

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5305850号  
(P5305850)

(45) 発行日 平成25年10月2日 (2013. 10. 2)

(24) 登録日 平成25年7月5日 (2013. 7. 5)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 1/04 (2006. 01)

A 6 1 B 1/04 3 7 0

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 3 2 0 B

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-292096 (P2008-292096)  
(22) 出願日 平成20年11月14日 (2008. 11. 14)  
(65) 公開番号 特開2010-115413 (P2010-115413A)  
(43) 公開日 平成22年5月27日 (2010. 5. 27)  
審査請求日 平成23年11月14日 (2011. 11. 14)

(73) 特許権者 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 100089118  
弁理士 酒井 宏明  
(72) 発明者 神田 大和  
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

審査官 大塚 裕一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の画像の少なくとも一部の画像の画素毎または領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出部と、

前記画素毎または領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示す色特徴量のデータおよび内容物を示す色特徴量のデータを推定するデータ群推定部と、

前記推定された色特徴量のデータをもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定部と、

を備え、

前記データ群推定部は、前記色特徴量のデータをクラスタに分類するクラスタリング部を備え、前記クラスタの中から、データの数が最多となるクラスタを前記粘膜を示す色特徴量のデータであると推定するとともに、色特徴空間においてデータの数が最多となるクラスタとの相対位置が所定範囲に存在するクラスタを前記内容物を示す色特徴量のデータであると推定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記一連の画像の中から複数の画像を選択する画像選択部を備え、

前記特徴量算出部は、前記選択された複数の画像の画素毎または領域毎の色特徴量を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記設定された粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を用いて前記一連の画像を構成す

10

20

る画像のうち少なくとも一部の画像の粘膜領域を判別する粘膜領域判別部を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記判別境界設定部は、前記データ群推定部によって推定された色特徴量のデータの色特徴空間におけるヒストグラムの双峰性を判定する双峰性判定部を備え、前記双峰性判定部による判定結果に応じて、前記粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記判別境界設定部は、前記双峰性判定部によって前記ヒストグラムの双峰性が高いと判定された場合に、前記ヒストグラムの谷の位置を前記粘膜と内容物との色特徴量の判別境界として設定することを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 6】

前記判別境界設定部は、前記双峰性判定部によって前記ヒストグラムの双峰性が低いと判定された場合に、前記ヒストグラムの代表値と該代表値に対する色特徴量のデータのばらつき情報とをもとに前記粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定することを特徴とする請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記データ群推定部は、前記粘膜を示す色特徴量のデータとして、腸粘膜を示す色特徴量のデータを推定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

20

前記画像選択部は、前記一連の画像のうち、前記消化管内を移動する撮像機が胃を通過する平均通過時間以後に撮像された画像の中から前記複数の画像を選択することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記画像選択部は、前記一連の画像のうち、前記消化管内を移動する撮像機が小腸を通過する平均通過時間以前に撮像された画像の中から前記複数の画像を選択することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記色特徴量は、色相であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

30

前記特徴量算出部は、前記一連の画像を構成する各画像を領域に分割する領域分割部を備え、前記領域分割部によって分割された領域毎の色特徴量を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記データ群推定部は、前記粘膜を示す色特徴量のデータのクラスタに対して黄系の色相方向に隣接するクラスタを、前記内容物を示す色特徴量のデータであると推定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

コンピュータに、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の画像を処理させるための画像処理プログラムであって、

40

前記一連の画像の少なくとも一部の画像の画素毎または領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出ステップと、

前記画素毎または領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示す色特徴量のデータおよび内容物を示す色特徴量のデータを推定するデータ群推定ステップと、

前記推定された色特徴量のデータをもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定ステップと、

を前記コンピュータに実行させ、

前記データ群推定ステップは、前記色特徴量のデータをクラスタに分類し、前記クラスタの中から、データの数が多いクラスタを前記粘膜を示す色特徴量のデータであると推定するとともに、色特徴空間においてデータの数が多いクラスタとの相対位置

50

が所定範囲に存在するクラスタを前記内容物を示す色特徴量のデータであると推定することを特徴とする画像処理プログラム。

【請求項 14】

消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の画像を処理する画像処理方法であって、

前記一連の画像の少なくとも一部の画像の画素毎または領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出工程と、

前記画素毎または領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示す色特徴量のデータおよび内容物を示す色特徴量のデータを推定するデータ群推定工程と、

前記推定された色特徴量のデータをもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定工程と、

を含み、

前記データ群推定工程は、前記色特徴量のデータをクラスタに分類し、前記クラスタの中から、データの数が多いとなるクラスタを前記粘膜を示す色特徴量のデータであると推定するとともに、色特徴空間においてデータの数が多いとなるクラスタとの相対位置が所定範囲に存在するクラスタを前記内容物を示す色特徴量のデータであると推定することを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の消化管内画像を処理する画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、消化管内の検査のため、カプセル内視鏡のように、一連の消化管内画像を撮像可能な消化管内通過型の撮像機が開発されている。カプセル内視鏡は、口から飲み込まれた後、消化管内を蠕動運動等により運ばれながら所定の撮像レートで順次画像を撮像して体外受信機に送信し、最終的に体外に排出される。撮像される一連の消化管内画像の枚数は、撮像レート（約 2 ~ 4 frame/sec）× カプセル内視鏡の体内滞在時間（約 8 hours = 8 × 60 × 60 sec）で概ね示され、数万枚以上になる。医師は、これら体外受信機に記録された大量の画像を診断用のワークステーション等で確認するために、多くの時間を費やしている。このため、医師による画像の確認作業を効率化するための技術が強く望まれている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、カプセル内視鏡によって撮像される大量の消化管内画像から、粘膜が殆ど映らない観察不要な画像等を除外するために、画像内の粘膜領域や、便等の内容物が映る領域を判別する方法が示されている。具体的には、画像内の各画素を、その色情報に基づく特徴空間（ $\text{atan}(g/r)$ 、 $\text{atan}(b/r)$  等）に写像する。そして、予め求めておいた粘膜領域や内容物の領域に属する画素（教師データ）の特徴空間内での分布範囲と比較することによって、画像内の各画素がどの領域の範囲に属する画素か判別し、粘膜領域等を判別している。

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 122502 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 では、事前に用意した教師データの色情報を用いて粘膜領域を判別している。ところで、消化管内画像のように、撮像対象が生体である場合、被検者の個人差によって対象の色情報は大きく変動する。例えば、粘膜や内容物の色は、それぞれ血液や胆汁の吸光特性に基づいており、粘膜は内容物より赤系の色、内容物は粘膜より黄系の色となる

10

20

30

40

50

が、双方を判別するための境界は、被検者によって大きく異なる。また、撮像機に製造ばらつき等がある場合、この色変動は更に大きなものとなる。このため、事前に用意した教師データによる基準を用いて粘膜領域の判別を行う従来の方法では、様々な被検者の消化管内画像から安定的に粘膜領域を判別することが難しいという問題があった。

【0006】

本発明は、上記に鑑み為されたものであって、様々な被検者の消化管内画像に対して安定的に粘膜領域を判別することができる画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理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】

【0007】

上記した課題を解決し、目的を達成するための、本発明のある態様にかかる画像処理装置は、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の消化管内画像を処理する画像処理装置であって、前記一連の消化管内画像を構成する各画像の中から複数の画像を選択する画像選択部と、前記選択された各画像内の画素毎または小領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出部と、前記画素毎または小領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示すデータ群および内容物を示すデータ群を推定するデータ群推定部と、前記推定されたデータ群をもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定部と、前記設定された粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を用いて前記一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別する粘膜領域判別部と、を備えることを特徴とする。

【0008】

この態様にかかる画像処理装置によれば、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の消化管内画像の中から複数の画像を選択し、選択した各画像内の画素毎または小領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜および内容物を示すデータ群を推定することができる。そして、推定したデータ群をもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を適応的に設定し、この判別境界を用いて一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別することができる。したがって、様々な被検者の消化管内を撮像した一連の消化管内画像に対して、安定的に粘膜領域を判別することができる。

【0009】

また、本発明の別の態様にかかる画像処理プログラムは、コンピュータに、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の消化管内画像を処理させるための画像処理プログラムであって、前記一連の消化管内画像を構成する各画像の中から複数の画像を選択する画像選択ステップと、前記選択された各画像内の画素毎または小領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出ステップと、前記画素毎または小領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示すデータ群および内容物を示すデータ群を推定するデータ群推定ステップと、前記推定されたデータ群をもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定ステップと、前記設定された粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を用いて前記一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別する粘膜領域判別ステップと、を前記コンピュータに実行させることを特徴とする。

【0010】

また、本発明の別の態様にかかる画像処理方法は、消化管内を移動する撮像機によって撮像された一連の消化管内画像を処理する画像処理方法であって、前記一連の消化管内画像を構成する各画像の中から複数の画像を選択する画像選択工程と、前記選択された各画像内の画素毎または小領域毎の色特徴量を算出する特徴量算出工程と、前記画素毎または小領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、粘膜を示すデータ群および内容物を示すデータ群を推定するデータ群推定工程と、前記推定されたデータ群をもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する判別境界設定工程と、前記設定された粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を用いて前記一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別する粘膜領域判別工程と、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、様々な被検者の消化管内を撮像した一連の消化管内画像に対して、安定的に粘膜領域を判別することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照し、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態では、撮像機の一例として消化管内を移動するカプセル内視鏡を用い、このカプセル内視鏡が被検者の消化管内を移動しながら連続的に撮像した一連の消化管内画像を処理する画像処理装置について説明する。なお、この実施の形態によって本発明が限定されるものではない。また、各図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

【0013】

10

(実施の形態)

図1は、本実施の形態の画像処理装置を含む画像処理システムの全体構成を示す概略模式図である。図1に示すように、画像処理システムは、被検者1内部の画像(消化管内画像)を撮像するカプセル内視鏡3、カプセル内視鏡3から無線送信される消化管内画像を受信する受信装置5、受信装置5によって受信された消化管内画像をもとに、カプセル内視鏡3によって撮像された消化管内画像を処理して表示する画像処理装置10等で構成される。受信装置5と画像処理装置10との間の画像データの受け渡しには、例えば可搬型の記録媒体(可搬型記録媒体)7が使用される。

【0014】

カプセル内視鏡3は、撮像機能や無線機能等を具備するものであって、被検者1の口から飲み込まれて被検者1内部に導入され、消化管内を移動しながら逐次消化管内画像を撮像する。そして、撮像した消化管内画像を体外に無線送信する。

20

【0015】

受信装置5は、被検者1内におけるカプセル内視鏡3の通過経路に対応する体表上の位置に分散配置される受信用アンテナA1～Anを備える。そして、受信装置5は、各受信用アンテナA1～Anを介してカプセル内視鏡3から無線送信される画像データを受信する。この受信装置5は、可搬型記録媒体7の着脱が自在に構成されており、受信した画像データを可搬型記録媒体7に逐次保存する。このようにして、カプセル内視鏡3が被検者1内部を撮像した一連の消化管内画像は、受信装置5によって時系列順に可搬型記録媒体7に蓄積され、保存される。

30

【0016】

画像処理装置10は、カプセル内視鏡3によって撮像された一連の消化管内画像を医師等が観察・診断するためのものであり、ワークステーションやパソコン等の汎用コンピュータで実現される。この画像処理装置10は、可搬型記録媒体7の着脱が自在に構成されており、可搬型記録媒体7に保存された一連の消化管内画像を処理し、例えばLCDやELディスプレイ等のディスプレイに時系列順に順次表示する。

【0017】

図2は、カプセル内視鏡3によって撮像され、画像処理装置10によって処理される1枚の消化管内画像の一例を示す模式図である。一連の消化管内画像を構成する各画像には、粘膜31を主として、時に内容物33や泡35、病変37等が映る。実施の形態の画像処理装置10は、一連の消化管画像を処理して各画像内の粘膜が映る領域(以下、「粘膜領域」と呼ぶ。)を判別する。なお、カプセル内視鏡3によって撮像される消化管内画像は、通常、各画素位置においてR(赤)、G(緑)、B(青)の各色成分に対する画素レベル(画素値)を持つカラー画像である。

40

【0018】

図3は、実施の形態の画像処理装置10の機能構成を説明するブロック図である。本実施の形態では、画像処理装置10は、画像取得部11と、入力部12と、表示部13と、記憶部14と、演算部15と、装置各部を制御する制御部21とを備える。

【0019】

画像取得部11は、カプセル内視鏡3によって撮像されて受信装置5によって可搬型記

50

録媒体 7 に保存された一連の消化管内画像を取得するものであり、例えば、可搬型記録媒体 7 を着脱自在に装着し、装着した可搬型記録媒体 7 に蓄積された消化管内画像の画像データを読み出して取得する。この画像取得部 11 は、例えば、可搬型記録媒体 7 の種類に応じた読み書き装置によって実現される。なお、カプセル内視鏡 3 によって撮像された一連の消化管内画像の取得は、可搬型記録媒体 7 を用いた構成に限定されるものではなく、例えば、画像取得部 11 の代わりにハードディスクを備える構成とし、ハードディスク内にカプセル内視鏡 3 によって撮像された一連の消化管内画像を予め保存しておく構成としてもよい。あるいは、可搬型記録媒体 7 の代わりに別途サーバを設置し、このサーバに一連の消化管内画像を予め保存しておく構成としてもよい。この場合には、画像取得部 11 を、サーバと接続するための通信装置等で構成し、この画像取得部 11 を介してサーバに接続して、サーバから消化管内画像を取得する。

10

#### 【0020】

入力部 12 は、例えば、キーボードやマウス、タッチパネル、各種スイッチ等によって実現されるものであり、操作入力に応じた操作信号を制御部 21 に出力する。表示部 13 は、LCD や EL ディスプレイ等の表示装置によって実現されるものであり、制御部 21 の制御によって、消化管内画像の表示画面を含む各種画面を表示する。

#### 【0021】

記憶部 14 は、更新記憶可能なフラッシュメモリ等の ROM や RAM といった各種 IC メモリ、内蔵あるいはデータ通信端子で接続されたハードディスク、CD-ROM 等の情報記録媒体およびその読取装置等によって実現されるものである。この記憶部 14 には、画像処理装置 10 を動作させ、この画像処理装置 10 が備える種々の機能を実現するためのプログラムや、このプログラムの実行中に使用されるデータ等が格納される。また、一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別するための画像処理プログラム 141 が格納される。

20

#### 【0022】

演算部 15 は、CPU 等のハードウェアによって実現され、画像取得部 11 によって取得される一連の消化管内画像を処理し、各画像内の粘膜領域を判別するための種々の演算処理を行う。この演算部 15 は、特徴量算出部 16 と、画像選択部 17 と、データ群推定部 18 と、判別境界設定部 19 と、粘膜領域判別部 20 とを備える。

#### 【0023】

特徴量算出部 16 は、一連の消化管内画像において、各画像内の画素または小領域の色特徴量を算出する。この特徴量算出部 16 は、領域分割部 161 を備える。領域分割部 161 は、各画像内を小領域に分割する。画像選択部 17 は、一連の消化管内画像を構成する各画像の中から複数の画像を選択する。データ群推定部 18 は、画像選択部 17 が選択した画像内の画素または小領域の色特徴量データ分布をもとに、粘膜（本実施の形態では腸粘膜）および内容物を示すデータ群を推定する。このデータ群推定部 18 は、クラスタリング部 181 を備える。クラスタリング部 181 は、色特徴量データ分布をクラスタリングする。判別境界設定部 19 は、データ群推定部 18 が推定したデータ群をもとに、粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する。この判別境界設定部 19 は、双峰性判定部 191 を備える。双峰性判定部 191 は、データ群推定部 18 が推定したデータ群の色特徴空間におけるヒストグラムの双峰性を判定する。粘膜領域判別部 20 は、判別境界設定部 19 が設定した判別境界をもとに、一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別する。

30

40

#### 【0024】

制御部 21 は、CPU 等のハードウェアによって実現される。この制御部 21 は、画像取得部 11 から入力される画像データや入力部 12 から入力される操作信号、記憶部 14 に格納されるプログラムやデータ等に基づいて画像処理装置 10 を構成する各部への指示やデータの転送等を行い、画像処理装置 10 全体の動作を統括的に制御する。

#### 【0025】

図 4 は、実施の形態の画像処理装置 10 が行う処理手順を示す全体フローチャートであ

50

る。ここで説明する処理は、演算部 1 5 が記憶部 1 4 に格納された画像処理プログラム 1 4 1 を実行することにより実現される。

【 0 0 2 6 】

図 4 に示すように、先ず演算部 1 5 が、一連の消化管内画像を取得する（ステップ s 1）。ここでの処理によって、演算部 1 5 は、画像取得部 1 1 が可搬型記録媒体 7 から読み出して取得した一連の消化管内画像を構成する各画像の画像データを制御部 2 1 を介して取得する。また、取得された各画像の画像データは、その時系列順序を示す画像番号とともに記憶部 1 4 に記憶され、任意の画像番号の画像データを読み込み可能な状態となる。

【 0 0 2 7 】

続いて、画像選択部 1 7 が、一連の消化管内画像の各画像のうちの、胃の平均通過時間から小腸の平均通過時間までの間に撮像された画像の中から複数の画像（選択画像）を選択する（ステップ s 3）。一連の消化管内画像の各画像には、カプセル内視鏡 3 が飲込まれてから通過する口腔、食道、胃、小腸、大腸の画像が順に映る。ここで、口腔、食道は速やかに通過するため画像の枚数は少ない。このため、胃、小腸、大腸の画像が大半となり、通常、最長の臓器である小腸の画像が最も多い。ただし、カプセル内視鏡 3 が胃と小腸の間の幽門を通過せずに胃で滞留を続けることにより胃の粘膜の画像が増えたり、大腸内を内容物（食物残渣）とゆっくり通過することによって大腸内での内容物の画像が増えたりする場合もある。後述する処理では、消化管内の腸粘膜の色特徴量データを推定するが、この推定では腸粘膜がより多く映る画像を必要とする。すなわち、胃粘膜の画像や大腸内の内容物の画像は少ない方がよい。そこで、腸粘膜がより多く映る画像を選択するために、カプセル内視鏡 3 が飲み込まれた後、胃を通過する平均通過時間（約 4 0 分）から、小腸を通過する平均通過時間（約 5 時間）までの間に撮像された画像の中から、所定間隔（例えば 5 0 0 枚毎）に、画像を選択する。

【 0 0 2 8 】

なお、前述の通り、一連の消化管画像には、基本的には小腸内が最も多く映るため、区間を限定せずに一連の消化管内画像の全区間から所定間隔で画像を選択してもよい。また、カプセル内視鏡 3 が胃を通過する平均通過時間以後に撮像された画像の中から例えば所定間隔で画像を選択することとしてもよい。あるいは、カプセル内視鏡 3 が小腸を通過する平均通過時間以前に撮像された画像の中から所定間隔で画像を選択してもよい。また、事前の情報として患者の胃摘出情報やカプセル内視鏡 3 の体内滞在時間等を得て、これらをもとに区間を限定して選択してもよい。例えば、胃が摘出されている場合であれば胃の平均通過時間分ずらした区間に限定して選択したり、カプセル内視鏡 3 の体内滞在時間の X % ~ Y % の区間に限定して選択する等、適宜の手法を採用して画像を選択してよい。

【 0 0 2 9 】

続いて、領域分割部 1 6 1 が、ステップ s 3 で選択された複数の各選択画像内を、エッジに基づき小領域に分割する（ステップ s 5）。具体的には、以下に示す 1 枚の選択画像に対する処理を各選択画像に対して行い、全ての選択画像を小領域に分割する。

【 0 0 3 0 】

1 枚の選択画像に対する処理の手順としては、先ず、選択画像の G 成分からなる G 成分画像を生成する。ここで、G 成分を用いるのは、血液の吸光帯域に近いことから、粘膜の構造や内容物との境界等、消化管内画像の構造情報をよく表すためである。なお、他の色成分、あるいは既に公知の変換処理によって 2 次的に算出される例えば輝度や色差（Y C b C r 変換）、色相、彩度、明度（H S I 変換）、色比等を用いてもよい。そして、この G 成分画像を、既に公知である 1 次微分フィルタ（プリューウィットフィルタ、ソーベルフィルタ等）や、2 次微分フィルタ（ラプラシアンフィルタ、L O G（Laplacian of Gaussian）フィルタ等）によって空間フィルタリングし、エッジ抽出画像を得る（参考：C G - A R T S 協会，デジタル画像処理，1 1 4 P、エッジ抽出）。

【 0 0 3 1 】

次いで、エッジ抽出画像をもとに画像内を小領域に分割するが、エッジ抽出画像に基づく画像分割の手法としては、例えば W O 2 0 0 6 / 0 8 0 2 3 9 に開示されている手法を

10

20

30

40

50

用いることができる。手順を簡単に説明すると、まず、エッジ抽出画像に対し、必要に応じてノイズ除去を目的とする平滑化処理を行う。その後、エッジ抽出画像の各画素における画素値の勾配方向を求める。このとき、勾配方向は、近傍画素との画素値の差が最小（負の値が最大）となる方向とする。次に、前記各画素が画素値の勾配方向に沿って到達する極値画素を求め、隣接する極値画素に到達した各画素が同一の領域となるように画像を分割する。以上により、画像内をエッジに基づき小領域に分割することができる。

#### 【0032】

なお、他の分割の方法として、分水嶺（watershed）アルゴリズム（参考：Luc Vincent and Pierre Soille. Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations. Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.6, pp.583-598, June 1991.）を用いることとしてもよい。分水嶺アルゴリズムは、画像の画素値情報を高度とみなした地形において水を満たしていく際に、異なるくぼみに溜まる水の間で境界ができるように画像を分割する方法である。このため、エッジ抽出画像に対し、適当な平滑化を行った後で分水嶺アルゴリズムを実行することによって、WO2006/080239に開示されている方法と同等の画像分割結果が得られる。

#### 【0033】

なお、ここでは、孤立的な画素ノイズによる影響を軽減する目的や、粘膜や内容物の境界に沿った領域分割により後段で精度の高いデータを得る目的等により、エッジに基づく小領域に分割する方法を示したが、所定サイズの矩形の小領域に画像を分割する方法でもよい。この場合には、エッジの抽出やエッジに基づく領域分割が不要となり、処理時間が短縮できる。また、全く領域分割を行わず、画素単位で後段の特徴量算出部16の処理を行ってもよい。この場合には領域分割部16が不要となり、装置構成が簡略化できる。

#### 【0034】

続いて、図4に示すように、特徴量算出部16が、各小領域の色相平均値を算出する（ステップs7）。手順としては、小領域内の各画素のR、G、B値をもとに小領域内のR、G、B平均値を算出する。そして、これらR、G、B平均値をもとに、既に公知のHSI変換（参考：CG-ARTS協会、デジタル画像処理、64P、HSI変換と逆変換）によって、小領域の色相平均値を算出する。ここで、色相平均値を算出するのは、粘膜や内容物が、その成分である血液や胆汁等の吸光特性の違いから、色相等の色特徴量によってある程度判別できるためである。基本的に、赤系の色相から黄系の色相に向かって、胃粘膜、腸粘膜、内容物の順となる。小領域に対する色相平均値の算出は、全ての選択画像の各小領域に対して行う。

#### 【0035】

なお、ここでは、小領域のR、G、B平均値をもとにHSI変換を行い、小領域の色相平均値を算出する方法を示したが、小領域内の各画素のR、G、Bの値をもとにHSI変換を行い、各画素の色相を算出した後、これらの値をもとに小領域内の色相平均値を算出してもよい。また色相以外の色特徴量、例えば、色差、色比等の平均値を算出してもよい。

#### 【0036】

続いて、クラスタリング部181が、ステップs7で各選択画像内の各小領域それぞれについて算出した色相平均値のデータ分布をクラスタリングする（ステップs9）。クラスタリングは、特徴空間内のデータ分布を、データ間の類似性をもとにクラスタと呼ばれる塊に分ける手法であり、例えば階層法やk-means法といった既に公知の手法（参考：CG-ARTS協会、デジタル画像処理、231P、クラスタリング）を用いることで実現できる。なお、ここでいう特徴空間とは、色相の1次元空間である。前述の通り、クラスタリングには様々な手法があるが、ここでは、後段の処理で色相空間におけるデータのヒストグラムを用いる処理を行うため、データのヒストグラムに基づくクラスタリングの手順を示す。なお、クラスタリングは、以下説明する手法に限定されるものではなく、他の手法を用いてもよい。



## 【 0 0 3 7 】

ヒストグラムに基づくクラスタリングの手順としては、まず、横軸に色相の階級区間をとり、縦軸に階級区間に相当する色相平均値を持つ小領域の度数をとることによって、ヒストグラムを算出する。ここで、階級区間に関しては、消化管内画像における色相分布範囲を十分に含む黄系から赤系の色相範囲を、事前に設定した所定の間隔で分割することで設定する。図 5 は、ヒストグラムの算出例を示す図である。なお、図 5 では、度数の総和が 1 になるように正規化している。

## 【 0 0 3 8 】

ヒストグラムを算出したならば、続いて、ヒストグラムの谷を境界としてデータ分布をクラスタに分ける。図 6 は、ここで行うクラスタリングの原理を説明する説明図である。図 6 に示す度数データ G 4 は、ヒストグラムの度数変化を折れ線で簡易的に示したものである。また、度数データ G 4 の下の座標は、ヒストグラムの階級区間を便宜的に座標として示したものである。勾配方向は、注目座標の度数と、この注目座標に隣接する座標の度数との差から求まる方向であり、度数の値が最も増加する方向を示している。なお「極」と示される座標は、隣接する何れの座標よりも度数が高い極値座標である。

## 【 0 0 3 9 】

クラスタ分類に際し、まず勾配方向を求める。例えば、注目座標を座標「3」とした場合、度数データ G 4 に示すように、注目座標「3」の度数に対して最も度数が増加する方向に近接する座標は座標「4」である。このため、注目座標「3」の勾配方向として、図 6 中に向かって右向きの矢印で示す方向( )が設定される。

## 【 0 0 4 0 】

このようにして各座標の勾配方向を求めたならば、各座標をそれぞれ始点とし、勾配方向に沿って極値座標を探索する。図 6 では、この極値座標を探索する際の探索座標の変化を「勾配方向に沿った極値座標の探索ステップ」として示している。例えば、座標「1」を始点とした探索ステップについて説明する。座標「1」の場所では、勾配方向は右方向となっているため、1 回目の探索ステップ( $n = 1$ )では、右隣の座標「2」を得る(4 1)。続いて、得られた座標「2」の場所でも勾配方向は右方向となっており、2 回目の探索ステップ( $n = 2$ )では、座標「2」の右隣の座標「3」を得る(4 3)。その後も順次、勾配方向に沿って探索を続けると、最終的に( $n = 4$ )、座標「5」の極値座標に辿り着く(4 5)。同様に、座標「2」を始点として探索を行うと、最終的に( $n = 3$ )、座標「5」の極値座標に辿り着く(4 7)。全ての座標を始点として同様の探索を行うと、座標「1」～「9」は、極値座標「5」に辿り着き、座標「10」～「15」は極値座標「12」に辿り着く。この結果から、座標「1」～「9」を第 1 のクラスタ C 1 とし、座標「10」～「15」を第 2 のクラスタ C 2 として分類することができ、ヒストグラムの谷(図 6 では座標「9」で示す階級と座標「10」で示す階級との間)を境界としてクラスタ分類することができる。

## 【 0 0 4 1 】

図 7 は、以上説明した手法で図 5 に示したヒストグラムに対してクラスタリングを行った結果を示す図である。図 7 では、ヒストグラムの谷を境界として 3 つのクラスタ C 1 1 , C 1 3 , C 1 5 が確認できる。

## 【 0 0 4 2 】

なお、クラスタリング時のクラスタ数を制限するために、ヒストグラムの階級区間の幅を変更したり、ヒストグラムに平滑化処理を行うこととしてもよい。

## 【 0 0 4 3 】

続いて、図 4 に示すように、データ群推定部 1 8 が、データ数が最多となるクラスタと、このクラスタに対して黄系の色相方向に隣接するクラスタとを求め、各クラスタに属するデータを腸粘膜および内容物を示すデータ群と推定する(ステップ s 1 1)。選択画像内には、腸粘膜が最も多く映る。このため、各クラスタに属するデータ数を算出し、最もデータ数が多いクラスタを、腸粘膜が映る小領域の色相平均値データからなるクラスタ(以下、「腸粘膜クラスタ」と呼ぶ。)と推定する。図 7 では、クラスタ C 1 3 が最もデー

10

20

30

40

50

タ数が多いクラスタに相当し、腸粘膜クラスタと推定される。一方、胆汁と血液との吸光特性の違いから、内容物は粘膜より黄系の色として映る。そこで、腸粘膜クラスタに対して黄系の色相方向に隣接するクラスタを、内容物が映る小領域の色相平均値データからなるクラスタ（以下、「内容物クラスタ」と呼ぶ。）と推定する。図7では、色相軸（横軸）において左にいくほど黄系の色相となるため、クラスタC13の左側に隣接するクラスタC11がこれに相当し、内容物クラスタと推定される。腸粘膜クラスタと推定したクラスタよりも黄系の色相のクラスタが存在しない場合には、腸粘膜クラスタに属するデータを、腸粘膜および内容物を示すデータ群と推定する。なお、クラスタC15は、腸粘膜より赤系の色相である胃粘膜が映る小領域の色相平均値データからなるクラスタと推定できる。腸粘膜クラスタと内容物クラスタとを推定した後は、各クラスタに属するデータを、腸粘膜および内容物を示すデータ群と推定する。

10

【0044】

なお、ここでは、色相空間を用いて腸粘膜および内容物を示すデータ群を推定する方法について説明したが、他の色特徴量を用いて同等の処理を行い、腸粘膜および内容物を示すデータ群を推定することとしてもよい。すなわち、他の色特徴量を用いてデータ数が多いクラスタを腸粘膜クラスタと推定し、このクラスタに対して黄系となる方向の色特徴量範囲に存在するクラスタを内容物クラスタと推定することとしてもよい。

【0045】

続いて、図4に示すように、双峰性判定部191が、ステップs11で推定したデータ群の色相空間におけるヒストグラムの双峰性が高いか否かを判定する（ステップs13）。ここでは、ヒストグラムの双峰性判定に関し、ヒストグラムを2クラス、すなわちヒストグラムを2つの分布に分割し、2つの分布のクラス間分散  $b$  を全体の分散  $t$  で除算した双峰性判定指標  $E$  をもとに判定する方法を説明する。

20

【0046】

まず、クラス間分散  $b$  を次式(1)に従って算出する。 $w_1$  はクラス1のデータ割合を表し、 $m_1$  はクラス1のデータ平均値を表す。 $w_2$  はクラス2のデータ割合を表し、 $m_2$  はクラス2のデータ平均値を表す。 $m_t$  は全体のデータ平均値を表す。

$$b = w_1 \times (m_1 - m_t)^2 + w_2 \times (m_2 - m_t)^2 \quad \dots (1)$$

【0047】

例えば、データ群推定部18が推定した内容物クラスタに属するデータをクラス1のデータ、腸粘膜クラスタに属するデータをクラス2のデータとしてクラス間分散  $b$  を算出する。内容物クラスタが存在しない場合には、ヒストグラムの双峰性が低いと判定する。

30

【0048】

なお、推定したデータ群の色相空間におけるヒストグラムを任意の色相閾値により2分割し、片側のヒストグラムに属するデータをクラス1のデータ、他方をクラス2のデータとして  $b$  を算出するという作業を、色相閾値を変化させながら複数回を行い、最も高い  $b$  を求める方法でもよい。

【0049】

次に、全体の分散  $t$  を次式(2)に従って算出する。 $N$  は全体のデータ数（推定したデータ群のデータ数）を表し、 $h_i$  は各データの値を表す。

40

【数1】

$$\sigma t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_i - m_t)^2 \quad \dots (2)$$

【0050】

そして、次式(3)に従って、双峰性判定指標  $E$  を算出する。

【数2】

$$E = \frac{\sigma b}{\sigma t} \quad \dots (3)$$

50

## 【 0 0 5 1 】

算出した双峰性判定指標 E の値が事前に設定した所定の閾値以上の場合には、ヒストグラムの双峰性が高いと判定する。一方、閾値に満たない場合には、ヒストグラムの双峰性が低いと判定する。

## 【 0 0 5 2 】

そして、判別境界設定部 1 9 が、判定されたヒストグラムの双峰性に応じた設定処理を行って、粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を設定する。すなわち、図 4 に示すように、ステップ s 1 3 で双峰性が高いと判定された場合には ( Y e s )、判別境界設定部 1 9 は、ヒストグラムの谷を判別境界に設定する (ステップ s 1 5 )。本実施の形態では、上述したステップ s 9 , s 1 1 の処理において、クラスタリング部 1 8 1 がヒストグラムの谷を境界としてデータ分布をクラスタに分け、データ群推定部 1 8 が腸粘膜クラスタと内容物クラスタとを推定しているため、腸粘膜クラスタと内容物クラスタとの境界がヒストグラムの谷に相当する。したがって、この境界を粘膜と内容物との色特徴量の判別境界に設定する。例えば、図 7 の例では、ヒストグラムの双峰性が高いと判定され、図 7 中に一点鎖線で示す判別境界 B 1 1 が設定される。

## 【 0 0 5 3 】

なお、上記した式 ( 1 ) に示すクラス間分散  $b$  を最大にするような色相閾値を探索的に算出し、これを判別境界としてもよい。

## 【 0 0 5 4 】

一方、図 4 に示すように、ステップ s 1 3 で双峰性が低いと判定された場合には ( N o )、判別境界設定部 1 9 は、ヒストグラムの最頻値と、最頻値に対するデータのばらつき情報とをもとに判別境界を設定する (ステップ s 1 7 )。図 8 は、双峰性が低いと判定されたヒストグラムの一例を示す図である。図 8 では、クラスタ C 2 1 およびクラスタ C 2 3 に属するデータが、腸粘膜および内容物を示すデータ群と推定されるが、内容物のデータ分布が腸粘膜のデータ分布に対して少なく、また互いの分布が近接していることから、図 4 のステップ s 1 3 でヒストグラムの双峰性が低いと判定される。この場合には、先ず、ヒストグラムの最頻値  $m o$  を算出する。これは、最も度数の高い階級に対する色相値を求めることで算出できる。次に、最頻値  $m o$  よりも赤系の色相範囲に分布する推定データ群  $h j$  (  $j = 1 \sim N'$  ,  $N'$  はデータ数 ) を用いて、次式 ( 4 ) に従ってばらつき情報  $h$  を算出する。

## 【 数 3 】

$$\sigma h = \sqrt{\frac{1}{N'} \sum_{j=1}^{N'} (h_j - m o)^2} \quad \dots (4)$$

## 【 0 0 5 5 】

ここで、最頻値を用いるのは、腸粘膜と内容物の混合分布において、より実際の腸粘膜分布の中心に近い色相を得るためである。ただし、最頻値を用いる場合に限定されるものではなく、例えば中央値や平均値等の他の代表値を用いてもよい。また、最頻値よりも赤系の色相範囲に分布するデータを用いるのは、内容物の分布の影響を受けずに腸粘膜の色相分布のばらつき情報を得るためである。なお、腸粘膜よりも赤系の色相に分布する胃粘膜の分布は、データ群推定部 1 8 の処理で除外される場合が多く、仮に残った場合でも、ばらつき情報の算出に与える影響は少ない。

## 【 0 0 5 6 】

そして、最頻値  $m o$  とばらつき情報  $h$  とを求めた後は、最頻値  $m o$  から黄系の色相側に  $K \times h$  だけ離れた色相を粘膜と内容物との色特徴量の判別境界に設定する。ここで、 $K$  は、事前に設定する所定の係数である。例えば図 8 の例では、最頻値 D 2 1 をもとに、図 8 中に一点鎖線で示す判別境界 B 2 1 が設定される。

## 【 0 0 5 7 】

続いて、図 4 に示すように、粘膜領域判別部 2 0 が、粘膜領域判別処理を行い、一連の消化管内画像の各画像内の粘膜領域を判別する (ステップ s 1 9 )。図 9 は、粘膜領域判

別処理の詳細な処理手順を示すフローチャートである。

【0058】

粘膜領域判別処理では、粘膜領域判別部20はまず、粘膜領域を判別する判別対象の画像の画像番号Iを、一連の消化管内画像を構成する画像の先頭の画像番号I\_startに設定する(ステップs191)。続いて、粘膜領域判別部20は、画像番号Iの画像内をエッジに基づき小領域に分割する(ステップs192)。ここでの領域分割は、図4のステップs5で選択画像に対して行った処理と同様に行う。続いて、粘膜領域判別部20は、各小領域の色相平均値を算出する(ステップs193)。ここでの色相平均値の算出は、図4のステップs7の処理と同様に行う。

【0059】

そして、粘膜領域判別部20は、各小領域の色相平均値と判別境界とをもとに、各小領域が粘膜領域か否かを判別する(ステップs194)。ここでは、各小領域の色相平均値と判別境界設定部19が設定した判別境界の色相とを比較することによって、各小領域が粘膜領域であるか否かを判別する。画像番号Iの画像内の全ての小領域について粘膜領域か否かの判別を行った後、続いて粘膜領域判別部20は、画像番号Iが一連の消化管内画像の後尾画像番号I\_end以下であるかを判定する(ステップs195)。判定結果がYesの場合には、未処理の画像があるとして、 $I = I + 1$ とし(ステップs196)、別の判別対象の画像に対してステップs192~s195の処理を行う。一方、ステップs195での判定結果がNoの場合には、一連の消化管内画像を処理したとして粘膜領域判別処理を終え、図4のステップs19にリターンする。その後、ステップs21に移る。

【0060】

この図4のステップs21では、演算部15が、一連の消化管内画像に対する粘膜領域の判別結果を出力し、画像処理装置10の演算部15での処理を終了する。例えば、演算部15は、一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域の判別結果を画像化する等して、制御部18を介して表示部13に表示出力させる。

【0061】

以上説明したように、本実施の形態によれば、被検者の消化管内を撮像した一連の消化管内画像を取得し、取得した一連の消化管内画像の中から選択した複数の選択画像内の小領域毎の色特徴量のデータ分布をもとに、腸粘膜および内容物を示すデータ群を推定することができる。そして、推定したデータ群をもとに粘膜と内容物との色特徴量の判別境界を被検者に応じて適応的に設定し、この判別境界を用いて今回取得した一連の消化管内画像を構成する各画像内の粘膜領域を判別することができる。したがって、様々な被検者の消化管内を撮像した一連の消化管内画像に対して、安定的に粘膜領域を判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】画像処理装置を含む画像処理システムの全体構成を示す概略模式図である。

【図2】消化管内画像の一例を示す模式図である。

【図3】画像処理装置の機能構成を説明するブロック図である。

【図4】画像処理装置が行う処理手順を示す全体フローチャートである。

【図5】ヒストグラムの算出例を示す図である。

【図6】クラスタ分類の原理を説明する説明図である。

【図7】図5に示したヒストグラムに対してクラスタリングを行った結果を示す図である。

【図8】双峰性が低いと判定されたヒストグラムの一例を示す図である。

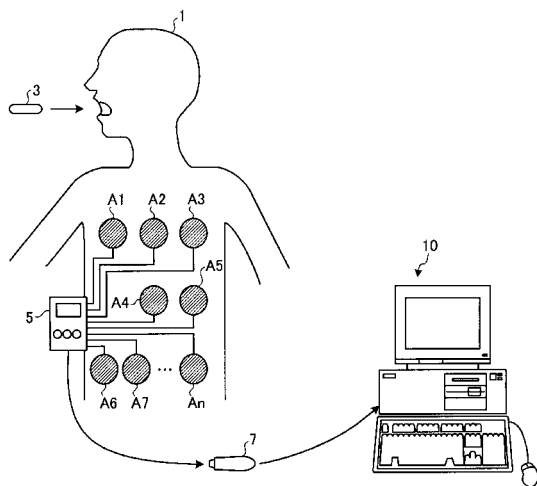
【図9】粘膜領域判別処理の詳細な処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

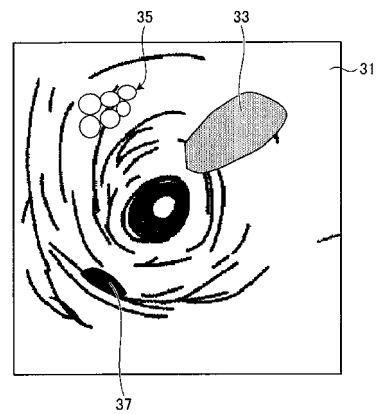
【0063】

5	受信装置	
A 1 ~ A n	受信用アンテナ	
7	可搬型記録媒体	
10	画像処理装置	
11	画像取得部	
12	入力部	
13	表示部	
14	記憶部	
14 1	画像処理プログラム	
15	演算部	10
16	特徴量算出部	
16 1	領域分割部	
17	画像選択部	
18	データ群推定部	
18 1	クラスタリング部	
19	判別境界設定部	
19 1	双峰性判定部	
20	粘膜領域判別部	
21	制御部	
1	被検者	20

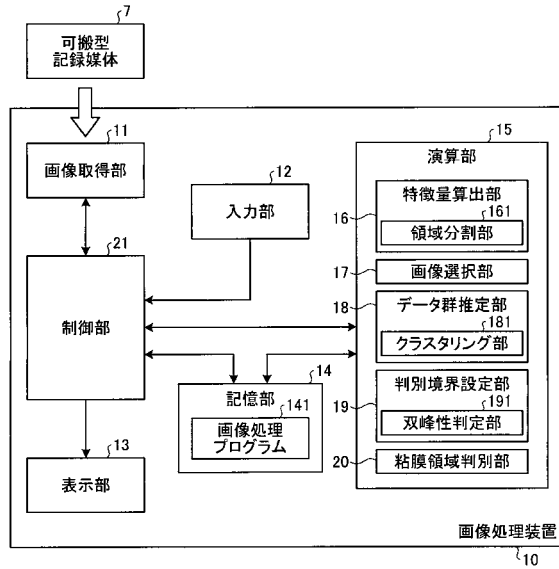
【図 1】



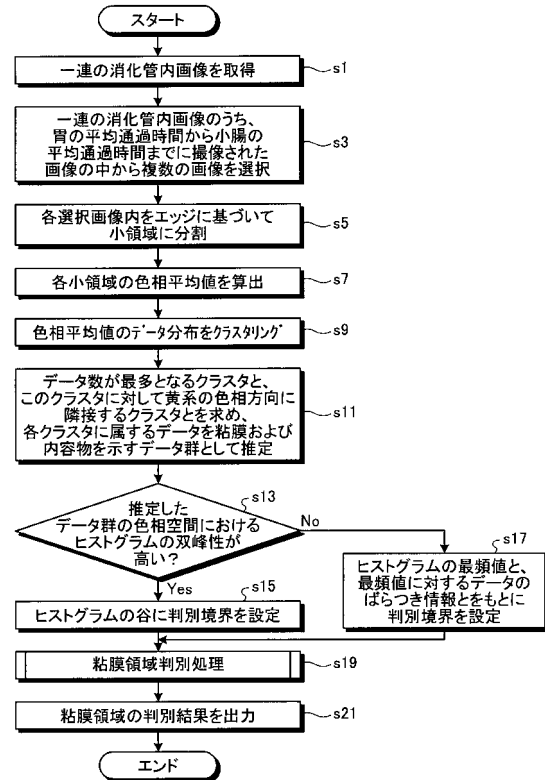
【図 2】



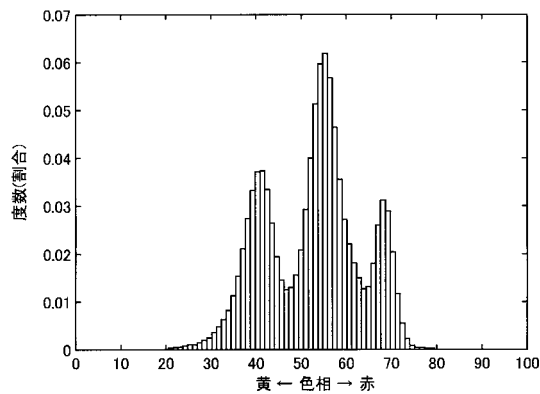
【図 3】



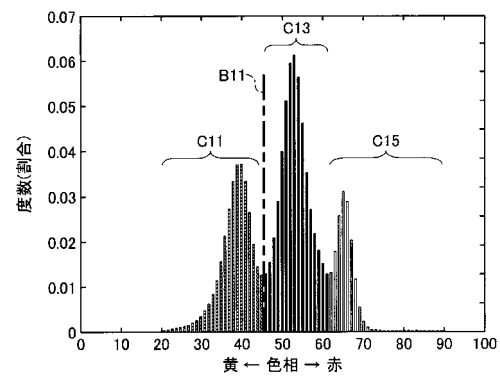
【図 4】



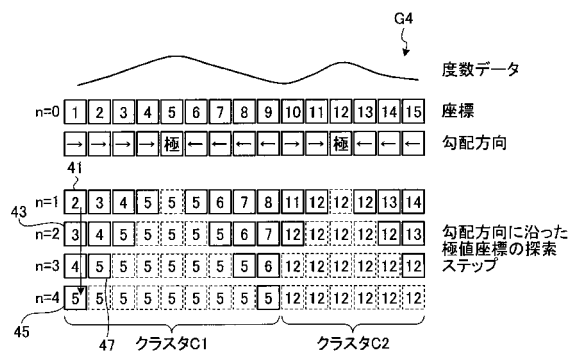
【図 5】



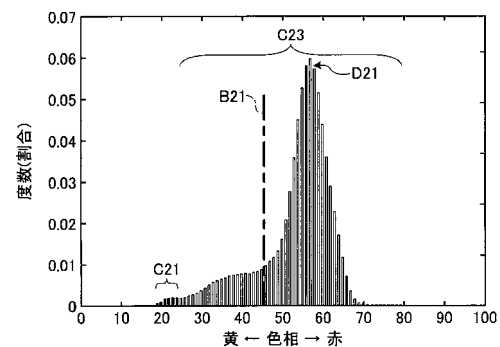
【図 7】



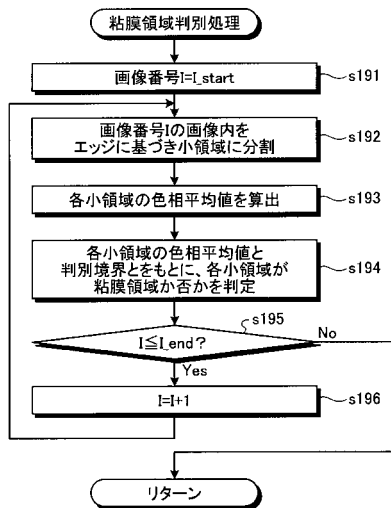
【図 6】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 2 8 8 8 7 8 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 7 / 1 1 9 2 9 7 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 0 6 - 1 2 2 5 0 2 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 6 / 1 2 9 4 3 0 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B      1 / 0 0 ~   1 / 3 2  
G 0 2 B      2 3 / 2 4 ~ 2 3 / 2 6