

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6066282号  
(P6066282)

(45) 発行日 平成29年1月25日(2017.1.25)

(24) 登録日 平成29年1月6日(2017.1.6)

(51) Int. Cl. F I  
**G06T 3/00 (2006.01)** G06T 3/00 700  
**G06T 5/00 (2006.01)** G06T 5/00 705

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-267475 (P2012-267475)	(73) 特許権者	506122327
(22) 出願日	平成24年12月6日 (2012.12.6)		公立大学法人大阪市立大学
(65) 公開番号	特開2014-115725 (P2014-115725A)		大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
(43) 公開日	平成26年6月26日 (2014.6.26)	(74) 代理人	100124039
審査請求日	平成27年10月23日 (2015.10.23)		弁理士 立花 顕治
		(74) 代理人	100156845
			弁理士 山田 威一郎
		(74) 代理人	100124431
			弁理士 田中 順也
		(74) 代理人	100112896
			弁理士 松井 宏記
		(74) 代理人	100179213
			弁理士 山下 未知子

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及び画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出するスムージング部と、

前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算する係数算出部と

を備え、

前記スムージング部は、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を変数として定義される目的関数の最適解を導出し、

前記目的関数は、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像の滑らかさの指標を含むように定義される、

画像処理装置。

【請求項2】

前記目的関数は、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像と前記対象画像との差分と、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像の前記滑らかさの指標とを組み合わせで定義される、

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

10

20

前記スムージング部は、前記目的関数の前記最適解が見つかるまで、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を連動させて少しずつ変化させる、  
請求項 1 又は 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

第 1 対象画像及び第 2 対象画像のそれぞれに対して前記スムージング部及び前記係数算出部により算出された前記変換係数に基づいて、前記第 1 対象画像の視点を前記第 2 対象画像の視点に一致させる特定のアフィン変換の変換係数を算出し、前記特定のアフィン変換の変換係数に基づいて、前記第 1 対象画像又は前記第 1 対象画像の前記スムージング画像に前記特定のアフィン変換を施すアフィン変換部

をさらに備える、

10

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 対象画像又は前記第 1 対象画像の前記スムージング画像に対し前記特定のアフィン変換が施された画像と、前記第 2 対象画像又は前記第 2 対象画像の前記スムージング画像とを比較し、前記比較の結果に基づいて、画像認識及び/又は画像検索を行う演算部をさらに備える、

請求項 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記対象画像から前記スムージング画像を導出することには、前記対象画像の輪郭線から前記スムージング画像の輪郭線を導出することが含まれる、

20

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 7】

任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出するステップと、

前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算するステップと

をコンピュータに実行させ、

前記計量テンソルを導出するステップは、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を変数として定義される目的関数の最適解を導出するステップを含み、

30

前記目的関数は、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像の滑らかさの指標を含むように定義される、

画像処理プログラム。

【請求項 8】

任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出するステップと、

前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算するステップと

40

を備え、

前記計量テンソルを導出するステップは、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を変数として定義される目的関数の最適解を導出するステップを含み、

前記目的関数は、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像の滑らかさの指標を含むように定義される、

画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

## 【0001】

本発明は、対象画像をスムージングする画像処理装置、画像処理プログラム及び画像処理方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

被写体を正面からではなく斜めから撮影すると、撮影画像上で被写体は歪んで捉えられる。例えば、正面から撮影すると正方形に写る被写体であっても、斜めから撮影すると長方形や、平行四辺形、台形等に歪んでしまう。画像処理の分野においては、このような視点の移動による幾何学的歪みを評価することは重要な課題の1つであるが、その方法の1つとして、この歪みをアフィン変換による歪みと捉えて処理する方法が提案されている（例えば、特許文献1等）。特許文献1では、アフィン変換の変換係数が算出され、この変換係数に基づいて対象画像が逆変換されることにより、歪みが補正されたアフィン変換前の画像が導出される。

10

## 【0003】

ところで、従来、画像をスムージングする方式としては、ガウス関数型のフィルタを用いて画像をフィルタリングする方式が一般的である。しかしながら、この方式は、アフィン変換に対し共変な性質を有していない。言い換えると、この方式では、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換した結果とが一致しない（図1参照）。このことは、スムージングという処理が被写体を捉える視点の位置に依存していることを意味する。そして、通常、画像認識等の処理は、スムージング後の画像に対して行われるが、スムージングが視点の位置に依存していると、画像認識等の処理も、視点の位置に影響されることになり、好ましくない。例えば、同じ被写体を異なる視点から撮影した2枚の画像が存在する場合において、これらをスムージングした後、両者の視点を一致させるようなアフィン変換を行ったとする。この場合、アフィン変換により視点が一致しているにも関わらず、スムージングの作用により、2枚のスムージング後の画像は異なるものとなる。従って、視点の位置に依存するスムージングの方式では、異なる視点から撮影した2枚の画像の類似性を正確に評価することができず、画像認識等の処理の精度の低下を招くことになる。

20

## 【0004】

ここで、非特許文献1に開示される曲線発展と呼ばれる方式は、アフィン変換に対して不変な性質を有する微分方程式によって時々刻々曲線を変化させながら、曲線をスムージングする方式であり、アフィン変換に対して共変な性質を有している。すなわち、この方式によれば、視点の位置に依存しないスムージングが実現されることになる。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2003-317033号公報

## 【非特許文献】

## 【0006】

【非特許文献1】“Affine Invariant Detection: Edges, Active Contours, and Segments”, Peter J Olver, Guillermo Sapiro and Allen Tannenbaum, Proceedings - IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p520-p525, 1996

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかしながら、非特許文献1の方式では、視点の位置に依存しないスムージングが行われるものの、画像がどのようにアフィン変換されたのかという情報、すなわち、アフィン変換の変換係数（変換行列等）が算出されることはない。言い換えると、画像の視点を把握した上で、画像を詳細に調べることができない。

50

## 【0008】

本発明は、対象画像を視点の位置に依存しない方式でスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することが可能な画像処理装置、画像処理プログラム及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】

## 【0009】

本発明の第1観点に係る画像処理装置は、スムージング部と、係数算出部とを備える。前記スムージング部は、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出する。前記スムージングは、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で行われる。前記係数算出部は、前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算する。なお、対象画像に固有のアフィン変換とは、正方形や正三角形や真円のような正規形から対象画像への歪みを表すアフィン変換である。

10

## 【0010】

ここでは、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式で、対象画像がスムージングされる。すなわち、このスムージング方式によれば、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致する。従って、このスムージングは、被写体を捉える視点の位置に依存しない。また、ここでは、このスムージングの結果として、スムージング画像とともに、対象画像に固有の計量テンソルが導出される。この計量テンソルは、対象画像に固有のアフィン変換の変換係数へ変換可能である。従って、対象画像が正方形や正三角形や真円のような正規形に見える視点を基準としたときに、対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定する情報であると言える。以上より、ここでは、対象画像を視点の位置に依存しない方式でスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することができる。

20

## 【0011】

本発明の第2観点に係る画像処理装置は、第1観点に係る画像処理装置であって、前記スムージング部は、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を変数として定義される目的関数の最適解を導出する。なお、最適解を導出することには、最適解の近似解を導出することが含まれる。

30

## 【0012】

ここでは、スムージングとは、対象画像に固有の計量テンソル及びスムージング画像の少なくとも2変数の関数である目的関数を最適化する処理である。すなわち、このスムージングによれば、目的関数に最適解を与える変数の値として、スムージングの結果であるスムージング画像と、対象画像に固有のアフィン変換の変換係数へ換算可能な計量テンソルとが得られる。従って、対象画像をスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することができる。

## 【0013】

本発明の第3観点に係る画像処理装置は、第2観点に係る画像処理装置であって、前記目的関数は、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像と前記対象画像との差分と、前記計量テンソルを用いて表される、前記スムージング画像の滑らかさの指標とを組み合わせ定義される。

40

## 【0014】

ここでは、スムージング時に最適化される目的関数が、スムージング画像と対象画像との差分と、スムージング画像の滑らかさの指標とを組み合わせ定義される関数である。従って、この目的関数を最適化することで、スムージング画像がスムージング前の対象画像と余り変わらない範囲で、スムージング画像を滑らかにすることができる。なお、スムージング画像の滑らかさの指標とは、例えば、スムージング画像の輪郭線の長さ(輪郭線の長さが短いほど、滑らか)や、スムージング画像の画素値の関数の表面積(表面積が小

50

さいほど、滑らか)等として表すことができる。

【0015】

本発明の第4観点に係る画像処理装置は、第2観点又は第3観点に係る画像処理装置であって、前記スムージング部は、前記目的関数の前記最適解が見つかるまで、前記計量テンソル及び前記スムージング画像を連動させて少しずつ変化させる。

【0016】

ここでは、スムージング時に、計量テンソル及びスムージング画像をともに少しずつ変化させながら、目的関数の最適解が探索される。従って、複雑な目的関数に対しても、最適解を見つけることができる。

【0017】

本発明の第5観点に係る画像処理装置は、第1観点から第4観点のいずれかに係る画像処理装置であって、アフィン変換部をさらに備える。前記アフィン変換部は、第1対象画像及び第2対象画像のそれぞれに対して前記スムージング部及び前記係数算出部により算出された前記変換係数に基づいて、前記第1対象画像の視点を前記第2対象画像の視点に一致させる特定のアフィン変換の変換係数を算出し、前記特定のアフィン変換の変換係数に基づいて、前記第1対象画像又前記第1対象画像の前記スムージング画像に前記特定のアフィン変換を施す。

【0018】

ここでは、2枚の対象画像のそれぞれに固有のアフィン変換の変換係数に基づいて、2枚の対象画像の一方に対し、2枚の対象画像間又はそのスムージング画像間の視点を一致させるような特定のアフィン変換が施される。従って、2枚の対象画像間又はこれらのスムージング画像間で、視点のずれの影響をキャンセルすることができる。

【0019】

本発明の第6観点に係る画像処理装置は、第5観点に係る画像処理装置であって、演算部をさらに備える。前記演算部は、前記第1対象画像又は前記第1対象画像の前記スムージング画像に対し前記特定のアフィン変換が施された画像と、前記第2画像又は前記第2画像の前記スムージング画像とを比較し、前記比較の結果に基づいて、画像認識及び/又は画像検索を行う。

【0020】

ここでは、視点のずれの影響がキャンセルされた画像(対象画像又はスムージング画像)どうしを比較することにより、画像認識及び/又は画像検索が行われる。従って、画像認識及び/又は画像検索を精度よく行うことができる。

【0021】

本発明の第7観点に係る画像処理装置は、第1観点から第6観点のいずれかに係る画像処理装置であって、前記対象画像から前記スムージング画像を導出することには、前記対象画像の輪郭線から前記スムージング画像の輪郭線を導出することが含まれる。

【0022】

ここでは、対象画像の輪郭線からスムージング画像の輪郭線が導出される。従って、対象画像に写る被写体の輪郭線をスムージングすることができる。

【0023】

本発明の第8観点に係る画像処理プログラムは、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出するステップと、前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算するステップとをコンピュータに実行させる。前記スムージングは、前記対象画像を任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で行われる。

【0024】

ここでは、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式で、対象画像がスムージングされる。すなわち、このスムージング方式によれば、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果と

10

20

30

40

50

が一致する。従って、このスムージングは、被写体を捉える視点の位置に依存しない。また、ここでは、このスムージングの結果として、スムージング画像とともに、対象画像に固有の計量テンソルが導出される。この計量テンソルは、対象画像に固有のアフィン変換の変換係数へ変換可能である。従って、対象画像が正方形や正三角形や真円のような正規形に見える視点を基準としたときに、対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定する情報であると言える。以上より、ここでは、対象画像を視点の位置に依存しない方式でスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 9 観点に係る画像処理方法は、対象画像をスムージングしたスムージング画像を導出しながら、前記対象画像に固有の計量テンソルを導出するステップと、前記計量テンソルを前記対象画像に固有のアフィン変換の変換係数に換算するステップとを備える。前記スムージングは、任意のアフィン変換に対し、前記対象画像をアフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致するようなスムージング方式で行われる。

10

【 0 0 2 6 】

ここでは、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式で、対象画像がスムージングされる。すなわち、このスムージング方式によれば、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致する。従って、このスムージングは、被写体を捉える視点の位置に依存しない。また、ここでは、このスムージングの結果として、スムージング画像とともに、対象画像に固有の計量テンソルが導出される。この計量テンソルは、対象画像に固有のアフィン変換の変換係数へ変換可能である。従って、対象画像が正方形や正三角形や真円のような正規形に見える視点を基準としたときに、対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定する情報であると言える。以上より、ここでは、対象画像を視点の位置に依存しない方式でスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することができる。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明によれば、対象画像を視点の位置に依存しない方式でスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定することができる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】アフィン変換に対し共変な性質を有さない方式でスムージングされる場合の従来技術の問題点を説明するための概念図。

【 図 2 】本発明の第 1 実施形態に係る画像処理装置の構成を示すブロック図。

【 図 3 】アフィン変換に対し共変な性質を有する方式でスムージングされる本発明の第 1 実施形態の特徴を説明するための概念図。

【 図 4 】本発明の第 1 実施形態に係るスムージング処理の流れを示すフローチャート。

【 図 5 】図 4 に示す処理に含まれるステップ S 2 の詳細な流れを示すフローチャート。

40

【 図 6 】対象画像間の類似性を判断する処理の流れを示すフローチャート。

【 図 7 】本発明の第 2 実施形態に係る画像処理装置の構成を示すブロック図。

【 図 8 】本発明の第 2 実施形態に係るスムージング処理の流れを示すフローチャート。

【 図 9 】図 8 に示す処理に含まれるステップ S 5 1 の詳細な流れを示すフローチャート。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 9 】

以下、図面を参照しつつ、本発明のいくつかの実施形態に係る画像処理装置、画像処理プログラム及び画像処理方法について説明する。

< 1 . 第 1 実施形態 >

< 1 - 1 . 画像処理装置のハードウェア構成 >

50

図 2 に示す画像処理装置 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る画像処理装置である。画像処理装置 1 は、ハードウェアとしては、汎用のパーソナルコンピュータであり、ここに CD-ROM、USB メモリ等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体 5 から、又はインターネット、LAN 等のネットワーク 6 を介して別の装置から画像処理プログラム 2 がインストールされることにより製造される。画像処理プログラム 2 は、本発明の第 1 実施形態に係る画像処理プログラムであり、画像をスムージングする機能を有するアプリケーションソフトウェアである。画像処理プログラム 2 は、画像処理装置 1 に後述する動作に含まれるステップを実行させる。

#### 【0030】

画像処理装置 1 は、表示部 10、入力部 20、記憶部 30、制御部 40 および通信部 50 を備えている。これらの部 10 ~ 50 は、互いにバス線 7 で接続されており、相互に通信可能である。本実施形態では、表示部 10 は、液晶ディスプレイ等で構成されており、適当な画面をユーザに対し表示するユーザインターフェースである。また、入力部 20 は、マウス、キーボード等で構成されており、画像処理装置 1 に対するユーザからの操作を受け付けるユーザインターフェースである。通信部 50 は、画像処理装置 1 をネットワーク 6 に接続するほか、USB メモリやメモリカード、CD-ROM、外付けハードディスク、デジタルカメラなどの外部記憶装置からデータを受け取る通信インターフェースとして機能する。

#### 【0031】

記憶部 30 は、ハードディスクやフラッシュメモリ等の不揮発性の記憶装置から構成されている。記憶部 30 内には、画像処理プログラム 2 が格納されるとともに、計量テンソル記憶領域 31 及び輪郭線記憶領域 32 が確保されている。これらの領域 31, 32 の役割については、後述する。

#### 【0032】

制御部 40 は、CPU、ROM および RAM 等から構成されており、記憶部 30 内に格納されている画像処理プログラム 2 を読み出して実行することにより、仮想的に輪郭抽出部 41、スムージング部 42、係数算出部 43、アフィン変換部 44 及び演算部 45 として動作する。各部 41 ~ 45 の動作については、後述する。

#### 【0033】

< 1 - 2 . 画像処理装置の動作 >

< 1 - 2 - 1 . スムージング処理 >

画像処理装置 1 は、対象画像に写る被写体の輪郭線をスムージングする機能を有している。ここでのスムージング形式は、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式であり、従って、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致する(図 3 参照)。ここで、画像をアフィン変換するとは、画像内の被写体を捉える視点の位置を移動させることである。従って、ここでのスムージングは、視点の位置に依存しないスムージングであると言えることができ、さらに言うならば、被写体の世界でのスムージングである。また、画像処理装置 1 は、対象画像をスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定する情報として、対象画像に固有のアフィン変換(以下、対象アフィン変換)の変換係数へ変換可能な、対象画像に固有の計量テンソル(以下、対象計量テンソル)を導出する。なお、対象アフィン変換とは、正方形や正三角形や真円のような正規形から対象画像への歪みを表すアフィン変換である。以下、図 4 を参照しつつ、スムージングの処理の流れについて、詳細に説明する。

#### 【0034】

図 4 に示すスムージングの処理は、ユーザの指定により入力部 10 を介して手動で、又は何らかの処理の中で自動的に、スムージングの対象となる対象画像が特定された場合に開始する。

#### 【0035】

まず、ステップ S1 として、輪郭抽出部 41 が対象画像から輪郭線 11 を抽出する。な

10

20

30

40

50

お、画像に含まれる輪郭線を抽出するアルゴリズムとしては、様々なものが公知であり、本実施形態においても当業者が適宜選択することが可能であるから、ここでは、詳しい説明を省略する。

【0036】

以下、ステップS1で抽出された、対象画像が存在するx-y平面上における輪郭線L1上の点を $(x(s), y(s))$ と表す。ここで、sは、媒介変数であり、例えば、0から $s_0$ の値をとり、点 $(x(s), y(s))$ は、 $s=0$ のときに輪郭線L1の始点から出発し、sが大きくなるにつれて輪郭線L1上を時計回りに辿って行き、 $s=s_0$ のときに輪郭線L1の終点に達する。ここで、輪郭線L1が閉じた線である場合には、始点と終点一致し、 $x(0)=x(s_0)$ かつ $y(s)=y(s_0)$ となる。

10

【0037】

続いて、ステップS2として、スムージング部42が、ステップS1で抽出された輪郭線L1をスムージングすることにより、スムージング後の輪郭線L1を導出する。以下では、上記x-y平面上における輪郭線L1上の点を $(X(s), Y(s))$ と表す。

【0038】

具体的には、ステップS2では、以下の数1の式のとおり定義される評価関数 $J(X(s), Y(s), g_{11}, g_{12}, g_{22})$ を最小化するような $X(s), Y(s), g_{11}, g_{12}, g_{22}$ を導出することにより、スムージング後の輪郭線L1を表す $X(s), Y(s)$ を得る。

【数1】

20

$$J(X(s), Y(s), g_{11}, g_{12}, g_{22}) = \int \sqrt{g_{11} \left( \frac{dX}{ds} \right)^2 + 2g_{12} \left( \frac{dX}{ds} \right) \left( \frac{dY}{ds} \right) + g_{22} \left( \frac{dY}{ds} \right)^2} ds$$

$$+ \frac{1}{\sigma} \int (g_{11} (X(s) - x(s))^2 + 2g_{12} (X(s) - x(s))(Y(s) - y(s)) + g_{22} (Y(s) - y(s))^2) ds$$

【0039】

ここで、 $g_{11}, g_{12}, g_{22}$ は、対象計量テンソルである。対象計量テンソルは、より正確には、以下の数2の行列式で表される。

30

【数2】

$$\begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{12} & g_{22} \end{pmatrix}$$

すなわち、評価関数Jは、スムージング後の輪郭線L1及び対象計量テンソルを変数とする関数である。

【0040】

40

数1の式に示されるとおり、評価関数Jの第1項は、対象計量テンソル $g_{11}, g_{12}, g_{22}$ を用いて、スムージング後の輪郭線L1の長さを表したものである。ここで、輪郭線L1が短くなればなるほど、輪郭線L1の凸凹が消失していることになるため、第1項は、スムージング後の輪郭線L1の滑らかさの指標であると言える。一方、評価関数Jの第2項は、対象計量テンソル $g_{11}, g_{12}, g_{22}$ を用いて、スムージング後の輪郭線L1の描く軌跡(図形)と、スムージング前の輪郭線L1の描く軌跡(図形)との差分を表したものである。また、評価関数Jは、このような第1項と第2項とが単純に加算される態様で組み合わせられている。従って、評価関数Jを最小化するという事は、スムージング後の輪郭線L1の描く軌跡(図形)が、スムージング前の輪郭線L1の描く軌跡(図形)と余り変わらない範囲で、スムージング後の輪郭線L1を滑らかすることを意味している。すな

50



わち、ステップS 2では、評価関数Jの最小化により、対象画像と余り変わらない範囲で、スムージング後の対象画像（以下、スムージング画像）が滑らかにされる。

【0041】

なお、評価関数Jの第1項及び第2項は、ともに対象計量テンソル $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ を用いて表されているため、評価関数Jの値は、任意のアフィン変換に対して不変である。

【0042】

以下、図5を参照しつつ、評価関数Jを最小化する $X(s)$ 、 $Y(s)$ 、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ を導出するためのアルゴリズムについて、詳細に説明する。

なお、本実施形態では、計算負荷が過大にならないように、面積の不変なアフィン変換のみを考える。そして、この前提の下では、対象計量テンソルを表す3つの変数 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ は、以下の数3の関係式を満たすことになるから、対象計量テンソルを表す未知数を1つ減らすことができる。

【数3】

$$g_{11}g_{22} - g_{12}^2 = 1$$

【0043】

図5の説明に戻ると、まず、ステップS 2 1として、スムージング部4 2は、計量テンソル記憶領域3 1内に $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ の初期値を格納するとともに、輪郭線記憶領域3 2内に $X(s)$ 、 $Y(s)$ の初期値を格納する。なお、これらの初期値としては、当業者が適宜選択することが可能であるが、例えば、 $g_{11} = 1$ 、 $g_{12} = 0$ （従って、 $g_{22} = 1$ ）、 $X(s) = x(s)$ 、 $Y(s) = y(s)$ と設定することができる。

【0044】

次に、ステップS 2 2として、スムージング部4 2は、 $g_{11}$ 及び $g_{12}$ （従って、数3の式に基づいて $g_{22}$ も）を少しずつ変化させながら、評価関数Jを最小化する $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ を算出し、計量テンソル記憶領域3 1内の $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ の値を算出された値で更新する。また、スムージング部4 2は、このときの $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ の更新量（変化量）を計量テンソル記憶領域3 1内に別途記憶しておく。なお、ステップS 2 2で変化させられる変数は、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ のみであり、 $X(s)$ 、 $Y(s)$ の値は、輪郭線記憶領域3 2内の現在値に固定されたまま、演算が進められる。

【0045】

次に、ステップS 2 3として、スムージング部4 2は、最急降下法により、評価関数Jを極小化する $X(s)$ 、 $Y(s)$ を算出し、輪郭線記憶領域3 2内の $X(s)$ 、 $Y(s)$ を算出された値で更新する。すなわち、スムージング部4 2は、以下の数4の式に従って、 $X(s)$ 、 $Y(s)$ を少しずつ変化させてゆき、 $J/X$ 及び $J/Y$ が0又は十分に小さな所定値以下になったときの $X(s)$ 、 $Y(s)$ を、評価関数Jを極小化する $X(s)$ 、 $Y(s)$ と判断する。

【数4】

$$X(s) \rightarrow X(s) - \eta \frac{\delta J}{\delta X}$$

$$Y(s) \rightarrow Y(s) - \eta \frac{\delta J}{\delta Y}$$

ここで、 $\eta$ は、正の小さな定数である。

【0046】

また、スムージング部4 2は、このときの $X(s)$ 、 $Y(s)$ の更新量（変化量）を輪郭線記憶領域3 2内に別途記憶しておく。なお、ステップS 2 3で変化させられる変数は、 $X(s)$ 、 $Y(s)$ のみであり、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$ の値は、計量テンソル記憶領域3 1内の現在値に固定されたまま、演算が進められる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

また、計算負荷が過大にならないように、他の実施形態では、 $J / X$ 及び  $J / Y$ が 0 又は十分に小さな所定値以下になったときの  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  ではなく、所定の回数  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  を変化させた後の  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  の値で、輪郭線記憶領域 3 2 内の  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  を更新してもよい。

## 【 0 0 4 8 】

次に、ステップ S 2 4 では、スムージング部 4 2 は、計量テンソル記憶領域 3 1 及び輪郭線記憶領域 3 2 を参照することにより、直前のステップ S 2 2 及びステップ S 2 3 での  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  ,  $g_{11}$  ,  $g_{12}$  ,  $g_{22}$  の更新量 ( 変化量 ) がそれぞれ所定の閾値より小さいか否かを判断する。ここで、全ての更新量 ( 変化量 ) が所定の閾値より小さいと判断されれば、ステップ S 2 を終了してステップ S 3 に進み ( 図 4 参照 )、そうでなければ、ステップ S 2 2 に戻る。すなわち、ステップ S 2 2 , S 2 3 は、ステップ S 2 2 , S 2 3 での  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  ,  $g_{11}$  ,  $g_{12}$  ,  $g_{22}$  の更新量 ( 変化量 ) の全てが所定の閾値より小さくなるまで、繰り返されることになる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 3 では、係数算出部 4 3 は、以下の数 5 の式に従って、計量テンソル記憶領域 3 1 内の  $g_{11}$  ,  $g_{12}$  ,  $g_{22}$  の現在値を、対象アフィン変換の変換係数  $a_{11}$  ,  $a_{12}$  ,  $a_{21}$  ,  $a_{22}$  ( 対象アフィン変換の変換行列の要素 ) に換算する。変換係数  $a_{11}$  ,  $a_{12}$  ,  $a_{21}$  ,  $a_{22}$  は、記憶部 5 0 内の所定の領域に格納される。

## 【 数 5 】

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{12} & g_{22} \end{pmatrix}$$

## 【 0 0 5 0 】

そして、ステップ S 3 が終了すると、図 4 のスムージング処理が終了する。スムージング処理が終了した時点の輪郭線記憶領域 3 2 内の  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  の現在値は、輪郭線 1 1 をスムージングした輪郭線 L 1 を表すものである。

## 【 0 0 5 1 】

< 1 - 2 - 2 . 用途 >

上述のスムージング処理の結果であるスムージング画像 ( より正確には、スムージング後の輪郭線 L 1 を表す  $X ( s )$  ,  $Y ( s )$  ) 及び対象アフィン変換の変換係数  $a_{11}$  ,  $a_{12}$  ,  $a_{21}$  ,  $a_{22}$  は、様々な画像処理の中で利用することができる。例えば、画像認識及び / 又は画像検索の処理の中で、複数の画像間の類似性を判断するのに利用することにより、画像認識及び / 又は画像検索の精度を向上させることができる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、画像認識及び / 又は画像検索等の画像処理の中で、複数の画像間の類似性が判断される場合とは、例えば、対象画像に対し所定の正解画像を用いてパターンマッチングを行うことにより、対象画像に写っている物体を認識する場合や、検索対象となる画像群の中からクエリ画像に類似する画像を検索する場合等である。以下、図 6 を参照しつつ、複数の対象画像間の類似性を判断する場合を例として、上述のスムージング処理の用途について詳細に説明する。

## 【 0 0 5 3 】

まず、ステップ S 4 1 として、演算部 4 5 は、類似性の判断の対象となる対象画像群として、ユーザが入力部 1 0 を介して手動で指定した画像群、又は何らかの処理の中で自動的に特定された画像群を特定する。なお、対象画像群は、記憶部 3 0 内に記憶されている画像群の中から選択される場合もあれば、通信部 5 0 を介して接続されている他の外部記憶装置 ( ネットワーク 6 上の装置であってもよい ) が保持している画像群の中から選択される場合もある。

## 【 0 0 5 4 】

続くステップS 4 2では、ステップS 4 1で特定された各対象画像に対し、上述のスムージング処理が実行され、スムージング画像及び変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ が導出される。その結果、ステップS 4 2が終わると、各対象画像からノイズが除去される等しており、対象画像どうし（より正確には、スムージング画像どうし）の比較がし易い状態になっている。

【0055】

次に、ステップS 4 3として、演算部4 5は、ステップS 4 2で導出された各スムージング画像から任意のアフィン変換に不変な特徴を抽出する。任意のアフィン変換に不変な特徴の例としては、直線上に並ぶ3つ以上の点の比が挙げられる。アフィン変換の前後では、任意の直線上の点の比が保存されるからである。続いて、演算部4 5は、ここで抽出された特徴に注目してスムージング画像どうしを比較することにより、ステップS 4 2で導出されたスムージング画像群の中から類似性の高い画像群（以下、一次選択画像群）を選択する。なお、ステップS 4 3において、アフィン変換に不変な特徴、すなわち、視点の位置に依存しない特徴に基づいて比較が行われるのは、原則として比較の対象となるスムージング画像どうしの視点が異なっているからである。

10

【0056】

次に、ステップS 4 4として、アフィン変換部4 4は、ステップS 4 3で導出された一次選択画像群に含まれる2枚の画像の各組合せに対し、その組合せに係る第1画像の視点を第2画像の視点に一致させる特定のアフィン変換の変換係数  $b_{11}$ 、 $b_{12}$ 、 $b_{21}$ 、 $b_{22}$ を算出する。なお、第1画像の視点を第2画像の視点に一致させるアフィン変換とは、仮に両画像が同じ被写体を異なる視点から捉えたものである場合に、第1画像を第2画像に変換するアフィン変換である。具体的には、変換係数  $b_{11}$ 、 $b_{12}$ 、 $b_{21}$ 、 $b_{22}$ は、以下の数6の式に従って算出される。ただし、第1画像に対応する変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ を  $a^{(1)}_{11}$ 、 $a^{(1)}_{12}$ 、 $a^{(1)}_{21}$ 、 $a^{(1)}_{22}$ とし、第2画像に対応する変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ を、 $a^{(2)}_{11}$ 、 $a^{(2)}_{12}$ 、 $a^{(2)}_{21}$ 、 $a^{(2)}_{22}$ とする。

20

【数6】

$$\begin{pmatrix} a^{(2)}_{11} & a^{(2)}_{12} \\ a^{(2)}_{21} & a^{(2)}_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a^{(1)}_{11} & a^{(1)}_{12} \\ a^{(1)}_{21} & a^{(1)}_{22} \end{pmatrix}$$

30

【0057】

続いて、アフィン変換部4 4は、変換係数  $b_{11}$ 、 $b_{12}$ 、 $b_{21}$ 、 $b_{22}$ を用いて、一次選択画像群に含まれる2枚の画像の各組合せの第1画像に対しアフィン変換を実行し、第3画像を導出する。

【0058】

続いて、ステップS 4 5として、演算部4 5は、ステップS 4 3で導出された一次選択画像に含まれる2枚の画像の各組合せに対し、第2画像と第3画像とを比較する。ここで、第2画像と第3画像は、ステップS 4 4でのアフィン変換により、互いに視点が一致している。そのため、ステップS 4 5で比較される特徴は、アフィン変換に不変な特徴である必要はなく、従って、ステップS 4 5では、ステップS 4 3で比較することができなかった様々な特徴に基づいて、第2画像と第3画像とを比較することができる。よって、演算部4 5は、ステップS 4 3で導出された一次選択画像群から、ステップS 4 3で用いられた以外の特徴を抽出し、様々な観点から一次選択画像どうしをより詳細に比較する。そして、演算部4 5は、一次選択画像どうしの類似性に基づいて、元の対象画像どうしの類似性を判断する。

40

【0059】

< 2 . 第2実施形態 >

以下、図7～図9を参照しつつ、本発明の第2実施形態に係る画像処理装置101について説明する。ここで、画像処理装置101は、第1実施形態に係る画像処理装置1と同

50

様に、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式で、対象画像をスムージングする機能を有している。そのため、画像処理装置 101 は、画像処理装置 1 と同様の構成要素を多々有するが、そのような構成要素については、同じ参照符号を付して説明を省略する。

#### 【0060】

図 7 に示すように、画像処理装置 101 では、画像処理装置 1 における画像処理プログラム 2 の代わりに、画像処理プログラム 102 がインストールされている。また、画像処理装置 101 では、輪郭線抽出部 41 が省略され、スムージング部 42 及び輪郭線記憶領域 32 がそれぞれスムージング部 142 及びスムージング画像記憶領域 132 に置換されている。

10

#### 【0061】

画像処理装置 101 と画像処理装置 1 との主な機能上の相違点は、画像処理装置 1 では対象画像中の輪郭線 11 がスムージングされたのに対し、画像処理装置 101 では対象画像全体が画素単位でスムージングされる点にある。以下では、両者の主な差異となるスムージング処理の詳細について説明する。なお、スムージング処理の結果の用途については、第 1 実施形態と同様であるため、説明を省略する。

#### 【0062】

##### < 2 - 1 . スムージング処理 >

画像処理装置 101 は、上記のとおり、対象画像全体をスムージングする機能を有している。ここで、第 1 実施形態と同じく、第 2 実施形態におけるスムージング形式も、任意のアフィン変換に対し共変な性質を有する方式であり、任意のアフィン変換に対し、アフィン変換後にスムージングした結果と、スムージング後にアフィン変換を行った結果とが一致する（図 3 参照）。また、画像処理装置 1 と同じく、画像処理装置 101 も、対象画像をスムージングしながら、同時に対象画像がどのような視点からの画像であるのかを特定する情報として、対象アフィン変換の変換係数へ変換可能な対象計量テンソルを導出する。

20

#### 【0063】

図 8 に示す第 2 実施形態に係るスムージング処理は、ユーザの指定により入力部 10 を介して手動で、又は何らかの処理の中で自動的に、スムージングの対象となる対象画像が特定された場合に開始する。

30

#### 【0064】

まず、ステップ S51 として、スムージング部 142 が、対象画像全体をスムージングすることにより、スムージング画像を導出する。なお、以下では、対象画像の画素値の関数を  $I(x, y)$  と表し、スムージング画像の画素値の関数を  $I'(x, y)$  と表す。ここで、 $x - y$  座標系は、対象画像及びスムージング画像が存在する座標系であり、 $(x, y)$  を特定することにより、対象画像及びスムージング画像中の画素が特定される。

#### 【0065】

具体的には、ステップ S51 では、以下の数 7 の式により定義される評価関数  $J(I'(x, y), g_{11}, g_{12}, g_{22})$  を最小化するような  $I'(x, y), g_{11}, g_{12}, g_{22}$  を導出することにより、スムージング画像を表す  $I'(x, y)$  を得る。ここで、第 1 実施形態と同様に、 $g_{11}, g_{12}, g_{22}$  は、対象計量テンソルである。

40

#### 【数 7】

$$J(I'(x, y), g_{11}, g_{12}, g_{22}) = \iint \sqrt{1 + g_{11} \left( \frac{\partial I'}{\partial x} \right)^2 + 2g_{12} \left( \frac{\partial I'}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial I'}{\partial y} \right) + g_{22} \left( \frac{\partial I'}{\partial y} \right)^2} dx dy + \frac{1}{\sigma^2} \iint (I'(x, y) - I(x, y))^2 dx dy$$

すなわち、評価関数  $J$  は、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  及び対象計

50

量テンソルを変数とする関数である。

【 0 0 6 6 】

数 7 の式に示されるとおり、評価関数  $J$  の第 1 項は、対象計量テンソル  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  を用いて、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  の表面積を表したものである。ここで、この表面積が小さくなればなるほど、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  の表面形状の凸凹が消失していることになるため、第 1 項は、関数  $I'(x, y)$  の表面形状の滑らかさの指標であると言える。一方、評価関数  $J$  の第 2 項は、対象計量テンソル  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  を用いて、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  の表面形状と、対象画像の画素値の関数  $I(x, y)$  の表面形状との差分を表したものである。また、評価関数  $J$  は、このような第 1 項と第 2 項とが単純に加算される態様で組み合わせられている。従って、評価関数  $J$  を最小化するという事は、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  の表面形状が、スムージング前の対象画像の画素値の関数  $I(x, y)$  の表面形状と余り変わらない範囲で、スムージング画像の画素値の関数  $I'(x, y)$  の表面形状を滑らかにすることを意味している。すなわち、ステップ S 5 1 では、評価関数  $J$  の最小化により、対象画像と余り変わらない範囲で、スムージング画像が滑らかにされる。

10

【 0 0 6 7 】

なお、評価関数  $J$  の第 1 項及び第 2 項は、ともに対象計量テンソル  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  を用いて表されているため、評価関数  $J$  の値は、任意のアフィン変換に対して不変である。

【 0 0 6 8 】

以下、図 9 を参照しつつ、評価関数  $J$  を最小化する  $I'(x, y)$ 、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  を導出するためのアルゴリズムについて、詳細に説明する。

20

なお、第 1 実施形態と同様に、第 2 実施形態でも、計算負荷が過大にならないように、面積の不変なアフィン変換のみを考える。従って、対象計量テンソルを表す 3 つの変数  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  は、数 3 の関係式を満たすことになるから、対象計量テンソルを表す未知数を 1 つ減らすことができる。

【 0 0 6 9 】

図 9 の説明に戻ると、まず、ステップ S 6 1 として、スムージング部 1 4 2 は、計量テンソル記憶領域 3 1 内に  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の初期値を格納するとともに、スムージング画像記憶領域 1 3 2 内に  $I'(x, y)$  の初期値を格納する。なお、これらの初期値としては、当業者が適宜選択することが可能であるが、例えば、 $g_{11} = 1$ 、 $g_{12} = 0$  (従って、 $g_{22} = 1$ )、 $I'(x, y) = I(x, y)$  と設定することができる。

30

【 0 0 7 0 】

次に、ステップ S 6 2 として、スムージング部 1 4 2 は、 $g_{11}$  及び  $g_{12}$  (従って、数 3 の式に基づいて  $g_{22}$  も) を少しずつ変化させながら、評価関数  $J$  を最小化する  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  を算出し、計量テンソル記憶領域 3 1 内の  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の値を算出された値で更新する。また、スムージング部 1 4 2 は、このときの  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の更新量 (変化量) を計量テンソル記憶領域 3 1 内に別途記憶しておく。なお、ステップ S 6 2 で変化させられる変数は、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  のみであり、 $I'(x, y)$  の値は、スムージング画像記憶領域 1 3 2 内の現在値に固定されたまま、演算が進められる。

40

【 0 0 7 1 】

次に、ステップ S 6 3 として、スムージング部 1 4 2 は、最急降下法により、評価関数  $J$  を極小化する  $I'(x, y)$  を算出し、スムージング画像記憶領域 1 3 2 内の  $I'(x, y)$  を算出された値で更新する。すなわち、スムージング部 1 4 2 は、以下の数 8 の式に従って、 $I'(x, y)$  を少しずつ変化させてゆき、 $J / I'$  が 0 又は十分に小さな所定値以下になったときの  $I'(x, y)$  を、評価関数  $J$  を極小化する  $I'(x, y)$  と判断する。

【数 8】

$$I'(x, y) \rightarrow I'(x, y) - \eta \frac{\delta J}{\delta I'}$$

ここで、 $\eta$  は、正の小さな定数である。

【0072】

また、スムージング部 142 は、このときの  $I'(x, y)$  の更新量（変化量）をスムージング画像記憶領域 132 内に別途記憶しておく。なお、ステップ S63 で変化させられる変数は、 $I'(x, y)$  のみであり、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の値は、計量テンソル記憶領域 31 内の現在値に固定されたまま、演算が進められる。

10

【0073】

また、計算負荷が過大にならないように、他の実施形態では、 $J / I'$  が 0 又は十分に小さな所定値以下になったときの  $I'(x, y)$  ではなく、所定の回数  $I'(x, y)$  を変化させた後の  $I'(x, y)$  の値で、スムージング画像記憶領域 132 内の  $I'(x, y)$  を更新してもよい。

【0074】

次に、ステップ S64 では、スムージング部 142 は、計量テンソル記憶領域 31 及びスムージング画像記憶領域 132 を参照することにより、直前のステップ S62 及びステップ S63 での  $I'(x, y)$ 、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の更新量（変化量）がそれぞれ所定の閾値より小さいか否かを判断する。ここで、全ての更新量（変化量）が所定の閾値より小さいと判断されれば、ステップ S51 を終了してステップ S52 に進み（図 8 参照）、そうでなければ、ステップ S62 に戻る。すなわち、ステップ S62、S63 は、ステップ S62、S63 での  $I'(x, y)$ 、 $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の更新量（変化量）の全てが所定の閾値より小さくなるまで、繰り返されることになる。

20

【0075】

次に、ステップ S52 では、係数算出部 43 は、上述の数 5 の式に従って、計量テンソル記憶領域 31 内の  $g_{11}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の現在値を、対象アフィン変換の変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ （対象アフィン変換の変換行列の要素）に換算する。変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$  は、記憶部 50 内の所定の領域に格納される。

【0076】

そして、ステップ S52 が終了すると、図 8 のスムージング処理が終了する。スムージング処理が終了した時点のスムージング画像記憶領域 132 内の  $I'(x, y)$  の現在値は、スムージング画像を表すものである。

30

【0077】

< 3 . 変形例 >

以上、本発明のいくつかの実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて、種々の変更が可能である。例えば、以下の変更が可能である。

< 3 - 1 >

上記実施形態では、数 1 及び数 7 の式により評価関数  $J$  を定義したが、評価関数  $J$  は、適宜変更可能である。例えば、第 1 項及び第 2 項の係数を変更してもよいし、第 1 項の式と第 2 項の式とを乗算したものを評価関数  $J$  としてもよい。

40

【0078】

< 3 - 2 >

上述のスムージング処理の結果の用途の別の例として、上述のステップ S44、S45 を以下のように変更することができる。

【0079】

すなわち、ステップ S43 の後、ステップ S44 として、アフィン変換部 44 が、ステップ S43 で導出された各一次選択画像に対し、変換係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$  に基づいて対象アフィン変換の逆変換を実行し、正規化された一次選択画像（以下、正規化一次

50

選択画像)を導出する。

【0080】

続いて、ステップS45として、演算部45は、ステップS44で導出された正規化一次選択画像どうしを比較する。ここで、これらの正規化一次選択画像どうしは、ステップS44での逆変換により、互いに視点が正規化されている。そのため、ステップS45で比較される特徴は、アフィン変換に不変な特徴である必要はなく、従って、ステップS45では、ステップS43で比較することができなかった様々な特徴に基づいて、正規化一次選択画像どうしを比較することができる。よって、演算部45は、ステップS44で導出された正規化一次選択画像群から、ステップS43で用いられた以外の特徴を抽出し、様々な観点から正規化一次選択画像どうしをより詳細に比較する。そして、演算部45は、正規化一次選択画像どうしの類似性に基づいて、元の対象画像どうしの類似性を判断する。

10

【0081】

以上のとおり、本変形例では、アフィン変換部44が、変換係数 $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ に基づいて、対象アフィン変換の逆変換の変換係数を算出する。さらに、アフィン変換部44は、この逆変換の変換係数を用いて、スムージング画像に対し対象アフィン変換の逆変換を行うことにより、スムージング画像から対象アフィン変換による歪みを取り除かれた正規化されたスムージング画像を導出する。その結果、演算部45は、対象アフィン変換による歪み、すなわち、視点の移動による歪みを取り除かれた正規化されたスムージング画像に基づいて、精度よく画像認識及び/又は画像検索等の画像処理を実行することが可能になる。

20

【0082】

<3-3>

上記実施形態では、ステップS43～S45において、スムージング画像どうしを比較することにより対象画像が比較されたが、スムージング画像ではなく対象画像に対しアフィン変換を施すことにより、対象画像どうしを直接比較してもよい。変形例3-2の場合も同様である。

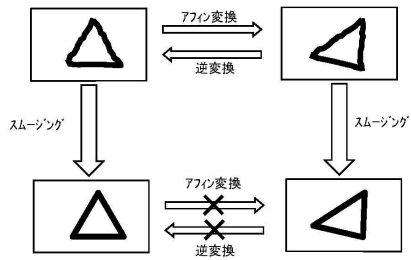
【符号の説明】

【0083】

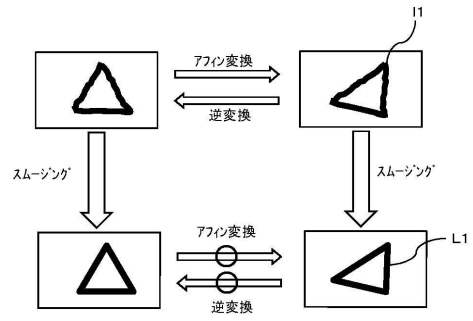
- 1, 101 画像処理装置
- 2, 102 画像処理プログラム
- 42, 142 スムージング部
- 43 係数算出部
- 44 アフィン変換部
- 45 演算部

30

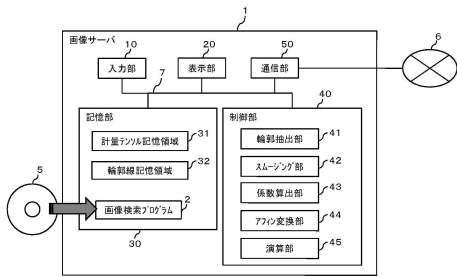
【図1】



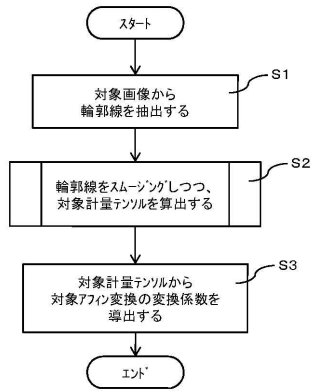
【図3】



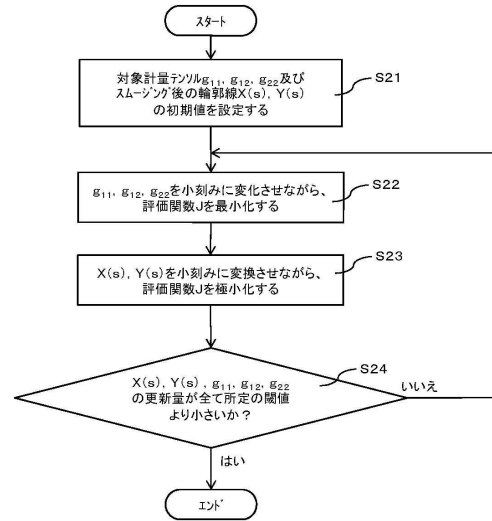
【図2】



【図4】

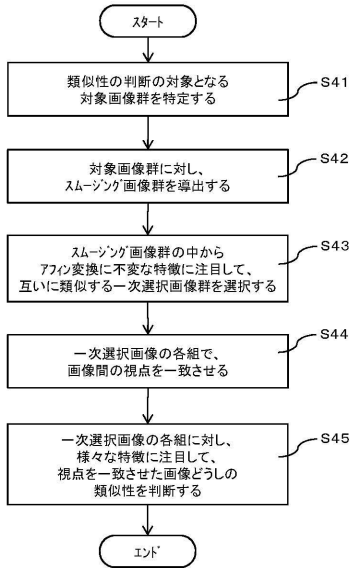


【図5】

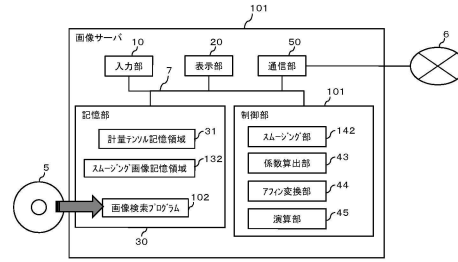




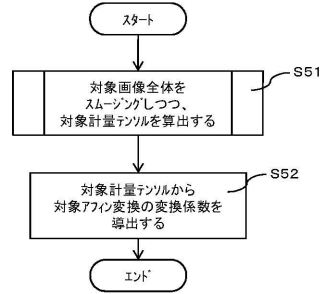
【図6】



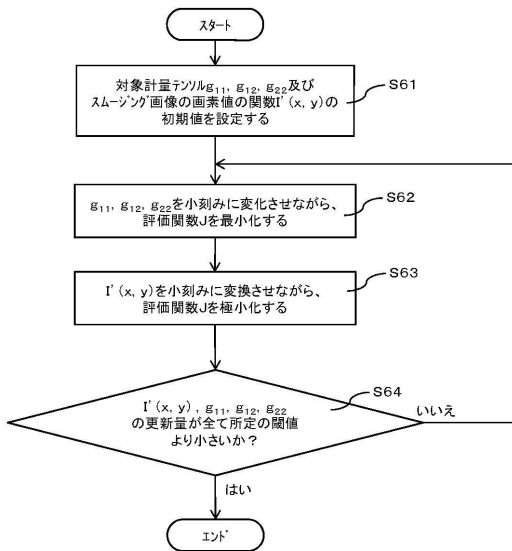
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 鳥生 隆  
大阪市住吉区杉本3-3-138 公立大学法人大阪市立大学内
- (72)発明者 濱 裕光  
大阪市住吉区杉本3-3-138 公立大学法人大阪市立大学内
- (72)発明者 ティ ティ ズイン  
大阪市住吉区杉本3-3-138 公立大学法人大阪市立大学内

審査官 村松 貴士

- (56)参考文献 特開2006-269651(JP,A)  
野村由司彦,外2名,“画素データレベルでのアフィン変換画像のマッチング”,電子情報通信学会論文誌,社団法人電子情報通信学会,1992年 9月25日,Vol.J75-D-2, No.9, p.1498-1503

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
G06T 1/00 - 7/60