

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5080485号
(P5080485)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int.Cl.

F 1

A61B 1/00 (2006.01)
H04N 5/93 (2006.01)
G06T 7/20 (2006.01)A61B 1/00 320B
H04N 5/93 Z
G06T 7/20 C

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-537423 (P2008-537423)
 (86) (22) 出願日 平成19年7月13日 (2007.7.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2007/064033
 (87) 国際公開番号 WO2008/041401
 (87) 国際公開日 平成20年4月10日 (2008.4.10)
 審査請求日 平成22年6月1日 (2010.6.1)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-271134 (P2006-271134)
 (32) 優先日 平成18年10月2日 (2006.10.2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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43番2号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 松崎 弘
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内
 (72) 発明者 神田 大和
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内

審査官 井上 香緒梨

最終頁に続く

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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連続した画像列から画像を抽出する画像処理装置であって、
 前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部と、
 前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込み部と、
 前記画像読み込み部で読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の
 画像変化量を算出する画像変化量算出部と、
 前記画像変化量算出部で算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付
 与する画像変化量情報付与部と、

前記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて画像の並べ替えを行
、この並べ替えの結果を用いて、 予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像
 抽出部と、

を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記画像抽出部は、
 前記画像列から抽出した画像を撮影した時間順に並び替え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】

前記画像読み込み部で読み込まれた画像情報を含まれる画像ごとの特徴量を算出する特
 徴量算出部をさらに備え、

10

20

前記画像変化量算出部は、前記特徴量算出部で算出された各画像の特徴量を用いることによって少なくとも2枚の画像間の特徴量の変化を画像変化量として算出することを特徴とする請求項1または2に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記特徴量算出部は、各画像に対して種類が異なる複数の特徴量を算出し、

前記画像変化量算出部は、各特徴量の変化を算出した後、この算出結果を組み合わせた統合変化量を算出し、

前記画像変化量情報付与部は、前記特徴量の変化に関する情報として前記統合変化量を用いて得られる情報を各画像に付与することを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

10

【請求項5】

前記特徴量算出部は、前記複数の特徴量に対して正規化処理を行い、この正規化処理によって得られた値を成分とする特徴ベクトルを生成し、

前記画像変化量算出部は、前記統合変化量として所定の画像間の前記特徴ベクトルの変化を算出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6】

前記特徴量算出部は、各画像に対して種類が異なる複数の特徴量を算出し、

前記画像抽出部は、各画像に付与された情報に基づいて予め設定された数の画像を前記画像列から抽出した後、前記複数の特徴量の各々に対して付与された重要度に基づいた画像の抽出をさらに行うことを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

20

【請求項7】

前記特徴量のうちのいずれかは、画像のエッジ抽出後に所定の閾値で2値化した画像の画素数であることを特徴とする請求項3～6のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項8】

前記画像変化量算出部は、

少なくとも2枚の画像間の相関、差異または類似度を画像変化量として算出することを特徴とする請求項1または2に記載の画像処理装置。

【請求項9】

前記画像変化量算出部は、

時間的な間隔が予め定められた所定の数の画像を用いることによって画像変化量を算出することを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の画像処理装置。

30

【請求項10】

前記画像列は、被検体の体腔内に導入されたカプセル型内視鏡によって撮像された体腔内画像列であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項11】

前記画像抽出部で抽出する画像の数を設定する抽出数設定部をさらに備えたことを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項12】

連続した画像列から画像を抽出可能であり、前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部を備えたコンピュータが行う画像処理方法であって、

40

前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込みステップと、

前記画像読み込みステップで読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出する画像変化量算出ステップと、

前記画像変化量算出ステップで算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与ステップと、

前記画像変化量情報付与ステップで各画像に付与された情報に基づいて画像の並べ替えを行い、この並べ替えの結果を用いて、予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像抽出ステップと、

を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項13】

50

連続した画像列から画像を抽出可能であり、前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部を備えたコンピュータに、

前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込みステップ、

前記画像読み込みステップで読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出する画像変化量算出ステップ、

前記画像変化量算出ステップで算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与ステップ、

前記画像変化量情報付与ステップで各画像に付与された情報に基づいて画像の並べ替えを行い、この並べ替えの結果を用いて、予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像抽出ステップ、

を実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続撮影された画像列や、動画像フレーム画像列から、シーンの変化する画像の位置や、有効な画像の位置を検出する画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、動画像などの連続する画像列からシーンの変化する位置を検出する様々な方法が考案されている。例えば、隣接する画像間の特徴量の変化を閾値処理することによって検出する方法が一般的によく知られている。このうち、下記特許文献1では、抽出すべき画像の数を適宜設定した上で、各画像に含まれるシーンの重要度を求め、この重要度の高い順に設定された枚数の画像を表示したり、重要度の高い画像ほど長い時間をかけて表示を行ったりする技術が開示されている。この従来技術では、重要度として各シーンの出現時間とその次のシーンの出現時間との差異を求め、この差異が大きいほど重要度を高くする設定を行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-54055号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した従来技術では、シーン変化を検出する際に検出される画像数は一定であり、この検出の後で各シーンについて重要度を求め、求めた重要度の順に設定された数のシーンを検出するという二重の処理が必要なため、処理内容が複雑であり、処理に要する時間が長くなってしまう場合があった。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することができる画像処理装置、画像検出方法、および画像検出プログラ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】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、連続した画像列から画像を抽出する画像処理装置であって、前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部と、前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込み部と、前記画像読み込み部で読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出する画像変化量算出部と、前記画像変化量算出部で算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与部と、前記画像変化量情報

10

20

30

40

50

付与部で各画像に付与された情報に基づいて、予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像抽出部と、を備えたことを特徴とする。

【0007】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として画像変化量が大きな画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することが可能となる。

【0008】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて画像の並べ替えを行い、この並べ替えの結果を用いて前記画像列から画像を抽出することを特徴とする。

10

【0009】

本発明によれば、画像変化量情報付与部で付与された情報に基づいて並べ替えてから画像を抽出することにより、設定された数のシーン変化の位置の画像を効率よく抽出することができる。

【0010】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記画像列から抽出した画像を撮影した時間順に並び替えることを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、抽出した画像を撮影した時間順に並び替えることにより、抽出した画像に関する情報の表示出力を時系列に沿った順序で行うことが可能となる。

20

【0012】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像読み込み部で読み込まれた画像情報に含まれる画像ごとの特徴量を算出する特徴量算出部をさらに備え、前記画像変化量算出部は、前記特徴量算出部で算出された各画像の特徴量を用いることによって少なくとも2枚の画像間の特徴量の変化を画像変化量として算出することを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として特徴量が大きく変化する画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することが可能となる。

30

【0014】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量算出部は、各画像に対して種類が異なる複数の特徴量を算出し、前記画像変化量算出部は、各特徴量の変化を算出した後、この算出結果を組み合わせた統合変化量を算出し、前記画像変化量情報付与部は、前記特徴量の変化に関する情報として前記統合変化量を用いて得られる情報を各画像に付与することを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、複数の画像間の特徴量を算出し、この算出結果を統合した特徴量変化を用いることにより、様々な場面に対応可能なシーン検出を行うことができる。

【0016】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量算出部は、前記複数の特徴量に対して正規化処理を行い、この正規化処理によって得られた値を成分とする特徴ベクトルを生成し、前記画像変化量算出部は、前記統合変化量として所定の画像間の前記特徴ベクトルの変化を算出することを特徴とする。

40

【0017】

本発明によれば、種類が異なる特徴量に関して正規化処理を行うことにより、各特徴量の性質が漏れなく反映されたシーン検出を行うことが可能となる。

【0018】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量算出部は、各画像に対して種類が異なる複数の特徴量を算出し、前記画像抽出部は、各画像に付与された情

50

報に基づいて予め設定された数の画像を前記画像列から抽出した後、前記複数の特徴量の各々に対して付与された重要度に基づいた画像の抽出をさらに行うこととする。

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、特徴の重要度を考慮した画像の抽出を行うことにより、特定の特徴を有する画像が偏って抽出されたり、同じ画像が重複して抽出されるのを抑制することができる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量のうちのいずれかは、画像のエッジ抽出後に所定の閾値で2値化した画像の画素数であることを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、特徴量の変化を精度よく検出することが可能となる。

【 0 0 2 2 】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像読み込み部で読み込まれた画像情報に含まれる画像の特徴量を算出する特徴量算出部をさらに備え、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の特徴量、および前記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて、予め設定された数の画像を抽出することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として、特徴量を考慮しながら画像変化量が大きな画像を抽出することにより、特徴量を考慮した観察に適した画像を確実に検出することが可能となる。

20

【 0 0 2 4 】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量算出部は、前記特徴量として少なくとも画素値の統計量を算出し、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量を基に判別される抽出画像として不適切な画像を除外しながら、前記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて、予め設定された数の画像を抽出することを特徴とする。

〔 0 0 2 5 〕

本発明によれば、連続した画像列から抽出画像として不適切な画像を抽出しないで済む。なお、ここでいう抽出画像として不適切な画像とは、その画像を表示しても観察しにくいような画像のことである。

30

【 0 0 2 6 】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量が所定の閾値よりも大きく、抽出画像として明るすぎると判別される画像を除外しながら、予め設定された数の画像を抽出することを特徴とする。

[0 0 2 7]

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量が所定の閾値よりも小さく、抽出画像として暗すぎると判別される画像を除外しながら、予め設定された数の画像を抽出することを特徴とする。

10

【 0 0 2 8 】

50

記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて、前記画像列から画像を抽出する画像抽出部と、を備えたことを特徴とする。

【0029】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として、特徴量を考慮しながら画像変化量が大きな画像を抽出することにより、特徴量を考慮した観察に適した画像を確実に検出することが可能となる。

【0030】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記特徴量算出部は、前記特徴量として少なくとも画素値の統計量を算出し、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量を基に判別される抽出画像として不適切な画像を除外しながら、前記画像変化量情報付与部で各画像に付与された情報に基づいて、画像を抽出することを特徴とする。

10

【0031】

本発明によれば、連続した画像列から抽出画像として不適切な画像を抽出しないで済む。なお、ここでいう抽出画像として不適切な画像とは、その画像を表示しても観察しにくいような画像のことである。

【0032】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量が所定の閾値よりも大きく、抽出画像として明るすぎると判別される画像を除外しながら、画像を抽出することを特徴とする。

20

【0033】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部は、前記特徴量算出部で算出した各画像の画素値の統計量が所定の閾値よりも小さく、抽出画像として暗すぎると判別される画像を除外しながら、画像を抽出することを特徴とする。

【0034】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像変化量算出部は、少なくとも2枚の画像間の相関、差異または類似度を画像変化量として算出することを特徴とする。

【0035】

本発明によれば、所定の間隔だけ時間的に離れた画像間の相関、差異または類似度を利用することにより、画像変化量を精度よく検出することが可能となる。

30

【0036】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像変化量算出部は、時間的な間隔が予め定められた所定の数の画像を用いることによって画像変化量を算出することを特徴とする。

【0037】

本発明によれば、時間的に離れた画像間の画像変化量を算出することができ、局所的に生じるノイズや外乱の影響による抽出精度の低下を防ぐことが可能となる。

【0038】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、被検体の体腔内に導入されたカプセル型内視鏡によって撮像された体腔内画像列であることを特徴とする。

40

【0039】

本発明によれば、被検体の体腔内に導入されたカプセル型内視鏡によって撮像された大量の連続画像に対しても冗長なシーンの画像を確実に削除し、有効な画像を適確に検出することができるので、体腔内画像を効率的に観察することができる。

【0040】

また、本発明に係る画像処理装置は、上記発明において、前記画像抽出部で抽出する画像の数を設定する抽出数設定部をさらに備えたことを特徴とする。

【0041】

本発明によれば、ユーザが検出したいだけの数を設定することが可能となり、検出数が

50

不定となるような従来例と比較して、表示の際の制御の効率化を図ることが可能となる。

【0042】

本発明に係る画像処理方法は、連続した画像列から画像を抽出可能であり、前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部を備えたコンピュータが行う画像処理方法であって、前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込みステップと、前記画像読み込みステップで読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出する画像変化量算出ステップと、前記画像変化量算出ステップで算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与ステップと、前記画像変化量情報付与ステップで各画像に付与された情報に基づいて、予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像抽出ステップと、を有することを特徴とする。

10

【0043】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として画像変化量が大きな画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することが可能となる。

【0044】

本発明に係る画像処理プログラムは、連続した画像列から画像を抽出可能であり、前記画像列を構成する画像の画像情報を記憶する記憶部を備えたコンピュータに、前記画像情報を前記記憶部から読み込む画像読み込みステップ、前記画像読み込みステップで読み込まれた画像情報を用いて少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出する画像変化量算出ステップ、前記画像変化量算出ステップで算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与ステップ、前記画像変化量情報付与ステップで各画像に付与された情報に基づいて、予め設定された数の画像を前記画像列から抽出する画像抽出ステップ、を実行させることを特徴とする。

20

【0045】

本発明によれば、検出すべきシーンを含む画像として画像変化量が大きな画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することが可能となる。

【発明の効果】

【0046】

本発明によれば、連続した画像列を構成する画像の中から少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出し、この画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与した後、この付与した情報に基づいて予め設定された数の画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することができる画像処理装置、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態1に係る画像処理方法の処理の概要を表すフローチャートである。

【図3】図3は、画像列の表示例を示す図である。

40

【図4】図4は、図3の画像列に対してエッジ抽出処理を行うことによって得られたエッジ抽出画像の表示例を示す図である。

【図5】図5は、連続した画像列に対する画像抽出処理の概要を模式的に示す図である。

【図6】図6は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置を備えた被検体内情報取得システムの一構成例を模式的に示す図である。

【図7】図7は、本発明の実施の形態1の一変形例に係る画像処理装置の構成を示す図である。

【図8】図8は、本発明の実施の形態1の一変形例に係る画像処理方法の処理の概要を表すフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の実施の形態2に係る画像処理方法の処理の概要を示すフローチ

50

ヤートである。

【図10】図10は、本発明の実施の形態3に係る画像処理方法の処理の概要を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0048】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための形態（以後、「実施の形態」と称する）を説明する。

【0049】

（実施の形態1）

図1は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の構成を示す図である。同図に示す画像処理装置1は、演算機能および制御機能を備えた演算部101と、連続する画像列を構成する画像の画像情報を含む各種情報を記憶している記憶部102と、画像を含む情報の表示出力を行う表示部103と、キーボードやマウス等の入力部104とを備える。この画像処理装置1は、CPU, ROM, RAM等を備えたコンピュータによって実現される。

10

【0050】

演算部101は、記憶部102から時間的に連続する画像列を構成する画像を読み込む画像読み込み部111と、画像読み込み部111において読み込まれた画像の特徴量を算出する特徴量算出部112と、特徴量算出部112で算出された画像の特徴量を用いることによって所定の画像間の特徴量の変化を画像変化量として算出する画像変化量算出部113と、画像変化量算出部113で算出された画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与する画像変化量情報付与部114と、画像変化量情報付与部114で付与された情報に基づいて予め設定された数の画像を複数の画像列から抽出する画像抽出部115と、画像抽出部115で抽出する画像の枚数を設定する抽出数設定部116と、を備える。

20

【0051】

以上の構成を有する画像処理装置1が備えるCPUは、本実施の形態1に係る画像処理方法（後述）を実行するための画像処理プログラムを記憶部102から読み出すことにより、その画像処理方法に関する演算処理を実行する。なお、本実施の形態1に係る画像処理プログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM、フラッシュメモリ等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して広く流通させることも可能である。この意味で、画像処理装置1は、前述した各種記録媒体のいずれかを読み取り可能な補助記憶装置を具備してもよい。

30

【0052】

図2は、本実施の形態1に係る画像処理方法の処理の流れを表すフローチャートである。まず、画像読み込み部111は、画像列を構成する全画像枚数、画像サイズ等の情報を記憶部102から読み込んで取得する（ステップS101）。図3は、画像列の一例を示す図である。同図においては、時間間隔tで隣接する3枚の画像41（時間t=t₁）, 42（t=t₁+t）および43（t=t₁+2t）にそれぞれ星型のオブジェクト401, 402および403が含まれている。これら3つのオブジェクト401, 402および403は同一のオブジェクトであり、図3では、そのオブジェクトが同じ視野内を水平方向右側へ等速度で移動している場合を示している。

40

【0053】

次に、特徴量算出部112が画像の特徴量を算出する（ステップS102）。その後、画像変化量算出部113が予め定められた時間的な間隔だけ離れた画像間の特徴量の変化を画像変化量として算出する（ステップS103）。このステップS103で求めた画像変化量（特徴量の変化）に関する情報は、画像変化量算出部113によって対応する画像に対して付与される（ステップS104）。

【0054】

図4は、図3に示す画像41～43の特徴量とその特徴量の変化の算出例を示す図であ

50

る。図4では、図3に示す画像41、42および43にそれぞれ含まれるオブジェクト401、402、および403に対してエッジ抽出処理（または輪郭抽出処理でもよい）を施すことによって得られたエッジ抽出画像を表示している。より具体的には、エッジ抽出画像41eではオブジェクト401のエッジ部401eが表示され、エッジ抽出画像42eではオブジェクト402のエッジ部402eが表示され、エッジ抽出画像43eではオブジェクト403のエッジ部403eが表示されている。

【0055】

ここで、画像の特徴量をエッジ部によって囲まれる面積（以下、「エッジ部の面積」と呼ぶ）とすると、画像41の特徴量であるエッジ部401eの面積と画像42の特徴量であるエッジ部402eの面積は同じであるが、画像43の特徴量であるエッジ部403eの面積はエッジ部401eや402eの面積よりも小さくなっている。したがって、画像41～画像42間の特徴量変化は、画像42～画像43間の特徴量変化よりも小さい。この場合、特徴量が相対的に大きく変化する方の画像43が抽出されるようにするために、時間間隔tだけ前の画像からの特徴量変化が大きい画像を抽出するような構成とすればよい。

10

【0056】

なお、隣接する画像間で特徴量の変化を求める場合には、全ての画像の特徴量を算出した後で特徴量の変化を算出する処理（上述したステップS102～S103の処理）を行う代わりに、特徴量および特徴量の変化を算出する処理を画像ごとに行うループ演算処理を画像の時系列順に実行するようにしてもよい。すなわち、ある時間tの画像の特徴量を算出した後、この算出した特徴量と、それより時間間隔が1つ前のt-tにおける画像の特徴量（既に算出）との特徴量変化を求め、その結果を各画像に付与するようにしてもよい。このようにループ演算処理を行う場合には、すべての画像についての演算が終了したとき、後述するステップS105へ進む。

20

【0057】

ステップS105では、画像抽出部115において、画像変化量としての特徴量の変化に基づいた画像の並べ替えを行う。たとえば上述したエッジ部を特徴量とする場合には、特徴量変化の大きい順に画像を並べ替える。次に、画像抽出部115は、並べ替えた画像列の順序にしたがって、予め設定された数の画像を抽出する（ステップS106）。この後、画像抽出部115では、ステップS106で抽出された画像を撮影時間順に再度並べ替え、この並べ替えた画像列に関する情報を抽出情報として出力し、記憶部102に格納する（ステップS107）。

30

【0058】

最後に、ステップS107で生成された抽出情報に基づいて、抽出した画像を含む情報を表示部103で表示する（ステップS108）。

【0059】

図5は、連続した画像列に対して上述した処理を行う場合の概要を模式的に示す図である。同図に示すように、連続画像列501は複数のセグメント（図5ではn個）に分割される。各セグメント S_i （ $i = 1, 2, \dots, n$ ）は、 m_i 個の画像 F_{ij} （ $j = 1, 2, \dots, m_i$ ）によって構成されている。表示部103では、各セグメント S_i の時間的に最初の画像 F_{i1} （シーンが変化した位置の画像）を時系列順に並べ替えたシーンチェンジ画像群502を順次表示していく、抽出されなかったフレームからなる画像群503についての表示が省略される。したがって、画像変化量（特徴量の変化）の小さい画像の表示が省略されることとなり、効率的な表示を行うことが可能となる。

40

【0060】

ところで、撮像対象や撮像条件によってはセグメント S_i の最初の画像 F_{i1} が有効なシーンでない場合もある。換言すれば、同じセグメント S_i の中に画像 F_{1j} よりも有効なシーンの画像が含まれている可能性もある。そこで、画像処理装置1にセグメント S_i の中から有効なシーンを検出する機能をさらに具備させてよい。有効なシーンを検出する方法としては、例えば画像の明るさやピントの状態等の画質を判定する方法を適用すること

50

ができる。

【0061】

以上の説明においては、画像変化量として隣接する2枚の画像間の特徴量の変化を算出する場合を説明したが、本実施の形態1に係る画像処理方法はその場合に限定されるものではない。例えば、3枚以上の画像相互間の特徴量の変化を算出し、この複数の特徴量の変化に対して所定の統計的演算を行って得られた値を並べ替えの際に参照する画像変化量としてもよい。

【0062】

ところで、本実施の形態1は、カプセル型内視鏡で撮像した画像列（体腔内画像列）に対して適用することができる。図6は、画像処理装置1を備えた被検体内情報取得システムの一構成例を模式的に示す図である。同図に示す被検体内情報取得システムは、被検体Hの体腔内に導入されて体腔内画像を撮像するカプセル型内視鏡2と、カプセル型内視鏡2によって送信された無線信号を受信し、受信した無線信号に含まれる画像を蓄積する受信装置3と、受信装置3および画像処理装置1に着脱可能なメモリカード等の携帯型記録媒体4とを備える。

10

【0063】

カプセル型内視鏡2は、被検体Hの体腔内画像を撮像する撮像機能と、撮像した画像を含む無線信号を外部に送信する無線通信機能とを有する。より具体的には、カプセル型内視鏡2は、被検体Hの体腔内を進行すると同時に、例えば0.5秒程度の所定の間隔（2Hz程度）で被検体Hの体腔内画像を撮像し、この撮像した体腔内画像を所定の電波によって受信装置3に送信する。

20

【0064】

受信装置3には、カプセル型内視鏡2によって送信された無線信号を受信する複数の受信アンテナ3a～3hが接続されている。受信アンテナ3a～3hは、例えばループアンテナを用いて実現され、カプセル型内視鏡2の通過経路に対応する被検体Hの体表上に分散配置される。このような受信アンテナは、被検体Hに対して1以上配置されればよく、その配置数は、図示するように8個に限定されるものではない。

【0065】

受信装置3は、受信アンテナ3a～3hのいずれかを介してカプセル型内視鏡2からの無線信号を受信し、この受信した無線信号をもとに被検体Hの体腔内画像の画像情報を取得する。受信装置3が取得した画像情報は、その受信装置3に挿着された携帯型記録媒体4に格納される。被検体Hの体腔内画像の画像情報を格納した携帯型記録媒体4は、画像処理装置1に挿着され、画像処理装置1における処理に使用される。

30

【0066】

以上の構成を有する被検体内情報取得システムにおいては、カプセル型内視鏡2が被検体Hの体腔内を8時間程度の時間かけて移動しながら撮像し、60000枚程度の大量的の体腔内画像列が生成される。しかしながら、この体腔内画像列の中には、例えば同じ体内器官を移動するときに撮像するシーンのように類似した画像が多数含まれている可能性があり、人間が全ての画像を観察することは現実的ではない。このような状況の下、体腔内画像列を用いる医療現場からは、シーンが変化する位置の画像を短時間で適確に抽出することが可能な技術が待望されていた。本実施の形態1においては、カプセル型内視鏡2によって撮像された大量の体腔内画像列に対し、画像変化量が少ない画像に対しては適宜削除することによって類似画像を表示する冗長度を減少させ、表示する画像枚数を極力少なくすることができる。その結果、所望の画像を適確に得ることができ、診断を効率よく行うことが可能となる。

40

【0067】

以上説明した本発明の実施の形態1によれば、連続した画像列を構成する画像の中から少なくとも2枚の画像間の所定の画像変化量を算出し、この画像変化量に関する情報を対応する画像に対して付与した後、この付与した情報に基づいて予め設定された数の画像を画像列から抽出することにより、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出すること

50

ができる画像処理装置、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することができる。

【0068】

また、本実施の形態1によれば、従来の特徴量算出処理よりも簡易な処理によって画像を抽出することができる。

【0069】

さらに、本実施の形態1によれば、単に出現時間が長いだけの冗長なシーンを重要なシーンとして検出してしまうことがなく、画像の質的な変化を適確に反映したシーンを含む画像の抽出を行うことができる。したがって、カプセル型内視鏡によって撮像された体腔内画像列に対する画像処理に好適な技術を提供することが可能となる。

10

【0070】

(変形例)

本実施の形態1においては、画像変化量として、上述した画像の特徴量以外の量を用いることも可能である。例えば、正規化相互相關を画像変化量としてもよいし、SSD（対応する画素成分の差の2乗和）やSAD（対応する画素成分の差の絶対値和）などの類似度を画像変化量としてもよい。また、画像全体に対してその画像の画素値平均を乗算または除算した結果のSSDやSADを画像変化量としてもよいし、画像を分割した分割画像に対して各分割画像の画素値平均を乗算または除算した結果のSSDやSADを画像変化量としてもよい。さらに、空間内で規則的に（例えば等間隔に）選択された点や、局所的な特徴が大きい特徴点を算出し、そのような点の動き量またはオプティカルフローの大きさ（絶対値）を画像変化量とすることも可能である。ここで述べた画像変化量は、エッジ部のなす図形の面積を特徴量としてその変化を算出した場合とは質的に異なる変化を生じるため、傾向が異なるシーンの画像を抽出することができる。この意味で、画像変化量としては、対象となる画像の特質などに応じてさまざまな量を適用することが可能である。

20

【0071】

図7は、本実施の形態1の一変形例に係る画像処理装置の構成を示す図であり、具体的には、特徴量算出処理を行わずに画像変化量を求める場合の画像処理装置の構成を示す図である。同図に示す画像処理装置1-2は、演算機能および制御機能を備えた演算部201が特徴量算出部を具備していない。この点を除く画像処理装置1-2の構成は、画像処理装置1の構成と同様である。このため、図7では、画像処理装置1が具備する部位と同じ部位に対して、画像処理装置1の場合と同じ符号を付してある。

30

【0072】

図8は、画像処理装置1-2が行う画像処理方法の概要を示すフローチャートである。画像処理装置1-2では、画像読み込み部111が記憶部102から画像情報を取得（ステップS111）した後、画像変化量算出部113において所定の画像変化量を算出する（ステップS112）。ここで得た画像変化量は、特徴量を算出することなく求められる量であり、上記のごとく相関、差分または類似度等に基づいて定義される量のいずれかを適用することができる。画像変化量を算出した後のステップS113～S117の処理は、上記実施の形態1に係る画像処理方法のステップS104～S108の処理に順次対応している。

40

【0073】

以上説明した本実施の形態1の一変形例によれば、上述した実施の形態1と同様の効果を得ることができる。

【0074】

(実施の形態2)

図9は、本発明の実施の形態2に係る画像処理方法の処理の概要を示すフローチャートである。本実施の形態2では、種類が異なる複数の特徴量を用いてシーンが変化する位置にある画像の抽出を行う。なお、本実施の形態2に係る画像処理装置は、上述した画像処理装置1と同様の構成を有する。

50

【0075】

まず、画像読み込み部111が、画像列を構成する全画像枚数、画像サイズ等の情報を記憶部102から読み込んで取得する（ステップS201）。その後、特微量算出部112で画像ごとに複数の特微量を算出する（ステップS202）。以下の説明では、特微量の個数をM（Mは2以上の整数）とし、画像列を構成する画像の個数をN（Nは2以上の整数）とする。また、画像列を構成する画像の画像情報を、撮影時間順にI₁, I₂, …, I_Nとする。ステップS202で求められた全ての特微量は、q番目の画像に対して算出されたp番目の特微量をF_{q,p}と表すと、次式（1）で表される特微量行列Fとしてまとめられる。

【数1】

$$F = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} & \cdots & F_{1p} & \cdots & F_{1M} \\ F_{21} & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ F_{q1} & \cdots & \cdots & F_{qp} & & \vdots \\ \vdots & & & & \ddots & \vdots \\ F_{N1} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & F_{NM} \end{pmatrix} \quad \cdots(1)$$

10

【0076】

種類が異なる複数の特微量を用いる場合、各特微量の大きさは統一されているわけではない。このため、単に特微量を成分とするベクトルを構成した場合、ベクトルの大きさに対して閾値処理を行うと、相対的に大きい値を有する特微量の影響が支配的となり、相対的に小さい値を有する特微量の影響が反映されなくなってしまう。そこで、本実施の形態2では、特微量算出部112において、ステップS202で算出した複数の特微量の正規化処理を行い、この正規化処理によって得られた値を成分とする特微量ベクトルを生成する（ステップS203）。

【0077】

【数2】

具体的には、画像情報I_qの特微量ベクトル \vec{f}_q は、次式(2)で与えられる。

30

$$\vec{f}_q = \sum_{j=1}^M w_j \cdot \{ \kappa_j \cdot (F_{qj} - \bar{F}_j) \} \cdot \vec{i}_j \quad \cdots(2)$$

ここで、各特微量方向に相当する次元の単位ベクトル \vec{i}_p （p=1, 2, …, M）は、

$\forall p, p' (p \neq p'; p' = 1, 2, \dots, M)$; $\vec{i}_p \perp \vec{i}_{p'}$ を満たしている。また、式(2)では、

次元ごとの重み係数を $w_1 \sim w_M$ としている。さらに、特微量の（画像）平均 \bar{F}_p

および正規化係数 κ_p は、それぞれ次式(3)および(4)で与えられる。

$$\bar{F}_p = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F_{jp} \quad \cdots(3)$$

40

$$\kappa_p = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (F_{jp} - \bar{F}_p)^2 \right\}^{-1/2} = \frac{1}{\sigma_p} = \frac{1}{\sqrt{v_p}} \quad \cdots(4)$$

式(4)で、 σ_p は標準偏差、 v_p は分散である。

【0078】

この後、画像変化量算出部113では、所定の画像間における正規化された特微量（特微量ベクトル）の変化を算出する（ステップS204）。ここで算出する特微量ベクトルの変化は、各特微量の変化を組み合わせることによって得られる特微量の統合変化量に他ならない。

50

【0079】

次に、画像変化量情報付与部114が、特徴量の変化に関する情報を対応する画像に対して付与する(ステップS205)。以下、特徴量の変化に関する情報として画像間の類似度を用いる場合を説明する。

【数3】

画像情報 I_p に対する画像情報 $I_{p'}$ の類似度は、特徴ベクトル \vec{f}_p および $\vec{f}_{p'}$ を用いることにより、次式(5)で定義される。

$$Sim_{pp'} = \|\vec{f}_p - \vec{f}_{p'}\| \quad \cdots(5)$$

この定義によれば、類似度が高いほど $Sim_{pp'}$ の値は小さい。本実施の形態2では、時間的に隣接する画像情報 I_p と画像情報 I_{p-1} との類似度として、

$$Sim_{pp-1} = \|\vec{f}_p - \vec{f}_{p-1}\| \quad \cdots(6)$$

を算出する。

10

【0080】

続いて、画像抽出部115は、ステップS205で算出された類似度 $Sim_{p_{-1}}$ を用いて画像の並べ替えを行う(ステップS206)。この後、画像抽出部115は、ステップS205で付与された類似度 $Sim_{p_{-1}}$ の値が小さい画像から予め設定した数の画像を順次抽出する(ステップS207)。そして、ステップS206で抽出された画像を撮影時間順に再度並べ替えを行い、この並べ替えた画像列に関する情報を抽出情報として出力し、記憶部102に格納する(ステップS208)。

20

【0081】

最後に、ステップS208で生成された抽出情報に基づいて、抽出した画像を含む情報を表示部103で表示する(ステップS209)。

【0082】

以上説明した本発明の実施の形態2によれば、実施の形態1と同様に、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することができる画像処理装置、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することができる。

30

【0083】

また、本実施の形態2によれば、種類が異なる複数の特徴量を算出することにより、様々な場面に対応可能なシーン検出を行うことができる。

【0084】

さらに、本実施の形態2によれば、種類が異なる特徴量に関して正規化処理を行うことにより、各特徴量の性質が反映されたシーン検出を行うことが可能となる。

【0085】

(実施の形態3)

図10は、本発明の実施の形態3に係る画像処理方法の処理の概要を示すフローチャートである。本実施の形態3では、種類が異なる複数の特徴量に関してそれぞれ特徴量の変化を求め、特徴量ごとに所定の数の画像を抽出した後、各特徴量に付与された重要度に応じた抽出画像の順序付けを行い、この順序付けた画像列から再度画像の抽出を行う。なお、本実施の形態3に係る画像処理装置は、上述した画像処理装置1と同様の構成を有する。

40

【0086】

まず、画像読み込み部111が、画像列を構成する全画像枚数、画像サイズ等の情報を記憶部102から読み込んで取得する(ステップS301)。その後、特徴量算出部112で画像ごとに複数の特徴量を算出する(ステップS302)。次に、画像変化量算出部113で特徴量ごとに所定の画像間の特徴量の変化を算出し(ステップS303)、画像変化量情報付与部114が特徴量の変化に関する情報を対応する画像に付与する(ステッ

50

PS304)。続いて、各特徴量に対して特徴量の変化に基づく画像の並べ替えを行い(ステップS305)、設定した数の画像を抽出する(ステップS306)。なお、ステップS302～ステップS306の処理(図10の破線で囲まれた領域内の処理)は、特徴量ごとにループ演算処理として行ってもよい。

【0087】

ところで、ステップS306では、特徴量ごとに予め設定された数の画像が独立に抽出される(ここで抽出される画像の数は、一般には特徴量によらずに一定)。このため、各特徴量で抽出される画像の中には、複数の特徴量に対して重複して抽出される画像も含まれる可能性がある。そこで、以下に説明する処理を経て最終的に抽出する画像の数は、ステップS306が終了した時点で抽出される画像の総数よりも少なく設定しておく方がより好ましい。

10

【0088】

続くステップS307では、画像抽出部115が、抽出した画像に対して特徴量の重要度に応じた抽出画像の順序付けを行う。すなわち、重要度が最も高い特徴量に対してステップS306で抽出した画像を抽出順に並べた後、重要度が2番目に高い特徴量に対してステップS306で抽出した画像を抽出順に並べる。その後も、重要度が高い特徴量の順に、抽出画像を順序付けていく。この際には、各特徴量のステップS306における抽出順は保持したまま順序付けを行う。なお、このステップS307で参照する特徴量の重要度は、予め設定しておいてもよいし、その都度ユーザが入力部104によって入力設定するようにしてもよい。いずれにせよ、本実施の形態3では、特徴量の重要度自体を求める処理は行われない。

20

【0089】

次に、画像抽出部115は、ステップS307で特徴量の重要度に応じて順序付けされた画像列から最終的に抽出すべき数の画像を抽出する(ステップS308)。具体的には、まず重要度が最も低い特徴量に対してステップS306で並べ替えた画像列の中で最低順位の画像から順次削除していく。この際、例えば画像の特徴量の変化に相当する量として式(5)に示すような類似度 $Sim_{p,q}$ を適用する場合には、画像に付与されている類似度 $Sim_{p,q}$ の値が大きい画像から順次削除していくべき。このようにして重要度が最も低い特徴量の画像を全て削除しても、未だ最終的に抽出すべき数よりも多くの画像が残っている場合には、次に重要度が低い特徴量に対して上記同様の処理を行い、最終的に抽出すべき枚数に達するまで画像を削除していく。なお、このステップS308における画像の削除方法としては、上記以外にもさまざまな方法を適用することができ、抽出し過ぎた画像に関する類似度や並べ替えの順序に基づく適当な演算処理にしたがって画像を削除することができる。

30

【0090】

その後、画像抽出部115では、ステップS308で抽出した画像を撮影時間順に再度並べ替えを行い、この並べ替えた画像列に関する情報を抽出情報として出力し、記憶部102に格納する記憶部102に格納する(ステップS309)。

【0091】

最後に、ステップS208で生成された抽出情報に基づいて、抽出した画像を含む情報を表示部103で表示する(ステップS310)。

40

【0092】

以上説明した本発明の実施の形態3によれば、実施の形態1と同様に、設定した数の画像を短い処理時間で確実に検出することができる画像処理装置、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することができる。

【0093】

また、本実施の形態3によれば、特徴量の重要度を考慮した画像の抽出を行うことにより、特定の特徴を有する画像が偏って抽出されたり、同じ画像が重複して抽出されるのを抑制することができる。

【0094】

50

(その他の実施の形態)

ここまで、本発明を実施するための最良の形態として、実施の形態 1 ~ 3 を詳述してきたが、本発明はそれらの実施の形態によってのみ限定されるべきものではない。

【 0 0 9 5 】

例えば、抽出した画像の中に、表示しても観察しにくい画像があると、画像を閲覧し難くなる。例えば、そのような不適切な画像を用いて診断を行う場合には、診断効率が低下してしまうことが考えられる。そこで、画像抽出部は、特徴量算出部が算出した特徴量に基づいて各画像が抽出画像として不適切な画像であるか否かを判別し、不適切な画像である場合にはその画像を除外しながら画像を抽出するようにしてもよい。これにより、画像抽出部は、観察しにくい画像を抽出しなくなるので、そのような画像を表示しないで済む。したがって、例えば、抽出した画像を用いて診断を行う場合には、診断効率の低下を抑制することができる。

【 0 0 9 6 】

上述した不適切な画像の特徴を示す特徴量として、例えば画素値の統計量（平均値等）を適用することができる。この場合、特徴量算出部によって算出された特徴量としての画素値の統計量が所定の閾値よりも大きいとき、画像抽出部は、その画像が明るすぎるために観察しにくい不適切な画像であると判別し、その画像を抽出対象から除外する。他方、特徴量算出部によって算出された画素値の統計量が所定の閾値よりも小さいとき、画像抽出部は、その画像が暗すぎるために観察しにくい画像であると判別し、その画像を抽出対象から除外する。

10

20

【 0 0 9 7 】

このように、本発明は、ここでは記載していないさまざまな実施の形態等を含みうるものであり、特許請求の範囲により特定される技術的思想を逸脱しない範囲内において種々の設計変更等を施すことが可能である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 8 】

以上のように、本発明に係る画像処理装置、画像処理方法、および画像処理プログラムは、連続撮影された画像列や、動画像フレーム画像列から、シーンの変化する画像の位置や、有効な画像の位置を検出する場合に有用である。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 9 9 】

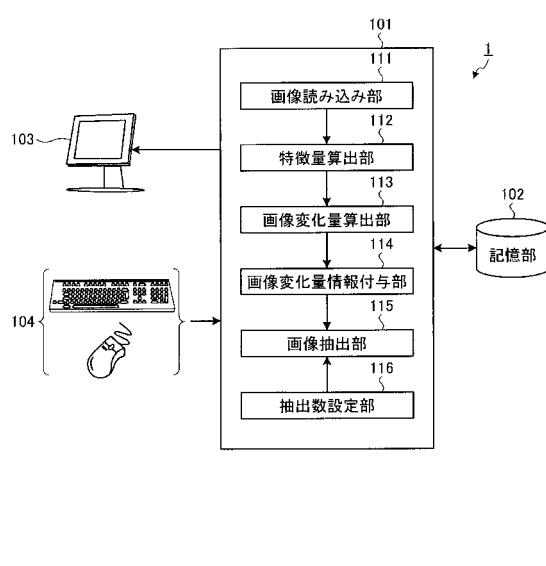
- 1、1 - 2 画像処理装置
- 2 カプセル型内視鏡
- 3 受信装置
- 3 a、3 b、・・・、3 h 受信アンテナ
- 4 携帯型記録媒体
- 4 1、4 2、4 3 画像
- 4 1 e、4 2 e、4 3 e エッジ抽出画像
- 1 0 1、2 0 1 演算部
- 1 0 2 記憶部
- 1 0 3 表示部
- 1 0 4 入力部
- 1 1 1 画像読み込み部
- 1 1 2 特徴量算出部
- 1 1 3 画像変化量算出部
- 1 1 4 画像変化量情報付与部
- 1 1 5 画像抽出部
- 1 1 6 抽出数設定部
- 4 0 1、4 0 2、4 0 3 オブジェクト
- 4 0 1 e、4 0 2 e、4 0 3 e エッジ部

40

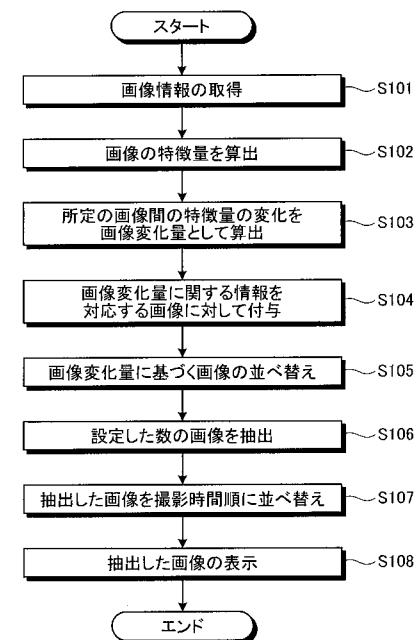
50

- 5 0 1 連続画像列
 5 0 2 シーンチェンジ画像群
 5 0 3 画像群
 H 被検体

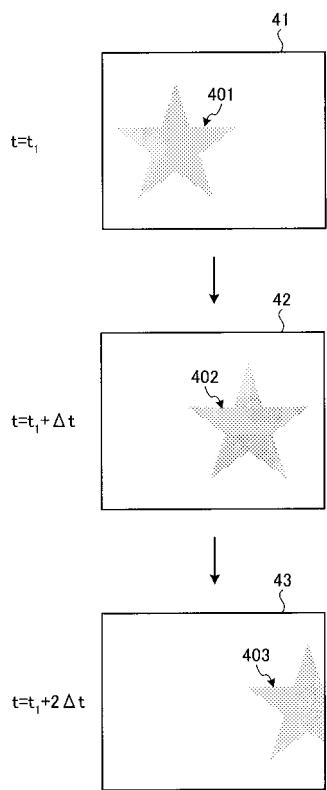
【図1】



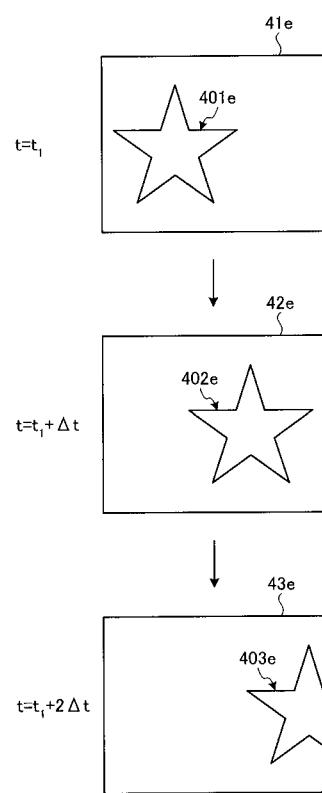
【図2】



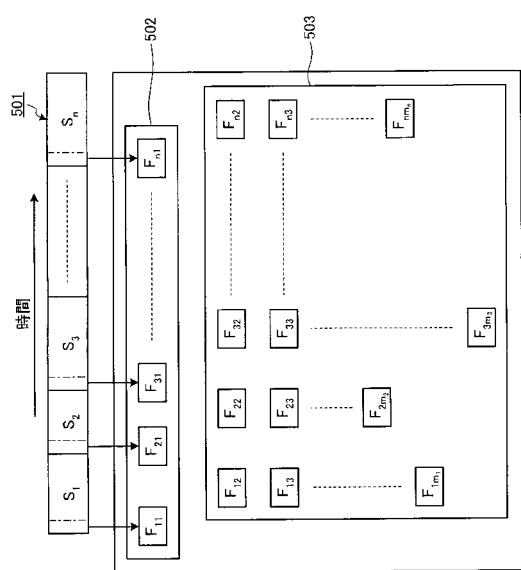
【図3】



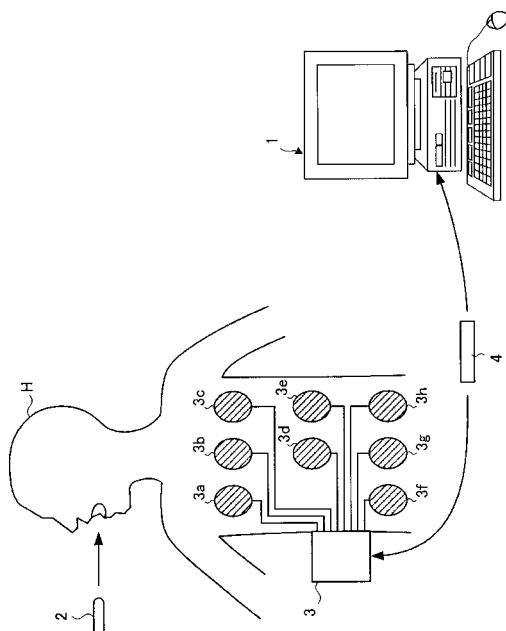
【図4】



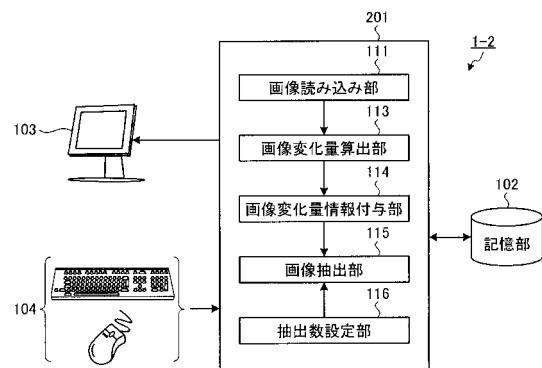
【図5】



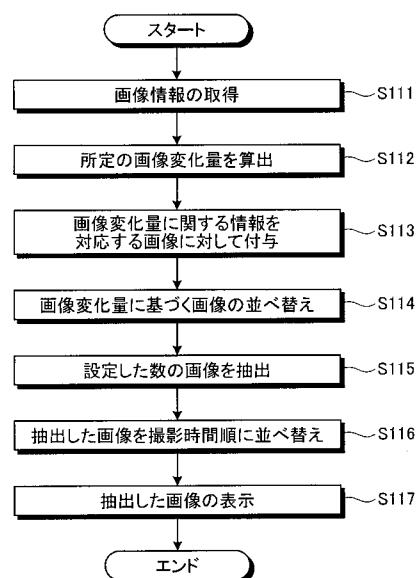
【図6】



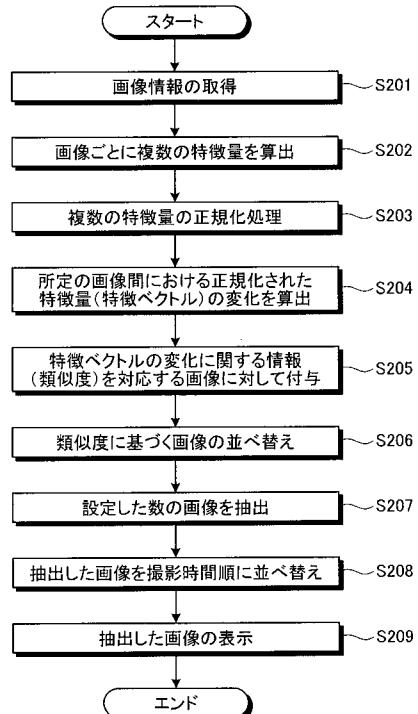
【図7】



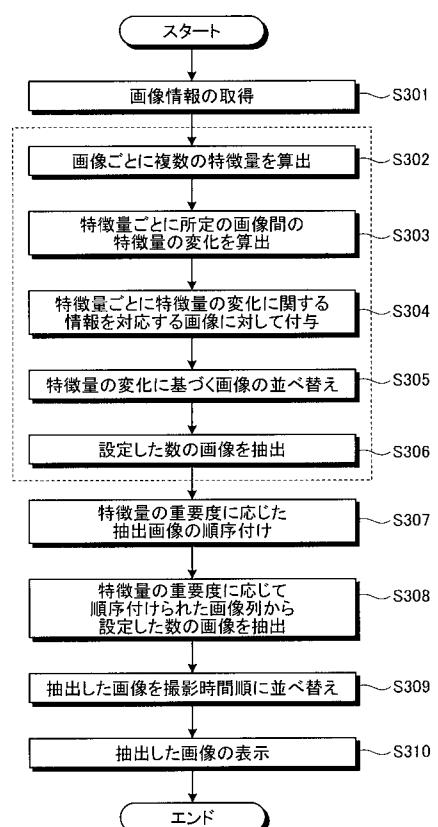
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-197405(JP,A)
特開2005-137395(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00
G06T 7/00, 7/20~7/60
H04N 5/91~5/95

专利名称(译)	图像处理设备，图像处理方法和图像处理程序		
公开(公告)号	JP5080485B2	公开(公告)日	2012-11-21
申请号	JP2008537423	申请日	2007-07-13
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	松崎弘 神田大和		
发明人	松崎 弘 神田 大和		
IPC分类号	A61B1/00 H04N5/93 G06T7/20		
CPC分类号	G06T7/254 G06T2207/10016 G06T2207/10068 G06T2207/30028 H04N19/142		
FI分类号	A61B1/00.320.B H04N5/93.Z G06T7/20.C		
代理人(译)	酒井宏明		
优先权	2006271134 2006-10-02 JP		
其他公开文献	JPWO2008041401A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种图像处理装置，图像处理方法和图像处理程序，其能够在短的处理时间内确定地检测设定数量的图像。为了实现该目的，从存储单元读取并获取关于构成连续图像序列的图像的图像信息；使用所获取的图像信息计算至少两个图像之间的预定图像改变量；并且，在关于图像改变量的信息被添加到对应图像之后，基于添加的信息从图像序列中提取预定数量的图像。

$$\bar{F}_p = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F_{jp} \quad \dots (3)$$

$$\kappa_p = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (F_{jp} - \bar{F}_p)^2 \right\}^{-1/2} = \frac{1}{\sigma_p} = \frac{1}{\sqrt{v_p}}$$

式(4)で、 σ_p は標準偏差、 v_p は分散である。