

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4629053号  
(P4629053)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>A 6 1 B</b>	<b>6/03</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 6/03 3 6 0 G
<b>G 0 6 T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 6 T 1/00 2 9 0 A
<b>A 6 1 B</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 5/00 G
<b>A 6 1 B</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 1/00 3 2 0 Z

請求項の数 30 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-545745 (P2006-545745)	(73) 特許権者	593063105
(86) (22) 出願日	平成16年12月8日(2004.12.8)		シーメンス メディカル ソリューションズ ユーエスエー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2007-521116 (P2007-521116A)		Siemens Medical Solutions USA, Inc.
(43) 公表日	平成19年8月2日(2007.8.2)		アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア マルヴァーン ヴァレー ストリーム パークウェイ 51
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/041116		51 Valley Stream Parkway, Malvern, PA 19355-1406, U. S. A.
(87) 国際公開番号	W02005/062255	(74) 代理人	100075166
(87) 国際公開日	平成17年7月7日(2005.7.7)		弁理士 山口 巖
審査請求日	平成19年12月6日(2007.12.6)		
(31) 優先権主張番号	60/530,069		
(32) 優先日	平成15年12月16日(2003.12.16)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	11/006,282		
(32) 優先日	平成16年12月7日(2004.12.7)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トボガンに基づく形状の特徴描写方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像、あるいは画像の1つ又は複数の部分から、少なくとも1つのトボガンポテンシャルが選択され、1つ又は複数の選択されたトボガンポテンシャルをトボガン処理して1つ又は複数のトボガンパラメータを生成するステップと、

少なくとも1つのトボガンパラメータを用いて1つ又は複数のトボガンクラスタを形成するステップと、

トボガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップと、

を含むことを特徴とする画像の特徴描写方法。

10

【請求項 2】

画像の1つ又は複数の部分が、画像中に1つ又は複数のボリュームを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

1つ又は複数のボリュームが、

少なくとも1つのボリュームと関連する検出位置を得るステップと、

関連する検出位置の周囲に存在する少なくとも1つのボリュームを抽出するステップと、

により選択されることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項 4】

20

1つ又は複数のトポガンポテンシャルが、画像、または画像の少なくとも1つの部分をさらに処理した後に選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】

1つ又は複数のトポガンポテンシャルが、原画像、または原画像の少なくとも1つの部分から選択されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】

1つ又は複数のトポガンパラメータが、トポガン方向およびトポガンラベルのうちの少なくとも1つであることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】

トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップが、2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併して、少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタを形成するステップをさらに含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

10

【請求項8】

2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併するステップが、検出位置から或る距離内に位置決めされたトポガンクラスタを合併するステップをさらに含むことを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項9】

2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併するステップが、スチューデントのt検定により選択されたトポガンクラスタを合併するステップをさらに含むことを特徴とする請求項7記載の方法。

20

【請求項10】

少なくとも1つの算出された特徴パラメータが、統計的パラメータであることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項11】

統計的パラメータが、直接距離、スライド距離および距離比のパラメータの最大値、最小値、平均値、標準偏差の少なくとも1つであることを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】

少なくとも1つの算出された特徴パラメータが、形状の特徴を描写するパラメータであることを特徴とする請求項1記載の方法。

30

【請求項13】

形状の特徴を描写するパラメータが、真球度、離心率、表面等方性測度の少なくとも1つであることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項14】

トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップが、少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタのうち1つ又は複数の部分を使用して、少なくとも1つの特徴パラメータを計算することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項15】

マシンで実行できる命令から成る1プログラムを実体的に含み、画像の特徴描写方法を実行するマシン読取り可能なプログラム記憶装置において、

40

画像、あるいは画像の1つ又は複数の部分から、少なくとも1つのトポガンポテンシャルが選択され、1つ又は複数の選択されたトポガンポテンシャルをトポガン処理して1つ又は複数のトポガンパラメータを生成するプログラムステップと、

少なくとも1つのトポガンパラメータを用いて1つ又は複数のトポガンクラスタを形成するプログラムステップと、

トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するプログラムステップと、

を含むことを特徴とするプログラム記憶装置。

50

## 【請求項 16】

トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するプログラムステップが、少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタのうち1つ又は複数の部分を使用して、少なくとも1つの特徴パラメータを計算することを特徴とする請求項15記載のプログラム記憶装置。

## 【請求項 17】

解析される画像を得るための撮像装置と、  
画像、あるいは画像の1つ又は複数の部分から、1つ又は複数のトポガンポテンシャルを選択するための選択器と、

少なくとも1つの選択されたトポガンポテンシャルをトポガン処理して1つ又は複数のトポガンパラメータを生成するためのトポガン処理モジュールと、

トポガンパラメータの1つ又は複数を用いて1つ又は複数のトポガンクラスタを形成するためのクラスタリングモジュールと、

トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して少なくとも1つの特徴パラメータを算出するための計算モジュールと、

を備えることを特徴とする画像の特徴描写装置。

10

## 【請求項 18】

画像の1つ又は複数の部分が、画像中に1つ又は複数のボリュームを含むことを特徴とする請求項17記載の装置。

## 【請求項 19】

少なくとも1つのボリュームと関連する検出位置を得て、  
関連する検出位置の周囲に存在するボリュームを抽出することを特徴とする請求項18記載の装置。

20

## 【請求項 20】

選択器が、画像、または画像の少なくとも1つの部分をさらに処理した後に、少なくとも1つのトポガンポテンシャルを選択することを特徴とする請求項17記載の装置。

## 【請求項 21】

選択器が、得られた画像、または得られた画像の少なくとも1つの部分から、少なくとも1つのトポガンポテンシャルを選択することを特徴とする請求項17記載の装置。

## 【請求項 22】

1つ又は複数のトポガンパラメータが、トポガン方向およびトポガンラベルのうちの少なくとも1つであることを特徴とする請求項17記載の装置。

30

## 【請求項 23】

少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタが、2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併することによって形成されることを特徴とする請求項17記載の装置。

## 【請求項 24】

2つ又はそれ以上の合併されたトポゴンクラスタが、検出位置から或る距離内に位置決めされていることを特徴とする請求項23記載の装置。

## 【請求項 25】

2つ又はそれ以上の合併されたトポゴンクラスタが、スチューデントのt検定により選択されることを特徴とする請求項23記載の装置。

40

## 【請求項 26】

少なくとも1つの算出された特徴パラメータが、統計的パラメータであることを特徴とする請求項17記載の装置。

## 【請求項 27】

統計的パラメータが、直接距離、スライド距離、距離比のパラメータの最大値、最小値、平均値、標準偏差の少なくとも1つであることを特徴とする請求項26記載の装置。

## 【請求項 28】

少なくとも1つの算出された特徴パラメータが、形状の特徴を描写するパラメータであることを特徴とする請求項17記載の装置。

50

## 【請求項 29】

形状の特徴を描写するパラメータが、真球度、離心率、表面等方性測度の少なくとも1つであることを特徴とする請求項 28 記載の装置。

## 【請求項 30】

少なくとも1つの選択されたトボガンクラスタのうち1つ又は複数の部分が、少なくとも1つの特徴パラメータを算出するために使用されることを特徴とする請求項 17 記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、撮像に関し、さらに具体的に言えば画像分析に関する。

## 【0002】

## (関連出願)

本願の原出願は、2003年12月16日に出願された「トボガン (toboggan) の基づく形状の特徴描写方法」と称する米国仮出願第 60/530,069号 (Attorney Docket No. 2003P19095US) の恩恵を請求する。この米国仮出願は、参照によって、その全体が本明細書中に組み入れられている。

## 【0003】

2Dや3Dを含め(ただし、それらには限定されない)、任意次元の画像から形状および特徴の情報の抽出は、多くの用途がある。このような用途の1つは医用撮像の分野であり、その分野ではポリープ検出やポリープセグメンテーションに使用できる。

## 【0004】

形状を特徴描写するための現行アルゴリズムは、形状を検出する垂線交差を使用し、ここでは、その可視表面への垂線が用いられる。しかしながら、この垂直方向に引かれた直線はうまく交差しながることが多い。従って、この交点は明確に規定されない。この可視表面を抽出し、かつ垂線交差を実行するこのようなプロセスは手間がかかる。

## 【0005】

形状を特徴描写するための他のアルゴリズムは、算出する際に費用のかかる勾配集中法を使用している。

## 【0006】

## (発明の要点)

本発明は画像の特徴描写方法を含む。この方法は、少なくとも1つのトボガンポテンシャル (toboggan potential) が、画像、あるいは画像の1つ又は複数の部分から選択され、1つ又は複数の選択されたトボガンポテンシャルをトボガン処理 (tobogganing) して1つ又は複数のトボガンパラメータを生成するステップと、少なくとも1つのトボガンパラメータを用いて1つ又は複数のトボガンクラスタを形成するステップと、トボガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップとを含む。

## 【0007】

本発明の他の模範的な実施態様において、画像の1つ又は複数の部分は、その画像中に1つ又は複数のボリュームを含む。

## 【0008】

本発明の他の模範的な実施態様において、1つ又は複数のボリュームは、少なくとも1つのボリュームと関連する検出位置を得るステップと、その関連する検出位置の周囲に存在する少なくとも1つのボリュームを抽出するステップとにより選択される。

## 【0009】

本発明の他の模範的な実施態様において、1つ又は複数のトボガンポテンシャルは、この画像、またはこの画像の少なくとも1つの部分をさらに処理した後に選択される。

## 【0010】

本発明の他の模範的な実施態様において、1つ又は複数のトボガンポテンシャルは、原

10

20

30

40

50

画像、またはこの原画像の少なくとも1つの部分から選択される。

【0011】

本発明の他の模範的な実施態様において、1つ又は複数のトポガンパラメータは、トポガン方向およびトポガンラベルのうちの少なくとも1つである。

【0012】

本発明の他の模範的な実施態様において、トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップは、さらに、2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併して、少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタを形成するステップも含む。

【0013】

本発明の他の模範的な実施態様において、2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併するステップは、さらに、検出位置から或る距離内に位置決めされたトポガンクラスタを合併するステップも含む。

【0014】

本発明の他の模範的な実施態様において、2つ又はそれ以上のトポガンクラスタを合併するステップは、さらに、スチューデントのt検定(Student t-test)により選択されたトポガンクラスタを合併するステップも含む。

【0015】

本発明の他の模範的な実施態様において、少なくとも1つの算出された特徴パラメータは、統計的パラメータである。

【0016】

本発明の他の模範的な実施態様において、統計的パラメータは、直接距離、スライド距離、距離比のパラメータの最大値、最小値、平均値、標準偏差の少なくとも1つである。

【0017】

本発明の他の模範的な実施態様において、算出された特徴パラメータの1つは、形状の特徴を描写するパラメータである。

【0018】

本発明の他の模範的な実施態様において、形状の特徴を描写するパラメータは、真球度、離心率、表面等方性測度の少なくとも1つである。

【0019】

本発明の他の模範的な実施態様において、トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して1つ又は複数の特徴パラメータを算出するステップは、少なくとも1つの選択されたトポガンクラスタのうち1つ又は複数の部分を使用して、少なくとも1つの特徴パラメータを計算する。

【0020】

本発明は、画像の特徴描写装置に関する。画像の特徴描写装置は、解析される画像を得るための撮像装置を使用している。画像、あるいはこの画像の1つ又は複数の部分から、1つ又は複数のトポガンポテンシャルを選択するために選択器が用いられる。少なくとも1つの選択されたトポガンポテンシャルをトポガン処理して1つ又は複数のトポガンパラメータを生成するためにトポガン処理モジュールが用いられる。トポガンパラメータの1つ又は複数を用いて1つ又は複数のトポガンクラスタを形成するためにクラスタリング(cluster ing)モジュールが用いられる。トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して少なくとも1つの特徴パラメータを算出するために計算モジュールが用いられる。

【0021】

本発明の他の模範的な実施態様において、画像の特徴描写装置は、少なくとも1つのボリュームと関連する検出位置を得て、関連する検出位置の周囲に存在するボリュームを抽出する。

【0022】

本発明の他の模範的な実施態様において、選択器は、画像、またはその画像の少なくとも1つの部分をさらに処理した後に、少なくとも1つのトポガンポテンシャルを選択する

10

20

30

40

50

## 【0023】

本発明の他の模範的な実施態様において、選択器は、得られた画像、または得られた画像の少なくとも1つの部分から、少なくとも1つのトボガンポテンシャルを選択する。

## 【0024】

本発明の他の模範的な実施態様において、少なくとも1つの選択されたトボガンクラスタは、2つ又はそれ以上のトボガンクラスタを合併することによって形成される。

## 【0025】

本発明の他の模範的な実施態様において、2つ又はそれ以上の合併されたトボガンクラスタは、検出位置から或る距離内に位置決めされている。

10

## 【0026】

本発明の他の模範的な実施態様において、2つ又はそれ以上の合併されたトボガンクラスタは、スチューデントのt検定により選択される。

## 【0027】

本発明の他の模範的な実施態様において、少なくとも1つの選択されたトボガンクラスタのうち1つ又は複数の部分は、少なくとも1つの特徴パラメータを算出するために使用される。

## 【0028】

本発明は、マシンで実行できる命令から成る1プログラムを実体的に含み、画像の形状の特徴描写方法(そのいくつかの模範的な実施態様が上記に提示されている)を実行するマシン読取り可能なプログラム記憶装置(ただし、それには限定されない)を有する。

20

## 【0029】

(発明の詳細な説明)

本発明の模範的な実施形態は、トボガンを用いて、画像、あるいは画像の1つ又は複数の部分の形状の特徴描写方法および装置、すなわち、本明細書に述べられるT B S C (T o b o g g a n - B a s e d S h a p e C h a r a c t e r i z a t i o n) (トボガンに基づく形状の特徴描写方法)を提供する。トボガン(t o b o g g a n)は、画像中のピクセルまたはボクセルをスライド方向および集中位置と関連づけるコンストラクト(構成体)である。本発明の模範的な実施形態は従来技術と比べて多くの利点を持っている。利点の1つとして、T B S Cは、算出に関して効率的であり、しかも他の解決手段ほどの時間も計算資源も必要としない。他の利点として、T B S Cは、垂線交差法および勾配集中法の双方の識別機能を獲得すること(ただし、それに限定されない)を含む新たな理論的概念を提供する。このために、T B S Cは、他の改良の中でも、高感度および低偽陽性率を両方とも達成できるただ1つの方法である。

30

## 【0030】

図1を参照すると、本発明の模範的な一実施形態により、本発明を実施するコンピュータシステム101は、CPU(中央演算処理装置)102、メモリ103、I/O(入出力)インターフェース104を含む。コンピュータシステム101は、一般に、I/Oインターフェース104を介して、ディスプレイ105、およびマウス、キーボード、医用撮像装置などの様々な入力装置106に結合されている。これらの支援回路は、キャッシュ、電源、クロック回路、通信バスなどの回路を含むこともある。メモリ103は、RAM(ランダムアクセスメモリ)、ROM(リードオンリーメモリ)、ディスクドライブ、テープドライブなど、あるいは、それらを組み合わせたものを含むこともある。本発明は、信号源108からの信号を処理するために、メモリ103中に格納されCPU102で実行されるルーチン107として実施される。従って、コンピュータシステム101は、本発明のルーチン107を実行するときには、特定目的のコンピュータシステムとなる汎用コンピュータシステムである。

40

## 【0031】

コンピュータシステム101はまたオペレーティングシステムとマイクロ命令コードも含む。本明細書に述べられる様々なプロセスおよび機能は、オペレーティングシステムを

50

介して実行される上記マイクロ命令コードの一部、または、アプリケーションプログラムの一部（あるいは、それらを組み合わせたもの）であってもよい。さらに、追加のデータ記憶装置や印刷装置などの他の様々な周辺装置がこのコンピュータプラットフォームに接続されてもよい。

#### 【0032】

バーチャル結腸内視鏡検査法でポリープの形状の特徴を描写するのに用いられる本発明の模範的な一実施形態において、T B S C は、関心形状が手動的にまたは自動的に位置測定されているものと仮定する。例えば、ポリープ候補は、ユーザにより、マウスを用いて手操作でクリックされるか、あるいは、検出モジュールで自動的に検出されてもよい。T B S C により与えられる出力は1つ又は複数の特徴パラメータであり、直接にユーザに表示されるか、あるいは、自動モジュールで使用されて継続処理されてもよい（例えば分類器）。継続処理の一例はこの候補がポリープであるかどうかを決定することであってもよい。

10

#### 【0033】

本発明によるT B S Cの模範的な一実施形態は、トボガン処理を用いて、形状の特徴を描写する。トボガン処理 (t o b o g g a n i n g) は、非反復性、単一パラメータ、線形実行時間のオーバセグメンテーション法として記述することができる。トボガン処理は、各画像ピクセルまたは画像ボクセルを一度しか処理しないという点で非反復性であり、従って線形実行時間をもたらす。トボガン処理は、徐々に変化する画像の組だけでなく、1 D、2 D、3 Dを含め、次元数が任意である画像に使用できる汎用アルゴリズムである。用語「ピクセル」および「ボクセル」は、当業者であれば本発明を修正していずれをも処理できるので、本明細書では取替え可能に使用される。

20

#### 【0034】

本発明によるトボガン処理の模範的な一実施形態が図2に示されている。この図では、簡単な例を利用して、5 × 5個の2 Dトボガンポテンシャルマップ200を用いてトボガン処理プロセスを図解している。参照番号210はこの画像のピクセルを指しており、このマップ中の各番号はそのピクセルでのトボガンポテンシャル値を表わしている。トボガンポテンシャル値は、ガウスフィルタまたは他の平滑フィルタを用いてソース画像の勾配大きさマップ (gradient magnitude map) を平滑することや距離変換を用いて距離マップを計算すること（ただし、それらには限定されない）を含む幾つかの手段を使用して、ソース画像データを処理することによって計算されてもよい。しかしながら、いくつかの用途では、このトボガンポテンシャル (t o b o g g a n p o t e n t i a l) は、まったく処理していない原画像、あるいはその原画像内の少なくとも1つ又は複数のボリュームであってもよい。これらのボリュームはさらに1つ又は複数のサブボリュームに分割されてもよい。本明細書に述べられる解析法は、画像全体に対して行われようと、ボリュームに対して行われようと、サブボリュームに対して行われようと、だいたい変わりはない。従って、当業者であれば、本明細書に述べられる方法および装置を修正して、上記のいずれも処理できるであろう。各ピクセルは、最小ポテンシャルを持つ直近の隣接ピクセルにスライドすると言える。各ピクセル210から始まる矢印230はこのピクセルのスライド方向を示している。例えば、特別な理由もなく選択された円形ピクセル210は、27のポテンシャルを持っている。12、14、20は、その直近の隣接ピクセルであるピクセル210のポテンシャルである。12が最小値であるので、円形ピクセル210から発する矢印230は、12のポテンシャルを持つピクセルを指している。このピクセルが、同一の最小ポテンシャルを持つ2つ以上のピクセルで取り囲まれている場合、この値を持つものと判明される第1のピクセルを選択できる。あるいは、隣接ピクセルを選択する際に、他の戦略が用いられてもよい。或るピクセルの周りの最小ポテンシャルが、そのピクセル自体と同一の値を持つ場合、このピクセルは、どこにもスライドせず、また矢印も描かれていない。これらのピクセルがスライドする異なる位置は、トボガンクラスタ (t o b o g g a n c l u s t e r) を形成する集中位置と呼ばれている。この例では、すべてのピクセルが、同一の集中位置、すなわち、0のポテンシャル

30

40

50

ルを持つピクセル 2 1 0 にスライドして、ただ 1 つのトポガンクラスタを形成する。同一の場所に「スライドする」すべてのピクセルまたはボクセルは、グループ化され、従ってこの画像ボリュームを、トポガンクラスタとして知られているピクセルクラスタの集まりに分ける。

【 0 0 3 5 】

示されていない他の模範的な実施形態において、このピクセルは、最大ポテンシャルを持つ隣接ピクセルにスライドされてもよい。

【 0 0 3 6 】

トポガンクラスタ中のピクセルのスライド距離  $s$  は、集中位置までのスライド経路の長さとして定義される。ピクセルの直接距離  $d$  は、ピクセルからその集中位置までのユークリッド距離として定義される。直接距離 - スライド距離比は当然  $d / s$  として定義される。例えば、図 2 中の円形ピクセルのスライド距離は  $2 + 2 + 1 = 3.8284$  であり、その直接距離は

【 0 0 3 7 】

$$[(3 - 1)^2 + (4 - 1)^2]^{1/2} = 3.6506$$

【 0 0 3 8 】

であり、また、その直接距離 - スライド距離比は  $3.6506 / 3.8284 = 0.9418$  である。この直接距離 - スライド距離比は距離比とも呼ばれることもある。

【 0 0 3 9 】

図 3 は、本発明による模範的な T B S C アルゴリズムを示す流れ図であり、全体に参照番号 3 0 0 を付されている。ブロック 3 1 0 は、ユーザまたは他のシステムで与えられる最初の検出位置を示している。

【 0 0 4 0 】

ブロック 3 2 0 は、当技術分野においてすでに知られている幾つかの方法を使用して、その検出位置から、等方性が異方性のいずれかのボリュームまたはサブボリュームを抽出するステップを表わしている。この一例は以下に述べられる図 4 に示されている。或る用途では、この原画像からボリュームまたはサブボリュームを明瞭に抽出するのではなく、関心領域に限定してあるいは関心領域に限定せずに、原画像を処理することに決めることがある。従って、このステップは本発明の他の模範的な実施形態において省かれることがある。

【 0 0 4 1 】

ブロック 3 3 0 は、抽出されたボリュームまたはサブボリュームについてトポガンポテンシャルを算出するステップを表わしている。トポガンポテンシャルを計算できる方法がいくつかある。これらの方法には、平滑フィルタを用いて画像またはボリュームを処理する方法、平滑された勾配大きさを解析する方法、平滑操作を用いる結腸壁セグメンテーション法、および距離変換アルゴリズムがあるが、ただしそれらには限定されない。いくつかの用途では、この原画像、またはその画像内のボリュームは、継続処理されることなく、トポガンポテンシャルとして直接使用されてもよい。従って、このステップは本発明の他の模範的な実施形態において省かれることがある。

【 0 0 4 2 】

図 5 ( a ) は、勾配の大きさが、図 4 に示された元のサブボリュームから算出されガウスフィルタを用いて平滑された本発明の模範的な一実施形態を示している。図 5 ( b ) は、トポガンポテンシャルとして使用できる平滑された結腸壁を示している。図 5 a および図 5 b は後で詳しく説明される。用途に応じて、複数のスケール (例えば 4 つのスケール) を使用することがあり、そこでは、勾配の大きさ (または結腸壁) が、異なる核 (カーネル) サイズ (異なる ) を用いて平滑される。後でさらに詳しく説明される図 8 ( a ) は距離マップを提示している。この距離マップはポリープの特徴を抽出するためのトポガンポテンシャルとしても使用できる。その結果得られるトポガンクラスタは、異なることもあるが、ただしそのポリープ表面地点はだいたい変わりはない。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

ブロック340はトボガン処理のステップを表わしている。このステップにおいて、上述の通り、ボリューム中の各ボクセルは、算出されたトボガンポテンシャルにより、その隣接ボクセルの1つにスライドする。そのボクセル自体が、その隣接ボクセルのどれよりもさらに小さいポテンシャルを持っている場合、そのボクセルはスライドせず、集中位置となる。これは、ボクセルごとに、トボガン方向およびトボガンラベル（これらには限定されない）を含むトボガンパラメータを生成する。隣接ボクセルの選択は用途とトボガンポテンシャルの算出とによって決まる。例えば、本発明によるポリープの特徴抽出の模範的な一実施形態において、この勾配の大きさがトボガンポテンシャルを計算するために使用され、最小ポテンシャルを持つ隣接ボクセルが選択される。距離変換を用いる結腸セグメンテーションを利用して、トボガンポテンシャルを計算する（距離マップポテンシャルと呼ばれている）本発明による他の模範的な実施形態において、最大ポテンシャルを持つ隣接ボクセルが選択される。代替として、距離マップ上の変換を実行でき、これらのボクセルがなおも、最小ポテンシャルを持つ隣接ボクセルにスライドされ、同一の結果をもたらすようにしている。以下に説明される図8bは、図8aに示された距離マップポテンシャルを用いるトボガン処理プロセスを示している。

10

**【0044】**

本発明の模範的な一実施形態において、トボガン処理プロセスは、用途に基づいて小領域またはサブボリュームに限定されてもよい。すなわち、すべてのボクセルを画像またはボリューム内でスライドする必要はない。例えば、ポリープの特徴抽出の場合、結腸壁に沿った探索領域だけが関心領域であり、空気中（または骨上）の他のボクセルをスライドする必要はない。これはトボガン処理プロセスを加速する。

20

**【0045】**

ブロック350はトボガンクラスタを形成するステップを表わしている。これらのクラスタは、トボガン方向、トボガンラベル、およびその両方を含む（ただし、それらには限定されない）トボガンパラメータに基づいている。このトボガン処理プロセスはボクセルごとにトボガン方向を生成できる。同一の集中位置にスライドするすべてのボクセルは、トボガンラベルとしても知られている単一のクラスタラベルと関連づけられて、1つのトボガンクラスタにグループ化される。トボガンクラスタの一例は本明細書中で以下に説明される図6に示されている。例示のために、ブロック340およびブロック350が切り離された。他の模範的な実施形態において、トボガン処理プロセスのブロック340は、自動的にトボガンクラスタを生成できることに留意されたい。それゆえ、ブロック340およびブロック350を1つのステップに組み入れることができる。

30

**【0046】**

ブロック360は、トボガンクラスタの1つ又は複数を選択して解析するステップを表わしている。トボガン処理は効率的な画像セグメンテーション手法である。1つのトボガンクラスタは、普通、図7および図8に示されている例のように、関心形状に一致し、従ってこのステップは必要でない。しかしながら、関心形状を複数のトボガンクラスタに分け、合併戦略を必要とする幾つかのケースがある。時には、関心形状を表わすトボガンクラスタを合併して、1つの大きなクラスタを形成することが望ましいこともある。図6に示された例においては、トボガンクラスタが1つだけ選択される。トボガンクラスタを選択するために、様々な基準が使用されてもよい。例えば、検出位置から或る距離内に集中するトボガンクラスタが選択される。さらに高度な手法、例えばスチューデントのt検定が使用されてもよい。

40

**【0047】**

ブロック370は、これらの選択されたトボガンクラスタに基づいて特徴パラメータを算出するステップを表わしている。クラスタ中のボクセルごとに、このボクセルからその集中位置までの直接距離およびスライド距離が算出されてもよい。ボクセルの距離比は上述の通り直接距離およびスライド距離から導き出される。トボガンクラスタが球状である場合、その距離比は大きくかつ各ボクセルに対して1に近い。或る用途では、このトボガンクラスタ中のボクセルの集まりに基づいて1つ又は複数のパラメータを算出することは

50

、さらに適用可能でありかつ効率的であろう。例えば、これらの周囲ボクセルのみに当てはまる（どのボクセルも、これらの周囲ボクセルにはスライドしない）直接距離、スライド距離および距離比のパラメータが算出されてもよい。

【 0 0 4 8 】

本発明の模範的な一実施形態において、表面ボクセルはトポガンポテンシャルに基づいて識別され、また、特徴パラメータはこれらの表面ボクセルに対してのみ算出される必要があるかもしれない。これはしばしばバーチャル結腸内視鏡検査法でのポリープに当てはまる。

【 0 0 4 9 】

本発明の模範的な一実施形態において、幾つかのパラメータが計算されてもよい。選択されたトポガンクラスタの組全体について、統計的パラメータ、例えば、直接距離、スライド距離、距離比のパラメータの最大値、最小値、平均値、標準偏差を算出することが可能である。さらに、トポガンクラスタまたはトポガンクラスタの部分の形状の特徴を描写するパラメータも算出できる。例えば、真球度は主成分解析（*principle component analysis*）に基づいて3つの固有値とそれらの比とにより獲得されてもよい。すなわち、真球度はトポガンクラスタの体積と表面積との関係に基づいて獲得されてもよい。当技術分野においてよく知られている離心率が計算されてもよい。離心率はトポガンクラスタの長軸間の関係と見なされることもある。また、離心率はトポガンクラスタの固有値と固有ベクトルとに基づいて算出されてもよい。

【 0 0 5 0 】

本発明の他の模範的な実施形態において、表面等方性測度などの他の形状パラメータが計算されてもよい。表面等方性測度は、位置の局所集中（「*LCL*」）と、その位置の、クラスタの表面までの最小距離とによって決まる。*LCL*値は*LCL*の位置にスライドするボクセルの数を示す。この位置は、どんな位置でもよく、トポガンクラスタ全体の集中位置である必要はない。トポガンクラスタの表面上のボクセルはゼロの集中がある（どんなボクセルも、そこにはスライドしない）が、一方、トポガンクラスタ全体のグローバルな集中位置（「*GCL*」）はトポガンクラスタ中のボクセルの総数と関連する。最小距離は、*LCL*の位置からトポガンクラスタの表面までの最短距離を指している（ポリープの特徴描写と特徴抽出とに関連して、結腸壁）。次に、この表面等方性測度は*LCL*と最小距離との比として定義される。この比が大きくなればなるほど、丸く平滑される。従って、ポリープの特徴描写の際に、ポリープが見出されるかもしれない位置では、この比は大きくなると予想される。トポガンクラスタ中のボクセルはまた層に分割されてもよい。各層の性質が検査される。これらの性質は、真球度、離心率、表面等方性測度を含むが、ただしそれらには限定されない。

【 0 0 5 1 】

図4を参照すると、本発明による模範的な一実施形態が示されている。この図では、医用画像400は、ポリープ候補用のサブボリューム410の一例を示している。同一3Dデータセットの3つの直交図410が示されている。各直交図410は、図示されていない大きい画像から抽出された同一ボリュームの異なる直交図を表わしている。各直交図410における十字線420の交点は、可能なポリープ候補として操作者またはコンピュータシステムによって選択された検出位置を示している。3つの直交図410において、検出位置420は選択されたボリュームの中心を表わしている。この方法を実施する際に、ボリューム、またはそのボリュームのサブボリュームを明瞭に抽出することなく、原画像またはボリュームを直接に処理してもよい。さらに、明るい領域430はポリープを表わすサブボリュームである。この領域430は本発明の主題である上記解析法を用いてセグメント化された。

【 0 0 5 2 】

図5aおよび図5bは、本発明による他の模範的な実施形態を示している。医用画像500および医用画像560は、先に説明されたように、医用画像400のトポガンポテンシャルの計算結果を示している。医用画像500は、 $\sigma = 1.5$ のガウスフィルタで平滑

10

20

30

40

50

された勾配の大きさを用いて、トポガンポテンシャルを計算した結果を示している。医用画像560は、 $\sigma = 1.5$ のガウスフィルタで平滑された結腸壁を用いて、トポガンポテンシャルを計算した結果を示している。

【0053】

図6は、本発明による他の模範的な実施形態を示している。図6は、医用画像500により図5aに示されたトポガンポテンシャルに重ねられたトポガンクラスタ610を持つ医用画像600を示している。さらに、医用画像600の一部を拡大した部分650が示されている。トポガンクラスタ610は抽出されたサブボリューム410について計算されている。各正方形660はボクセルを表わしている。矢印670は、ボクセルごとに、最小ポテンシャルを持つ周囲ボクセル向きのスライド方向を表わしている。ボクセル680はトポガンクラスタ610の集中位置である。

10

【0054】

全体が700で表わされている図7は、図4に示された元のボリューム410に重ねられたトポガンクラスタ720を示している。このトポガンクラスタ720は、図4に最も明るい領域430として表わされているポリープのセグメンテーションである。

【0055】

図8aおよび図8bは、本発明により、距離変換を用いてトポガン処理する模範的な一実施形態を示している。医用画像800は、図4中の同一サブボリューム410から算出された距離マップを示している。医用画像850は、距離マップ800が計算された元の抽出サブボリュームに重ねられて形成されたトポガンクラスタ860を示している。

20

【0056】

図9は、全体に参照番号900を付されている本発明の他の模範的な実施形態を示す流れ図である。ブロック910は、解析される画像または画像の一部を得るステップを表わしている。ブロック920は、原画像、またはこの原画像の一部から、トポガンポテンシャルを選択するステップを表わしている。トポガンポテンシャルを選択する前に、この画像、またはこの画像の一部をさらに処理されてもよい。ブロック930は、これらのトポガンポテンシャルをトポガン処理することによって、1つ又は複数のトポガンパラメータを生成するステップを表わしている。ブロック940は、トポガンパラメータを用いて1つ又は複数のトポガンクラスタを形成するステップを表わしている。ブロック950は、1つ又は複数のトポガンパラメータを選択して、少なくとも1つの特徴パラメータを計算するステップを表わしている。

30

【0057】

図10を参照すると、本発明の例としての実施形態により、画像の特徴描写装置が示されており、その全体に参照番号1000を付されている。装置1001は、システムバス1004と信号で通信する少なくとも1つのプロセッサまたは中央演算処理装置(「CPU」)1002を含む。ROM(リードオンリーメモリ)1006、RAM(ランダムアクセスメモリ)1008、ディスプレイアダプタ1010、I/Oアダプタ1012、ユーザインターフェースアダプタ1014、通信アダプタ1028、撮像アダプタ1030も、システムバス1004と信号で通信する。ディスプレイ装置1016は、ディスプレイアダプタ1010を介して、システムバス1004と信号で通信する。例えば、磁気ディスク記憶装置または光ディスク記憶装置などのディスク記憶装置1018は、I/Oアダプタ1012を介して、システムバス1004と信号で通信する。マウス1020、キーボード1022、アイトラッキング装置1024は、ユーザインターフェースアダプタ1014を介して、システムバス1004と信号で通信する。解析される画像を得る撮像装置1032は、撮像アダプタ1030を介して、システムバス1004と信号で通信する。

40

【0058】

選択器ユニット1070は、画像、あるいはこの画像の1つ又は複数の部分から、1つ又は複数のトポガンポテンシャルを選択するために使用される。トポガン処理モジュールユニット1080は、少なくとも1つの選択されたトポガンポテンシャルをトポガン処理

50

して1つ又は複数のトポガンパラメータを生成するために使用される。クラスタリングモジュール1085は、トポガンパラメータの1つ又は複数を用いて1つ又は複数のトポガンクラスタを形成する。計算モジュールユニット1090は、トポガンクラスタの1つ又は複数を選択して少なくとも1つの特徴パラメータを算出する。この選択は、外部装置で決定される或る基準に基づいて自動的に行われるか、あるいは、操作者により手動で行われることもある。これらの各ユニットはCPU1002およびシステムバス1004と信号で通信する。これらのユニットは、少なくとも1つのプロセッサまたはCPU1002に結合されているものとして図示されるが、これらの構成要素は、メモリ1006、メモリ1008、メモリ1018の少なくとも1つに格納されCPU1002で実行されるコンピュータプログラムコードに含まれてもよい。当業者であれば、本明細書中の教示に基づいて、例えば、プロセッサチップ1002上にあるレジスタに、コンピュータプログラムコードの一部または全部を含ませることなどの代替の実施形態が可能であることが理解されよう。本発明による代替の実施形態の他の例は、信号で互いに通信する物理的に別々の全ての装置に、装置1001の構成要素の1つ又は複数を含んでいる場合である。本明細書中の教示が与えられると、当業者は、本明細書の範囲および精神の範囲内で実施しながら、トポガン処理モジュール1080や計算モジュール10900、並びに、装置1001の他の要素の様々な代替構成および代替実施例を計画に入れることになる。

#### 【0059】

本発明の他の模範的な実施形態は、肺の小結節、胸部の病変、肝臓の病変、癌、肺塞栓症、並びに、同様な特徴描写を持ち、かつ人体の他の部分に発生する病変の検出、セグメンテーション、特徴抽出に使用されてもよい。

#### 【0060】

本発明は、様々な形態のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、専用プロセッサ、あるいは、それらを組み合わせたもので実施できる。一実施形態において、本発明は、プログラム記憶装置上に実体的に含まれるアプリケーションプログラムとしてソフトウェアで実施されてもよい。このアプリケーションプログラムは、任意の適切なアーキテクチャを含むマシンに格納され、マシンにより実行される。

#### 【0061】

さらに、上記の説明は例としての実施形態を表わすだけである。読む人の便宜上、上記の説明は、本発明の原理を表わすような可能な実施形態のうち、代表的な1例を重点的に取り扱っており、可能なあらゆる変形例を余す所なく列挙しようとはしていない。これらの代替の実施形態は、本発明のうち、これらの代替実施形態の否認とは見なされない特定部分に対しては提示されなかった可能性がある。他の出願および実施形態は、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、率直に実施できる。それゆえ、本発明は、これらの具体的に述べられた実施形態には限定されず、併記の特許請求の範囲により定められる。これらの記述されていない実施形態の多くは、併記の特許請求の範囲の文字どおりの範囲内にあることと、その他の実施形態も同等であることが理解できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0062】

【図1】コンピュータシステムの模範的な一実施形態を示す概略図

【図2】本発明によるトポガン処理プロセスの模範的な一実施形態を示す概略図

【図3】本発明による特徴描写用の模範的な一実施形態を示す流れ図

【図4】本発明による特徴描写用の模範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図5 a】本発明により、ガウスフィルタ(  $\sigma = 1.5$  )で平滑された勾配の大きさをを用いて、トポガンポテンシャルを算出する模範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図5 b】本発明により、ガウスフィルタ(  $\sigma = 1.5$  )で平滑された結腸壁を用いて、トポガンポテンシャルを算出する模範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図6】本発明により、図5 aに示されたトポガンポテンシャルに重ねられたトポガンクラスタを、クローズアップされた領域とともに示す医用画像の図

【図7】トポガンクラスタがオリジナルのサブボリュームに重ねられている、本発明の模

10

20

30

40

50

範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図 8 a】距離マップを描いた本発明の模範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図 8 b】オリジナルのサブボリュームに重ねられているトポガンクラスタを描いた本発明の模範的な一実施形態の医用画像を示す図

【図 9】本発明による特徴描写用の他の模範的なアルゴリズムを示す流れ図

【図 10】本発明により、画像の特徴を描写する方法に用いる装置のブロック図

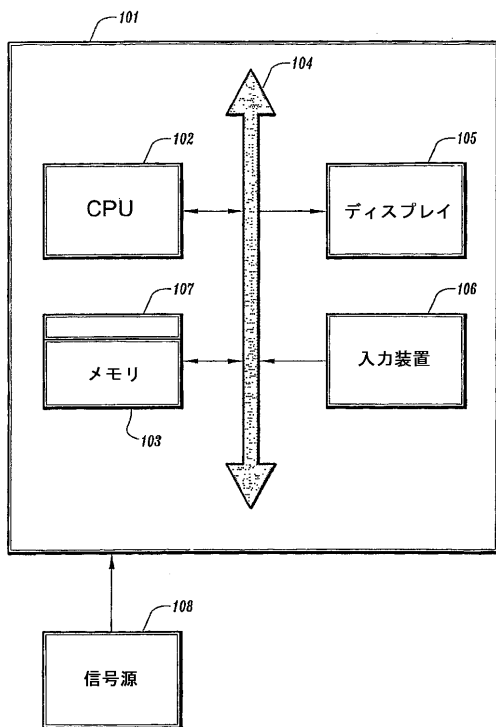
【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

6 0 0 医用画像

6 1 0 トポガンクラスタ

【 図 1 】



【 図 2 】

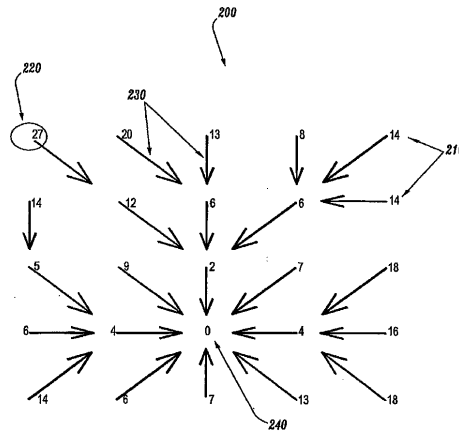
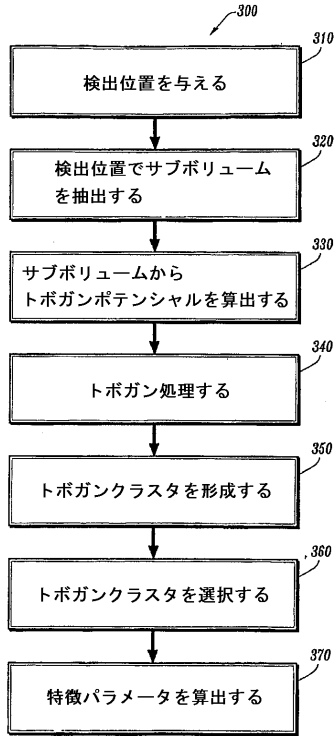


FIG. 2

【図3】



【図4】

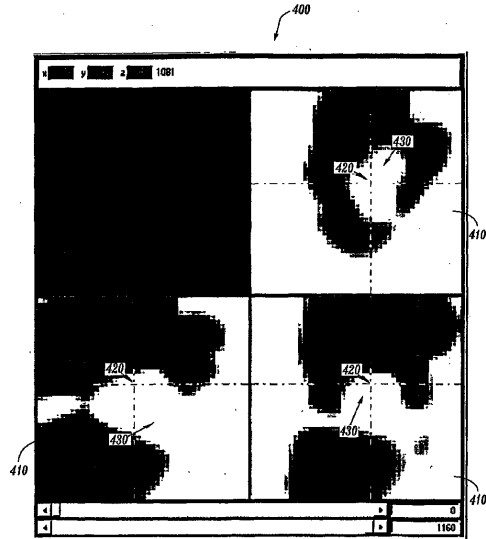


FIG. 4

【図5a】

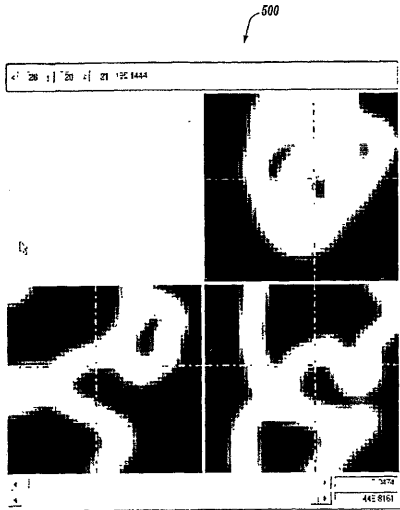


FIG. 5a

【図5b】

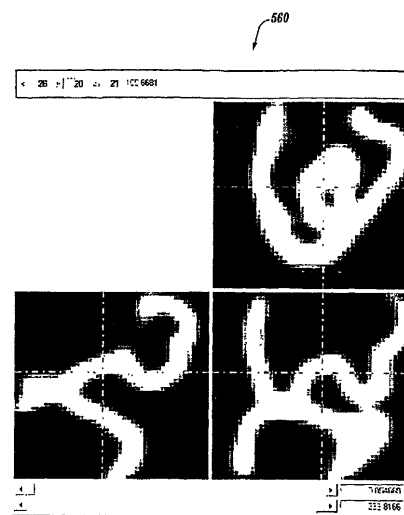
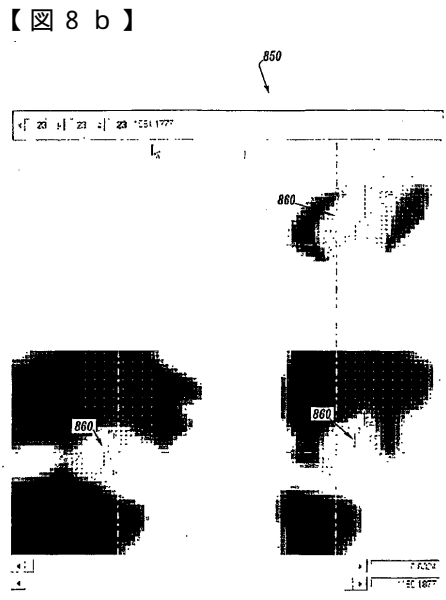
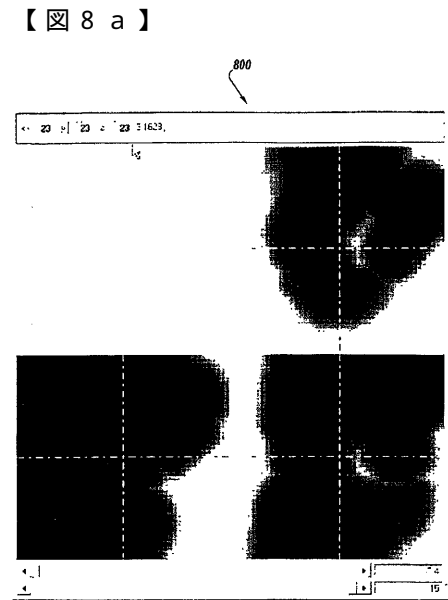
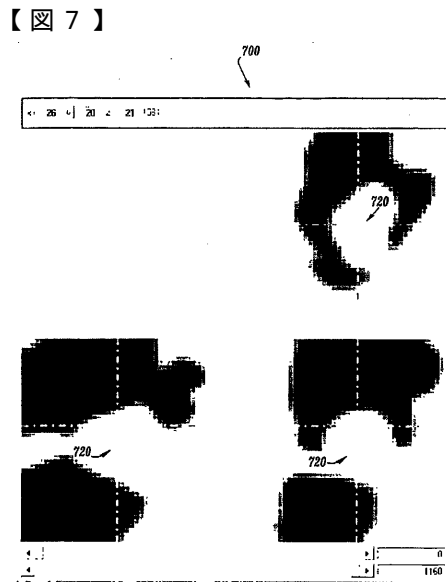
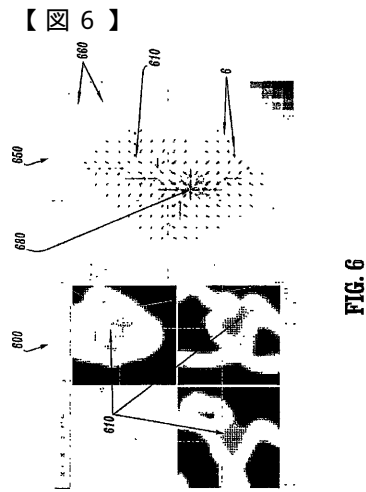
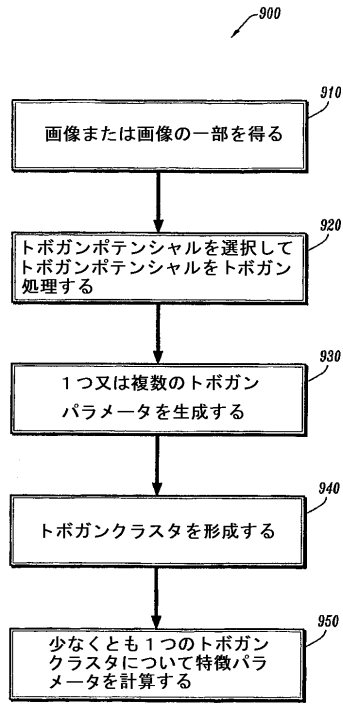


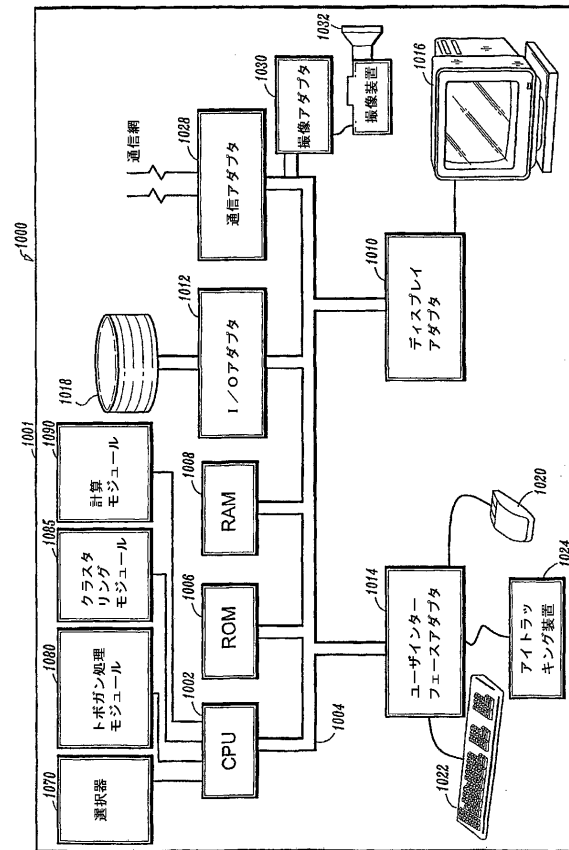
FIG. 5b



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ライアング、ジャンミング

アメリカ合衆国 19301 ペンシルヴァニア パオリ セント ヴァレー ロード #250

(72)発明者 ボゴニ、ルカ

アメリカ合衆国 19103 ペンシルヴァニア フィラデルフィア パイン ストリート 2013

審査官 安田 明央

(56)参考文献 William A. Barrett, L. Jack Reese, Eric N. Mortensen, Intelligent Segmentation Tools, Proceedings of IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI '02) 2002, 2002年 7月, pp. 217-220

Fairfield. J, Toboggan Contrast Enhancement for Contrast Segmentation, the 10th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'90), 1990年 6月, vol. 1, pp. 712-716

Dang T et al, An image segmentation technique based on edge-preserving smoothing filter and anisotropic diffusion, Image Analysis and Interpretation, IEEE Comput. Soc, 1994年 4月, pp. 65-69

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00-6/14

A61B 1/00-1/32

A61B 1/00

A61B 5/00

G06T 1/00

