萎縮粘膜下の深層血管が透見する例とを示したが、その他の部位の病変（例えば、食道の病変や大腸の病変など）によって、粘膜が退色調になる場合も存在する。本発明は、このような萎縮粘膜以外の退色調粘膜に対しても、正常領域との色差を強調することが可能である。また、本発明は、萎縮粘膜以外の退色調粘膜下の深層血管の透見についても、強調表示することが可能である。

40

## 【 0 0 9 3 】

なお、上記実施形態で示した第 1 ~ 第 4 拡張処理は、萎縮粘膜、深層血管、B A、発赤などの異常領域と正常粘膜との差を大きくする一方で、正常粘膜の色は変化させない。即ち、上記実施形態によれば、第 1 ~ 第 4 拡張処理の前後で、正常粘膜の色を維持した画像を表示することができる。

## 【 0 0 9 4 】

以上のように、正常粘膜の色を維持した画像を表示するためには、第 1 ~ 第 4 拡張処理

50

を以下のような処理で行う必要がある。例えば、第1拡張処理、第3拡張処理、第4拡張処理のように動径を拡張する処理においては、図22Aに示すように、第1範囲を「 $r_m - r_1$ 」から「 $r_m + r_2$ 」と定義した場合、図23に示すように、第1範囲内の動径 $r$ を、動径 $r$ と大きさが変わらない動径 $E_r$ に変換する（恒等変換）（例えば、動径 $r$ が $r_m$ の場合には、動径 $E_r$ は $r_m$ となる）。このように、第1範囲内の動径 $r$ を恒等変換することで、第1、3、4拡張処理を行ったとしても、画像上で正常粘膜の色を維持することができる。

#### 【0095】

これに対して、図22Aに示すように、第1範囲平均値 $r_m$ よりも小さい第2範囲の動径 $r_i$ については、図23に示すように、動径 $r_i$ よりも小さい動径 $E_{r_i}$ に変換する。また、図22Bに示すように、大部分が第1範囲平均値 $r_m$ よりも大きい第4、第5範囲の動径 $r_k$ 、 $r_j$ については、動径 $r_k$ 、 $r_j$ を、それら動径 $r_k$ 、 $r_j$ よりも大きい動径 $E_{r_k}$ 、 $E_{r_j}$ に変換する。なお、図23は、第1～第5範囲を含む一定範囲の偏角における動径 $r$ と動径 $E_r$ との対応関係を示しているが、偏角毎に異なる対応関係に設定してもよい。

#### 【0096】

また、第2拡張処理、第3拡張処理、第4拡張処理のように偏角を拡張する処理においては、図24Aに示すように、第1範囲を「 $m - 1$ 」から「 $m + 2$ 」と定義した場合、図25に示すように、第1範囲内の偏角 $\theta$ を、偏角 $\theta$ と大きさが変わらない偏角 $E_\theta$ に変換する（恒等変換）（例えば、偏角 $\theta$ が $m$ の場合には、偏角 $E_\theta$ は $m$ となる）。このように、第1範囲内の偏角 $\theta$ を恒等変換することで、第2、3、4拡張処理を行ったとしても、画像上で正常粘膜の色を維持することができる。

#### 【0097】

これに対して、図24Aに示すように、第1範囲平均値 $m$ よりも小さい第3範囲の偏角 $\nu$ については、図25に示すように、偏角 $\nu$ よりも小さい偏角 $E_\nu$ に変換する。また、図24Bに示すように、大部分が第1範囲平均値 $m$ よりも大きい第4範囲の偏角 $k$ については、図25に示すように、偏角 $k$ よりも大きい偏角 $E_k$ に変換する。また、図24Bに示すように、大部分が第1範囲平均値 $m$ よりも小さい第5範囲の偏角 $j$ については、図25に示すように、偏角 $j$ よりも小さい偏角 $E_j$ に変換する。なお、図25では、「 $m$ 」は $0^\circ$ から $90^\circ$ の範囲で定義される角度である。したがって、「 $m - 90$ 」は負の角度であり、「 $m + 90$ 」は正の角度である。そのため、横軸は右側に位置するほど角度が大きく、また、縦軸は上側に位置するほど角度が大きい。

#### 【0098】

なお、上記実施形態では、本発明の実施を内視鏡の診断中に行ったが、これに限らず、内視鏡診断後、内視鏡システムの記録部に記録しておいた内視鏡画像に基づいて、本発明の実施を行ってもよく、また、カプセル内視鏡で取得したカプセル内視鏡画像に基づいて、本発明の実施を行ってもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0099】

10、200 内視鏡システム  
 18 モニタ（表示部）  
 48、206 撮像センサ  
 80 信号比算出部  
 82 色差強調部  
 82a 平均値算出部

#### 【要約】

萎縮性胃炎による胃の萎縮時に起こり得る粘膜等の色の变化を強調することができる画像処理装置及び内視鏡システムの作動方法を提供する。

B画像信号とG画像信号間の第1信号比（ $-\log(B/G)$ ）を算出し、G画像信号とR画像信号間の第2信号比（ $-\log(G/R)$ ）を算出する。第1範囲内の第1及び第2信号比と、第

10

20

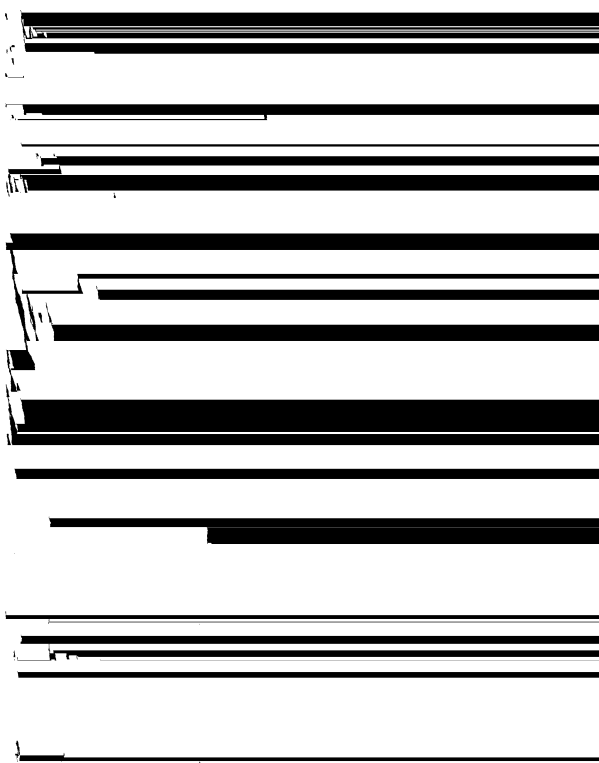
30

40

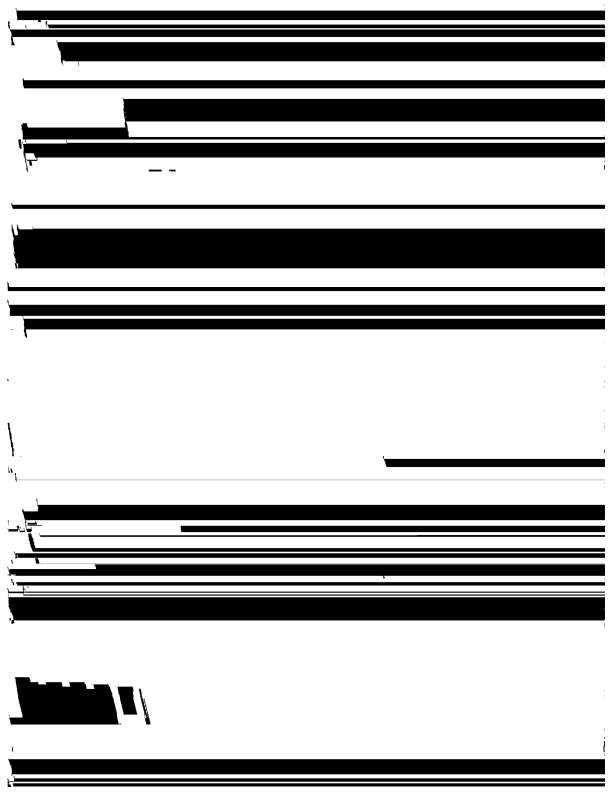
50

2 範囲内の第 1 及び第 2 信号比との差を拡大して、正常粘膜と異常領域（萎縮粘膜領域、深層血管領域）との色差を強調する処理を行う。色差強調後の画像はモニタに表示される。

【図 1】



【図 2】



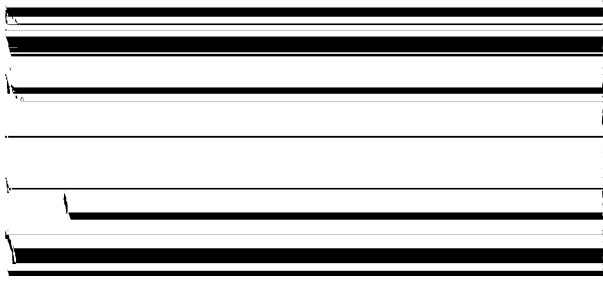
【 3 A】



【 3 B】



【 5】



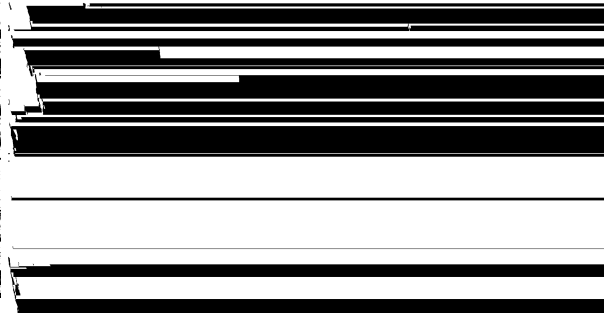
【 6】



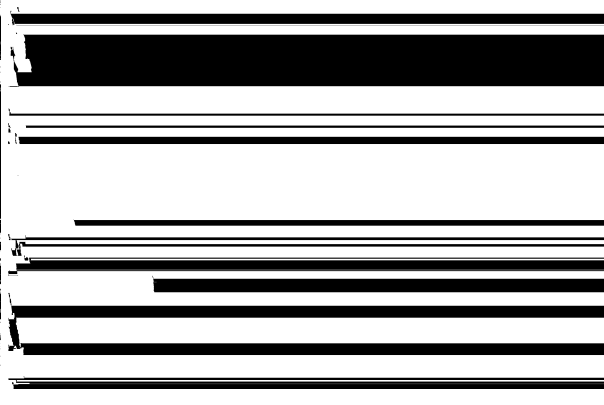
【 4】



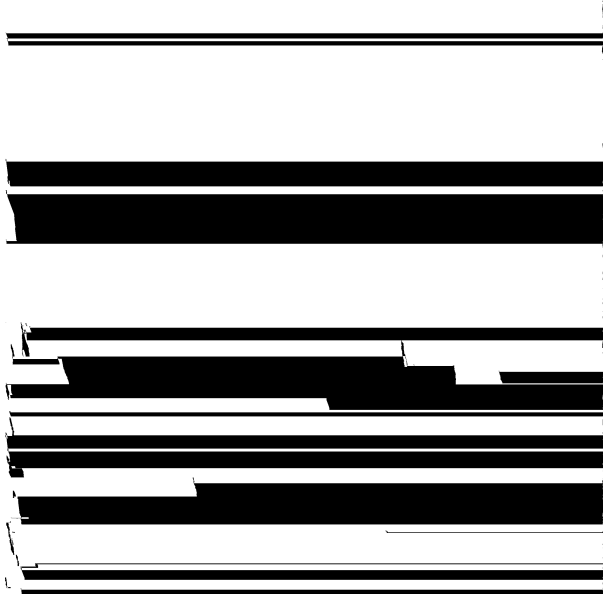
【 7】



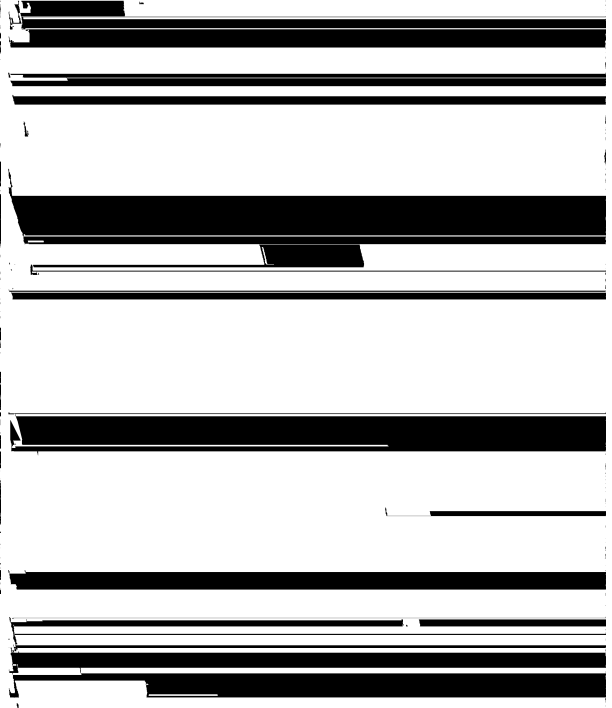
【 8】



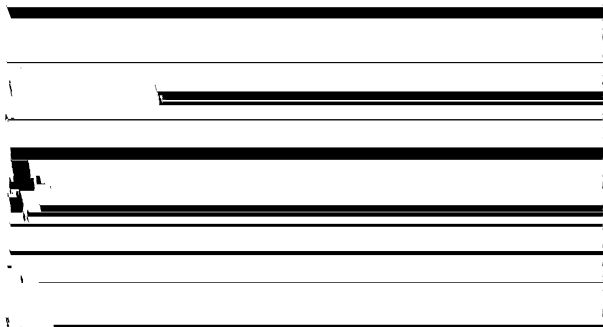
【 9】



【 10】



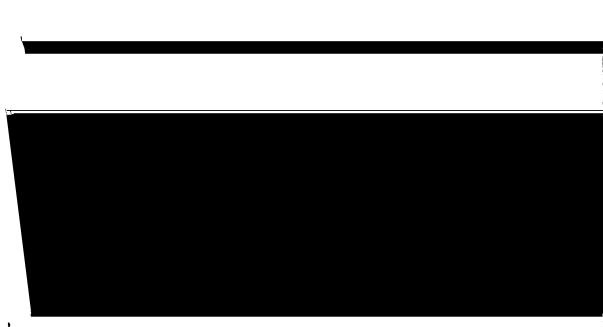
【 11】



【 12 B】



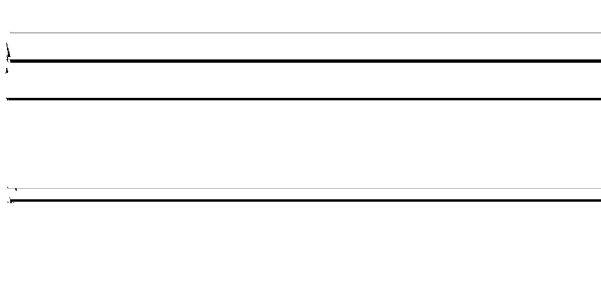
【 12 A】



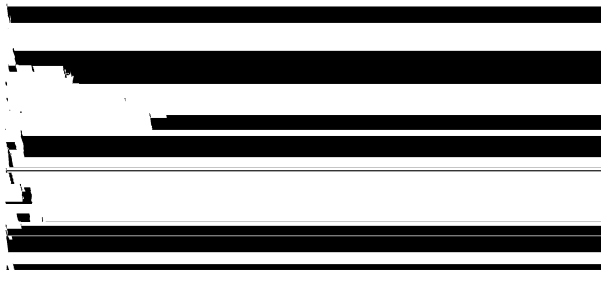
【 13】



【 14】



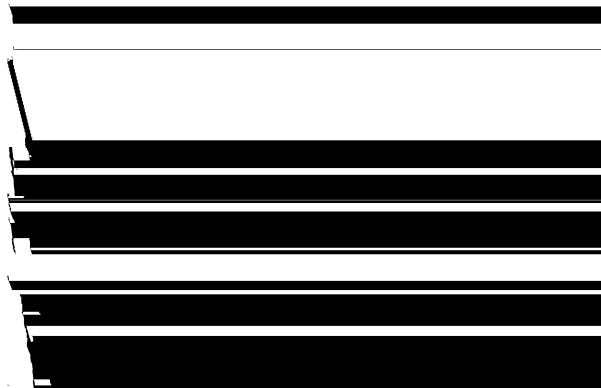
【 15】



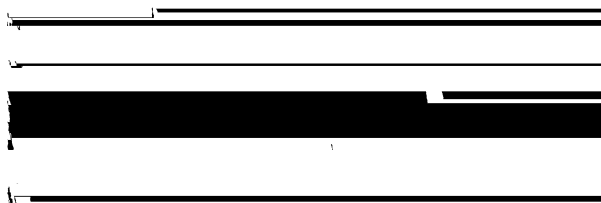
【 18】



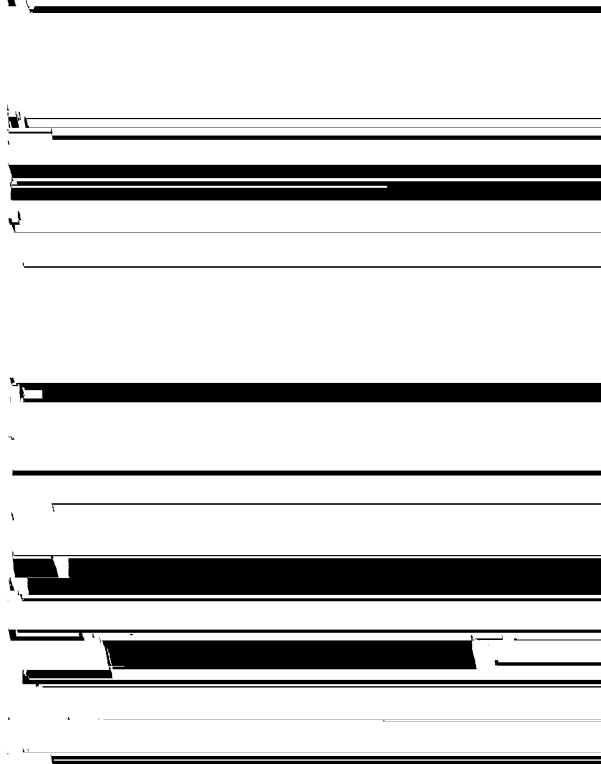
【 16】



【 17】



【 19】



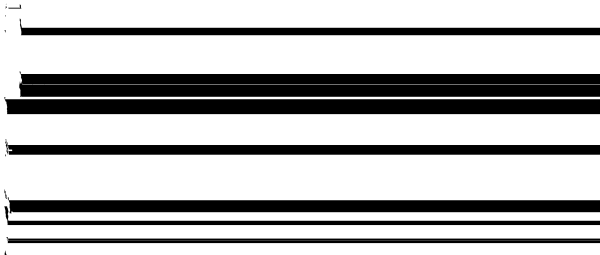
【 20】



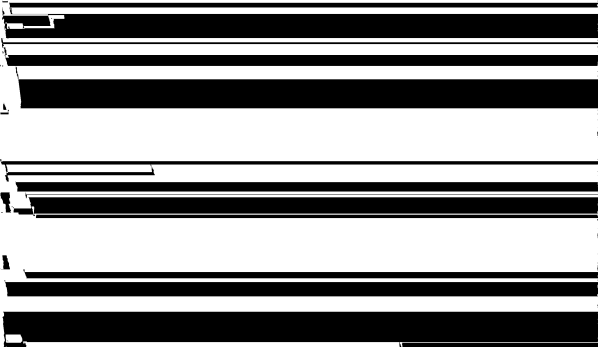
【 22 A】



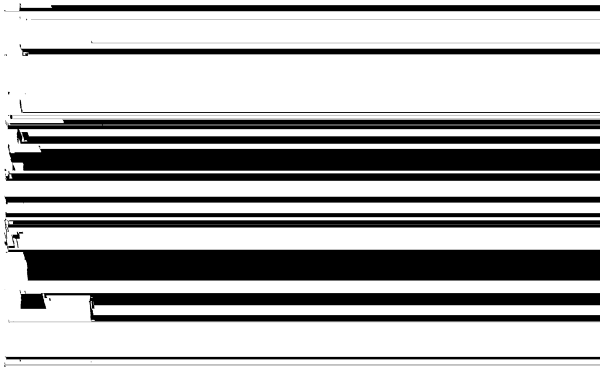
【 21】



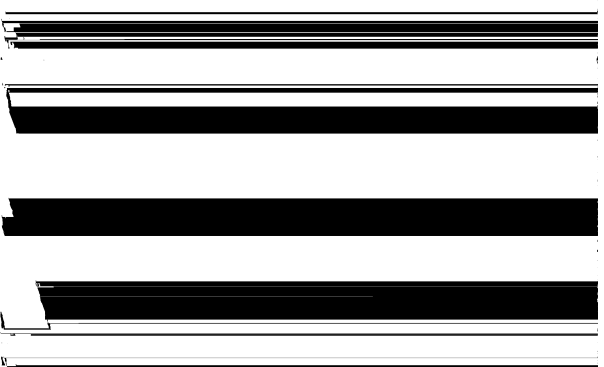
【 22 B】



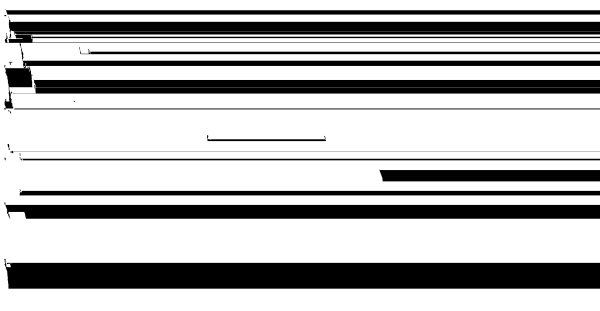
【 23】



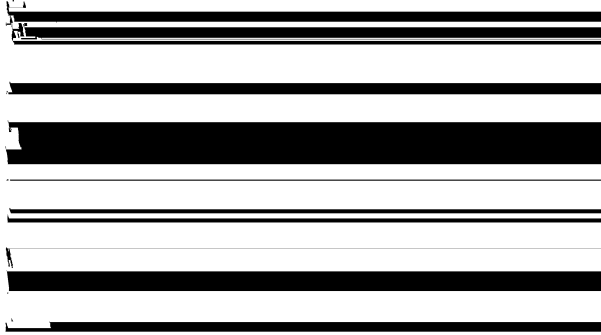
【 24 B】



【 24 A】



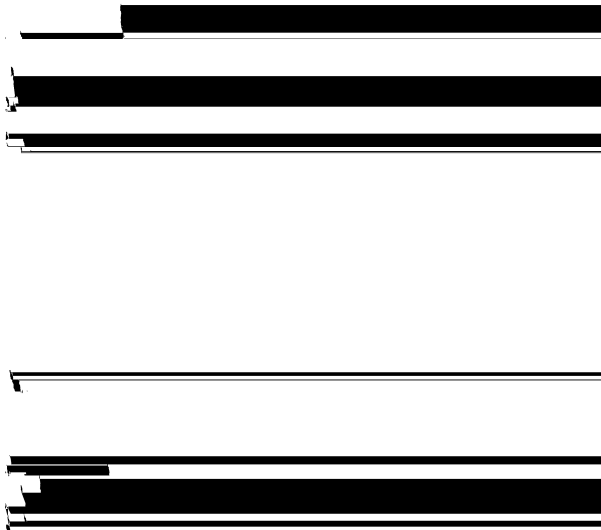
【 25】



【 26】



【 27】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 6 1 B      1 / 0 4

专利名称(译)	图像处理设备和操作内窥镜系统的方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP5647752B1</a>	公开(公告)日	2015-01-07
申请号	JP2014538551	申请日	2014-03-20
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	千敏景		
发明人	千 敏景		
IPC分类号	A61B1/04		
CPC分类号	A61B1/00009 A61B1/00045 A61B1/045 A61B1/2736 A61B5/0084 A61B5/1032 A61B5/489 G06T5/009 G06T2207/10024 G06T2207/10068 G06T2207/30092		
FI分类号	A61B1/04.370		
代理人(译)	小林和典		
优先权	2013066284 2013-03-27 JP 2013201274 2013-09-27 JP		
其他公开文献	JPWO2014156938A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

( EN ) 提供了一种内窥镜系统的图像处理装置和操作方法，该图像处理装置和内窥镜系统的操作方法能够强调由于萎缩性胃炎而在胃萎缩时可能发生的粘膜等的颜色变化。计算B图像信号与G图像信号之间的第一信号比率 (  $-\log ( B / G )$  ) ，并计算G图像信号与R图像信号之间的第二信号比率 (  $-\log ( G / R )$  ) 要做。在正常粘膜和异常区域 ( 萎缩性粘膜区域，深血管区域 ) 之间，第一范围内的第一和第二信号比率增大，第二范围内的第一和第二信号比率之间的差异增大 进行强调色差的处理。色差增强后的图像显示在显示屏上。