

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5290867号
(P5290867)

(45) 発行日 平成25年9月18日 (2013. 9. 18)

(24) 登録日 平成25年6月14日 (2013. 6. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 T 1/00 (2006. 01)

G 0 6 F 17/30 (2006. 01)

G 0 6 T 7/00 (2006. 01)

G 0 6 T 1/00 2 0 0 E

G 0 6 F 17/30 3 5 0 C

G 0 6 F 17/30 1 7 0 B

G 0 6 T 7/00 3 0 0 F

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-125844 (P2009-125844)
 (22) 出願日 平成21年5月25日 (2009. 5. 25)
 (65) 公開番号 特開2010-272091 (P2010-272091A)
 (43) 公開日 平成22年12月2日 (2010. 12. 2)
 審査請求日 平成24年5月25日 (2012. 5. 25)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像検索装置およびその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力されたクエリ画像と登録されている比較先画像との類似を判定して、該クエリ画像に類似する画像を検索する画像検索装置であって、

前記クエリ画像から選択された特徴点と前記比較先画像の特徴点とをそれら特徴点の特徴量に基づいて対応付けることにより、前記クエリ画像と前記比較先画像の2つの画像において対応する複数対の特徴点を抽出する抽出手段と、

前記複数対の特徴点のうち少なくとも2対を用いて、前記2つの画像のうち一方の画像の特徴点の座標が他方の画像の特徴点の座標と一致するように変換するための座標変換係数を決定する決定手段と、

前記決定手段で決定された前記座標変換係数を用いた座標変換処理による座標の変換量があらかじめ指定された制約条件を満足するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により前記制約条件を満足すると判定された場合に、前記複数対の特徴点に関して、前記一方の画像の特徴点の座標を、前記決定された座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、変換後の特徴点の座標と前記他方の画像の対応する特徴点の座標とを前記2つの画像の類似を判定するために比較する比較手段と、を備え、

前記決定手段は、前記判定手段により前記制約条件を満足しないと判定された場合に、特徴点の対の異なる組合せを用いて座標変換係数の決定をやり直す、ことを特徴とする画像検索装置。

【請求項 2】

前記抽出手段は、前記クエリ画像と前記比較先画像とから、回転不変の性質を持つ複数の特徴点を抽出し、前記複数の特徴点の各々の特徴量を算出し、算出された特徴量に基づいて前記比較先画像の特徴点と対応付けることにより前記複数対の特徴点を抽出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像検索装置。

【請求項 3】

前記座標変換はアフィン変換であり、

前記座標変換係数はアフィン変換係数であり、

前記制約条件は、アフィン変換による拡大縮小の率、回転角度の大きさ、平行移動の量、変形の有無、鏡像変換の有無の少なくとも何れかの変換量に関する制約条件であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像検索装置。

10

【請求項 4】

前記決定手段は、前記座標変換係数を決定するのに用いるべく取得した前記少なくとも 2 対の特徴点について、前記クエリ画像における特徴点間の距離と前記比較先画像における特徴点間の距離との比率から求まる拡大縮小の率があらかじめ指定された範囲に無い場合は、前記少なくとも 2 対の特徴点の使用を禁止して、特徴点の対の別の組合せを取得しなおすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像検索装置。

【請求項 5】

前記制約条件をユーザに指定させるためのユーザインターフェースを提供する手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像検索装置。

【請求項 6】

入力されたクエリ画像と登録されている比較先画像との類似を判定して、該クエリ画像に類似する画像を検索する画像検索装置であって、

前記クエリ画像から選択された特徴点と前記比較先画像の特徴点とをそれら特徴点の特徴量に基づいて対応付けることにより、前記クエリ画像と前記比較先画像の 2 つの画像において対応する複数対の特徴点を抽出する抽出手段と、

前記複数対の特徴点のうちの少なくとも 2 対を用いて、前記 2 つの画像のうちの一方の画像の特徴点の座標が他方の画像の特徴点の座標と一致するように変換するための座標変換係数を決定する決定手段と、

前記複数対の特徴点に関して、前記一方の画像の特徴点の座標を前記座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、変換後の特徴点の座標と前記他方の画像の対応する特徴点の座標とを前記 2 つの画像の類似を判定するために比較する比較手段と、を備え、

20

30

前記決定手段は、前記座標変換係数を決定するべく取得した前記少なくとも 2 対の特徴点について、前記クエリ画像における特徴点間の距離と前記比較先画像における特徴点間の距離との比率から求まる拡大縮小の率が所定範囲内に無い場合は、前記少なくとも 2 対の特徴点の使用を禁止して、特徴点の対の別の組合せを取得しなおすことを特徴とする画像検索装置。

【請求項 7】

入力されたクエリ画像と登録されている比較先画像との類似を判定して、該クエリ画像に類似する画像を検索する画像検索装置による画像検索方法であって、

抽出手段が、前記クエリ画像から選択された特徴点と前記比較先画像の特徴点とをそれら特徴点の特徴量に基づいて対応付けることにより、前記クエリ画像と前記比較先画像の 2 つの画像において対応する複数対の特徴点を抽出する抽出工程と、

40

決定手段が、前記複数対の特徴点のうちの少なくとも 2 対を用いて、前記 2 つの画像のうちの一方の画像の特徴点の座標が他方の画像の特徴点の座標と一致するように変換するための座標変換係数を決定する決定工程と、

判定手段が、前記決定工程で決定された前記座標変換係数を用いた座標変換処理による座標の変換量があらかじめ指定された制約条件を満足するか否かを判定する判定工程と、

比較手段が、前記判定工程で前記制約条件を満足すると判定された場合に、前記複数対の特徴点に関して、前記一方の画像の特徴点の座標を前記座標変換係数を、前記決定された座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、変換後の特徴点の座標と前記他方の

50

画像の対応する特徴点の座標とを前記 2 つの画像の類似を判定するために比較する比較工程と、を有し、

前記決定工程では、前記判定工程で前記制約条件を満足しないと判定された場合に、特徴点の対の異なる組合せを用いて座標変換係数の決定をやり直すことを特徴とする画像検索方法。

【請求項 8】

前記抽出工程は、前記クエリ画像と前記比較先画像とから、回転不変の性質を持つ複数の特徴点を抽出し、前記複数の特徴点の各々の特徴量を算出し、算出された特徴量に基づいて前記比較先画像の特徴点と対応付けることにより前記複数対の特徴点を抽出することを特徴とする請求項 7 に記載の画像検索方法。

10

【請求項 9】

前記座標変換はアフィン変換であり、

前記座標変換係数はアフィン変換係数であり、

前記制約条件は、アフィン変換による拡大縮小の率、回転角度の大きさ、平行移動の量、変形の有無、鏡像変換の有無の少なくとも何れかの変換量に関する制約条件であることを特徴とする請求項 7 に記載の画像検索方法。

【請求項 10】

前記決定工程では、前記座標変換係数を決定するのに用いるべく取得した前記少なくとも 2 対の特徴点について、前記クエリ画像における特徴点間の距離と前記比較先画像における特徴点間の距離との比率から求まる拡大縮小の率があらかじめ指定された範囲に無い場合は、前記少なくとも 2 対の特徴点の使用を禁止して、特徴点の対の別の組合せを取得しなおすことを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像検索方法。

20

【請求項 11】

前記制約条件をユーザに指定させるためのユーザインターフェースを提供する工程を更に有することを特徴とする請求項 7 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の画像検索方法。

【請求項 12】

入力されたクエリ画像と登録されている比較先画像との類似を判定して、該クエリ画像に類似する画像を検索する画像検索装置による画像検索方法であって、

抽出手段が、前記クエリ画像から選択された特徴点と前記比較先画像の特徴点とをそれぞれ特徴点の特徴量に基づいて対応付けることにより、前記クエリ画像と前記比較先画像の 2 つの画像において対応する複数対の特徴点を抽出する抽出工程と、

30

決定手段が、前記複数対の特徴点のうちの少なくとも 2 対を用いて、前記 2 つの画像のうちの一方の画像の特徴点の座標が他方の画像の特徴点の座標と一致するように変換するための座標変換係数を決定する決定工程と、

比較手段が、前記複数対の特徴点に関して、前記一方の画像の特徴点の座標を前記座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、変換後の特徴点の座標と前記他方の画像の対応する特徴点の座標とを前記 2 つの画像の類似を判定するために比較する比較工程と、を有し、

前記決定工程では、前記座標変換係数を決定するべく取得した前記少なくとも 2 対の特徴点について、前記クエリ画像における特徴点間の距離と前記比較先画像における特徴点間の距離との比率から求まる拡大縮小の率が所定範囲内に無い場合は、前記少なくとも 2 対の特徴点の使用を禁止して、特徴点の対の別の組合せを取得しなおすことを特徴とする画像検索方法。

40

【請求項 13】

請求項 7 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の画像検索方法の各工程をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像中の特徴点の類似度に基づく画像検索技術に関するものである。

50

【背景技術】

【0002】

一般に、画像の回転に対応した画像検索は、クエリ画像を回転して特徴量を求める或いは特徴量を回転変換したものを用いることにより行われていた。

【0003】

従来から提案されている画像中の特徴点の類似度に基づく画像検索技術として、特許文献1が挙げられる。特許文献1では、局所的な特徴同士の比較に基づく画像検索において、クエリ画像から無作為に選ばれた特徴点の対に類似する特徴点を登録画像中から求める。そして、対の特徴点の位置関係に基づいてクエリ画像と登録画像の間の幾何学変換関数を求め、対以外の特徴点が幾何学変換関数によって変換された場所に、登録画像の対応する特徴点が存在しているものをカウントし、類似性を判定していた。

10

(以下で、非特許文献1, 2は「発明を実施するための形態」の欄において参照されている文献である。)

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-065399号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】C. Harris and M.J. Stephens, "A combined corner and edge detector," In Alvey Vision Conference, pages 147-152, 1988.

20

【非特許文献2】J.J. Koenderink and A.J. van Doorn, "Representation of local geometry in the visual system," Biological Cybernetics, vol.55, pp.367-375, 1987.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記処理では、クエリ画像から無作為に選ばれた特徴点の対に対して登録画像に存在するその対に類似する特徴点が正しく対応していない場合に、クエリ画像の特徴点を幾何学変換する処理が大変重くなる。また、もし登録画像の同じ位置に特徴点が現われ無い場合には、特徴点の選び方が悪かったとし、再びクエリ画像から無作為に特徴点の対を選ぶ。

30

【0007】

即ち、特許文献1の画像検索処理は、特徴点の選択から幾何変換までの処理を夥しい回数こなし、その処理回数の中で適切な特徴点の対が含まれることを期待する処理であり、多くの処理コストを要するため、その改善が必要であった。また、特徴点を無作為で選ぶので、反復回数が少ないと検索結果の再現性(同一の類似度で算出される事も含む)が乏しくなるという課題もあった。

【0008】

また、検索結果に対して、回転角度や拡大・縮小率などによる絞り込みを行う場合、上記処理結果に対して処理をする場合には、更に処理が重いものと成ってしまう。

【0009】

40

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、処理負荷を多くする事無くクエリからの特徴点の選択の反復回数を大きい数にする事を可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するための本発明の一態様による画像検索装置は以下の構成を備える。すなわち、

入力されたクエリ画像と登録されている比較先画像との類似を判定して、該クエリ画像に類似する画像を検索する画像検索装置であって、

前記クエリ画像から選択された特徴点と前記比較先画像の特徴点とをそれら特徴点の特徴量に基づいて対応付けることにより、前記クエリ画像と前記比較先画像の2つの画像に

50

において対応する複数対の特徴点を抽出する抽出手段と、

前記複数対の特徴点のうちの少なくとも2対を用いて、前記2つの画像のうちの一方の画像の特徴点の座標が他方の画像の特徴点の座標と一致するように変換するための座標変換係数を決定する決定手段と、

前記決定手段で決定された前記座標変換係数を用いた座標変換処理による座標の変換量があらかじめ指定された制約条件を満足するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により前記制約条件を満足すると判定された場合に、前記複数対の特徴点に関して、前記一方の画像の特徴点の座標を、前記決定された座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、変換後の特徴点の座標と前記他方の画像の対応する特徴点の座標とを前記2つの画像の類似を判定するために比較する比較手段と、を備え、

前記決定手段は、前記判定手段により前記制約条件を満足しないと判定された場合に、特徴点の対の異なる組合せを用いて座標変換係数の決定をやり直す。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、検索に対する絞り込み処理を、クエリからの特徴点の選択から幾何変換までの処理に適切に関連つける事が出来るので、余計な幾何変換処理を行わなくて済み、後処理で絞込条件に適うかの確認処理を行う必要も無くなる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施形態による画像登録装置の構成例を示すブロック図。

【図2】実施形態による画像検索装置の構成例を示すブロック図。

【図3】実施形態による画像の登録処理の手順を表すフローチャート。

【図4】縮小画像生成の例を示す図。

【図5】実施形態による画像の検索処理の手順を表すフローチャート。

【図6】実施形態による局所特徴の比較処理を示すフローチャート。

【図7】アフィン変換係数と幾何変換の関係を示す図。

【図8】幾何変換の制約を与えるユーザインターフェース(UI)の例を示す図。

【図9】幾何変換の制約を与えるユーザインターフェース(UI)の例を示す図。従って、処理負荷を多くする事無くクエリからの特徴点の選択の反復回数を大きい数にする事が出来、ひいては、検索の安定性や再現性に寄与する事が出来る。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【0014】

<実施形態の概要について>

本発明の特徴点の基づく画像検索方法では、回転不変の性質を持つの特徴点および回転不変の性質を持つ特徴量を用いる。登録時は従来技術と同様、登録画像の特徴点を決定し特徴点に対する特徴量を記憶しておく。この処理については、図1、図3、図4により後述する。

【0015】

検索時には、クエリ画像の特徴点から少なくとも2点を選択して、比較先画像中の対応する特徴点を求め、少なくとも2対の特徴点の座標に基づくアフィン変換関数を決定する。そして、これら2つの画像の類似度を求めるために、クエリ画像及び比較先画像の一方の画像の特徴点群の座標をアフィン変換して、他方の画像の特徴点群の座標と比較する。この処理については、図2、図4、図5、図6により詳述する。

【0016】

ここで、上述のごとく決定されたアフィン変換係数における、拡大縮小の率、回転角度、平行移動の量、変形の有無、鏡像変換の有無といった変換要素に関して、あらかじめ設定された制約条件を満たすか否かが判定される。そして、制約条件を満たすと判定された場合のみアフィン変換以降の処理を行うようにする。このようにすれば、計算負荷の重い特

10

20

30

40

50

徴点のアフィン変換処理数を減らすことができ、最小限の計算コストで絞り込み処理が行われるので好都合である。この処理については、図6のフローチャート（特にステップS609）により詳述される。

【0017】

例えば、アフィン変換係数のうち拡大／縮小に関わる係数から、当該アフィン変換による拡大／縮小に関わる変換量（拡大・縮小率）が好ましい拡大・縮小率の範囲内に有るかどうか判定される。そして、好ましい範囲内にあると判定された場合のみ、後段のアフィン変換以降の処理を行うようにする。このようにすれば、最小限の計算コストで拡大・縮小率に関する絞り込み処理が行われるので好都合である。

【0018】

なお、アフィン変換を用いなくとも、クエリ画像と比較先画像における選択された2つの特徴点間の距離の比率から求まる拡大・縮小率が、あらかじめ指定された拡大・縮小率の範囲内に有る場合のみアフィン変換以降の処理を行うようにしてもよい。この場合、アフィン変換係数を決定する前に拡大・縮小率に関する絞り込みを行なうことができ、最小限の計算コストで拡大・縮小率に関する絞り込み処理が行われるので好都合である。

【0019】

また、例えば、アフィン変換係数のうち回転に関わる係数から、当該変換量があらかじめ設定された好ましい回転角度の範囲内に有るか否かが判定される。そして、好ましい範囲内にあると判定された場合のみ、後段の比較先画像の特徴点群の座標のアフィン変換以降の処理を行うようにすることもできる。この場合、最小限の計算コストで回転角度に関する絞り込み処理が行われるので好都合である。

【0020】

また、例えば、アフィン変換係数のうち平行移動に関わる係数から、当該変換量があらかじめ指定された平行移動の距離の範囲内に有るか否かが判定される。そして、好ましい範囲内にあると判定された場合のみ、後段のアフィン変換以降の処理を行うようにすることができる。最小限の計算コストで平行移動に関する絞り込み処理が行われるので好都合である。

【0021】

上記、アフィン変換係数のうち変形に関わる設定から、変形を検索しない設定の場合、変形のない場合のみ、後段のアフィン変換以降の処理を行うようにすることができる。最小限の計算コストで変形に関する絞り込み処理が行われるので好都合である。

【0022】

なお、上述した制約条件は、例えば図8や図9に示したユーザインターフェース（UI）によりユーザが容易に指定できる。

【0023】

以上により、処理負荷を多くすること無く、アフィン変換係数を決定するための特徴点対の選択の反復回数を大きい数にすることが出来、ひいては、検索の安定性や再現性に寄与することが可能となる。

【0024】

< 第1実施形態 >

図1は本発明の第1実施形態における画像登録装置の構成例を示すブロック図である。図1において、100は画像登録装置であり、画像入力部102、縮小画像生成部103、局所特徴点抽出部104、局所特徴量算出部105、特徴量登録部106を備える。101は登録画像であり、画像登録装置100によって後述する画像特徴データベースに登録される画像である。107は画像特徴データベースであり、画像登録装置100により登録画像101から抽出された画像特徴が登録される。

【0025】

図2は本発明の第1実施形態における画像検索装置の構成例を示すブロック図である。図2において、200は画像検索装置であり、画像入力部202、縮小画像生成部203、局所特徴点抽出部204、局所特徴量算出部205、局所特徴量検定部206、特徴比

10

20

30

40

50

較部 207 を備える。201 はクエリ画像である。画像検索装置 200 は、画像特徴データベース 107 から当該クエリ画像 201 に類似した画像を検索する。208 は検索結果画像であり、画像検索装置 200 が画像特徴データベース 107 を検索した結果として出力される画像である。

【0026】

以上のような構成を備えた本実施形態にかかる画像登録装置 100 及び画像検索装置 200 の動作例を以下に説明する。

【0027】

[画像の登録処理]

まず、画像登録装置 100 が行う画像の登録処理について説明する。図 3 は画像の登録処理の手順を表すフローチャートである。ステップ S301 において、画像入力部 102 は、登録画像 101 を読み込む。ステップ S302 において、画像入力部 102 の輝度成分画像生成部 111 は、当該登録画像 101 から輝度成分を抽出して輝度成分画像を生成し、当該輝度成分画像を縮小画像生成部 103 に渡す。また、画像入力部 102 は、登録画像 101 を特徴量登録部 106 に渡す。

【0028】

次に、ステップ S303 において、縮小画像生成部 103 は、画像入力部 102 から渡された輝度成分画像を倍率 p に従って順次縮小し、縮小画像を n 枚生成し、生成した縮小画像を局所特徴点抽出部 104 に渡す。ただし、倍率 p および縮小画像の枚数 n はあらかじめ決めておく。図 4 は縮小画像生成の例を示す図であり、倍率 p が 2 の $-1/4$ 乗、縮小画像の枚数 n が 9 の場合に縮小画像生成部 103 が生成する縮小画像の例を示している。図 4 において、401 は画像入力部 102 から渡された輝度成分画像、402 は当該輝度成分画像から倍率 p に従って 4 回縮小された縮小画像、403 は当該輝度成分画像から倍率 p に従って 8 回縮小された縮小画像である。図 4 の例においては、縮小画像 402 は画像入力部 102 から渡された輝度成分画像が $1/2$ に縮小された画像となり、縮小画像 403 は画像入力部 102 から渡された輝度成分画像が $1/4$ に縮小された画像となる。なお、本実施形態における縮小画像は、線形補間による縮小方法により生成するものとするが、他の縮小方法が用いられてもよい。

【0029】

次に、ステップ S304 において、局所特徴点抽出部 104 は、縮小画像生成部 103 から渡された n 枚の縮小画像それぞれにおいて、画像の回転があってもロバストに抽出されるような特徴点（回転不変の性質を持つ特徴点）を抽出する。そして、局所特徴点抽出部 104 は、抽出した当該回転不変の性質を持つ特徴点を局所特徴量算出部 105 に渡す。なお、本実施形態では、回転不変の性質を持つ特徴点の抽出方法として Harris 作用素（非特許文献 1）を用いる。具体的には、Harris 作用素を作用させて得られた出力画像 H 上の画素について、当該画素および当該画素の 8 近傍にある画素（合計 9 画素）の画素値を調べる。そして、当該画素が局所極大（当該 9 画素の中で当該画素の画素値が最大になる）になる点を回転不変の性質を持つ特徴点として抽出する。このとき、当該画素が局所極大になったときでも、当該画素の値がしきい値以下の場合には回転不変の性質を持つ特徴量として抽出しないようにする。なお、回転不変の性質を持つ特徴点を抽出可能な方法であれば、本実施形態で用いた特徴点抽出方法に限らず、どのような特徴点抽出方法でも局所特徴点抽出部 104 に適用可能である。

【0030】

次に、局所特徴量算出部 105 では、局所特徴点抽出部 104 から渡された回転不変の性質を持つ特徴点それぞれについて、ステップ S305 により画像の回転があっても不変となる局所特徴量（回転不変の性質を持つ局所特徴量）を算出する。抽出した当該回転不変の性質を持つ局所特徴量は座標情報と関連付けされた上で、特徴量登録部 106 に渡される。ここで、本実施形態では、回転不変の性質を持つ特徴量の算出方法として Local Jet（非特許文献 2）およびそれらの導関数の組み合わせを用いる。具体的には、式（1）に示す回転不変の性質を持つ特徴量を算出する。

【数 1】

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} L \\ L_x L_x + L_y L_y \\ L_{xx} L_x L_x + 2L_{xy} L_x L_y + L_{yy} L_y L_y \\ L_{xx} + L_{yy} \\ L_{xx} L_{xx} + 2L_{xy} L_{xy} + L_{yy} L_{yy} \end{pmatrix} \quad \cdots(1)$$

【0031】

10

ただし、式(1)右辺で用いている記号は以下に示す式(2)から式(7)で定義される。ここで、式(2)はガウス関数と画像との畳み込み演算である。

【数 2】

$$L = G(x, y) * I(x, y) \quad \cdots(2)$$

$$L_x = \frac{\partial L}{\partial x} \quad \cdots(3)$$

$$L_y = \frac{\partial L}{\partial y} \quad \cdots(4)$$

20

$$L_{xy} = \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} \quad \cdots(5)$$

$$L_{yy} = \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} \quad \cdots(6)$$

$$L_{xx} = \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} \quad \cdots(7)$$

30

【0032】

なお、回転不変の性質を持つ特徴量を算出可能な方法であれば、本実施形態で用いた特徴量算出方法に限らず、どのような特徴量算出方法でも局所特徴量算出部105に適用可能である。

【0033】

次に、ステップS306において、特徴量登録部106は、局所特徴量算出部105から渡された回転不変の性質を持つ特徴量と画像入力部102から渡された登録画像101とを関連付け、画像特徴データベース107に登録する。以上で画像登録装置100による画像登録処理が終了する。

【0034】

40

[画像の検索処理]

次に、画像検索装置200による画像の検索処理を説明する。図5は、第1実施形態による画像の検索処理の手順を表すフローチャートである。

【0035】

ステップS501において、画像入力部202は、クエリ画像201を読み込む。次に、ステップS502において、画像入力部202の閾値指定処理部211が、検索結果に期待するクエリ画像に対する拡大率の範囲、回転角度の範囲、平行移動の範囲のユーザ指定を受け付ける。但し、これら3項目を全て指定する必要は無く、特に制限を設けたい項目に対して範囲の指定を行えるようにすることが好ましい。

【0036】

50

図 8 にこの幾何変換の制約を与えるユーザインターフェース (UI) の例を示す。チェックボックスにチェックを入れた項目に対してのみ制約を行い、例えば、各項目に対する制約は AND で制約が掛かるようにする。もちろん、論理式で指定できるようにする事も当然可能である。また、当然であるが、テキストボックスに入力された値の範囲に対する大小関係の不整合のチェックおよびユーザへの警告は当然行う。

【 0 0 3 7 】

以上のようにして指定された制約の値は、閾値指定処理部 2 1 1 により一時記憶される。

【 0 0 3 8 】

次に、ステップ S 5 0 3 において、画像入力部 2 0 2 の輝度成分画像生成部 2 1 2 は、当該クエリ画像 2 0 1 から輝度成分を抽出して輝度成分画像を生成し、生成した輝度成分画像を縮小画像生成部 2 0 3 に渡す。

【 0 0 3 9 】

次に、ステップ S 5 0 4 において、縮小画像生成部 2 0 3 は、画像入力部 2 0 2 から渡された輝度成分画像を倍率 p に従って順次縮小し、縮小画像を n 枚生成して当該縮小画像を局所特徴点抽出部 2 0 4 に渡す。ただし、倍率 p および縮小画像の枚数 n は前述の画像登録装置 1 0 0 における画像の登録処理で用いた値と同じ値にする。

【 0 0 4 0 】

次に、ステップ S 5 0 5 において、局所特徴点抽出部 2 0 4 は、縮小画像生成部 2 0 3 から渡された n 枚の縮小画像それぞれにおいて、画像の特徴点 (回転不変の性質を持つ特徴点) を抽出する。抽出した当該回転不変の性質を持つ特徴点は局所特徴量算出部 2 0 5 に渡される。ここで本実施形態では、回転不変の性質を持つ特徴点の抽出方法として前述の画像の登録処理で用いた方法と同様に、Harris作用素を用いる。より具体的には、Harris作用素を作用させて得られた出力画像 H 上の画素について、当該画素および当該画素の 8 近傍にある画素 (合計 9 画素) の画素値を調べられる。そして、当該画素が局所極大 (当該 9 画素の中で当該画素の画素値が最大になる) になる点が回転不変の性質を持つ特徴点として抽出される。このとき、当該画素が局所極大になったときでも、当該画素の値があらかじめ定められたしきい値以下の場合には回転不変の性質を持つ特徴量として抽出しないようにする。なお、回転不変の性質を持つ特徴点を抽出可能な方法であれば、本実施形態で用いた特徴点抽出方法に限らず、どのような特徴点抽出方法でも局所特徴点抽出部 2 0 4 に適用可能である。

【 0 0 4 1 】

次に、ステップ S 5 0 6 において、局所特徴量算出部 2 0 5 は、局所特徴点抽出部 2 0 4 から渡された回転不変の性質を持つ特徴点それぞれについて、画像の回転があっても不変となる局所特徴量 (回転不変の性質を持つ局所特徴量) を算出する。抽出した当該回転不変の性質を持つ局所特徴量は座標情報と関連付けされた上で局所特徴量検定部 2 0 6 に渡される。ここで、回転不変の性質を持つ特徴量の算出方法は前述の画像の登録処理で用いた方法と同じ方法を使用する。すなわち、本実施形態では、LocalJetおよびそれらの導関数の組み合わせを用い、式 (1) に示す回転不変の性質を持つ特徴量を算出する。局所特徴量検定部 2 0 6 は局所特徴量の変動を検定し、変動の少ない局所特徴量のみ合格とする。

【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 5 0 7 において、特徴比較部 2 0 7 は、局所特徴量検定部 2 0 6 から渡された回転不変の性質を持つ特徴量と画像特徴データベース 1 0 7 に登録されている回転不変の性質を持つ特徴量とを比較する。この比較は、ステップ S 5 0 2 で与えたアフィン変換係数の閾値を考慮しながら、画像特徴データベース 1 0 7 に登録されている登録画像ごとに実施される。そして、比較の結果として登録画像ごとにスコアが算出される。なお、スコアの算出方法については図 6 のフローチャートにより後述する。

【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 5 0 8 において、特徴比較部 2 0 7 は、算出した当該類似度と当該類

10

20

30

40

50

似度の算出元となった画像とを関連付けて検索結果リストを作成した後、当該スコアを降順にソートする。そして、特徴比較部 207 は、スコアが大きい画像と当該画像のスコアとをソート順に検索結果 208 として出力する。

【0044】

[スコアの算出方法]

次に、本実施形態における（ステップ S507 における）スコアの算出方法を説明する。ここで、局所特徴点抽出部 204 及び局所特徴量算出部 205 から渡された、回転不変の性質を持つ特徴量を V_s 、回転不変の性質を持つ特徴量に関連付けされている座標を $S(x, y)$ とする。また、画像特徴データベース 107 に登録されている画像 R 上に存在する回転不変の性質を持つ特徴量を V_q 、回転不変の性質を持つ特徴量に関連付けされている座標を $Q(x', y')$ とする。

10

【0045】

以下、特徴比較部 207 における類似度（スコア）の算出手順を図 6 に示すフローチャートに従って説明する。

【0046】

ステップ S601 において、特徴比較部 207 は、検索されるべき画像のクエリ画像に対する拡大率の範囲、回転角度の範囲、平行移動の範囲、の指定を画像入力部 202（閾値指定処理部 211）より受け取る。ステップ S502 で上述したように、これら 3 項目を全て指定する必要は無く、特に制限を設けたい項目に対して範囲の指定を行えるようにすることが好ましい。

20

【0047】

次に、ステップ S602 により、最終投票数を表す変数 $VoteMax$ を 0 に初期化する。次に、ステップ S603 により、 V_q と V_s との特徴量間距離をすべての組み合わせについて計算し、最短距離対応点リストを作成する。このように、クエリ画像から選択された特徴点を、その特徴量に基づいて、登録されている比較先画像の特徴点と対応付けることにより、クエリ画像と比較先画像で対応する複数対の特徴点が抽出される。

【0048】

この最短距離対応点を求める際に、先に、クエリ画像の各特徴点に対して記憶しているマハラノビスの距離を算出するための観測値を $X=(X_1, X_2, \dots, X_p)'$ とし、母集団 j の分散共分散行列 j の逆行列 j^{-1} と平均（重心） μ を用いて式（8）に基づいて距離 d_j を求める。そして、求めた距離と分散共分散逆行列を含む最短距離対応点リストを作成する。

30

【0049】

$$d_j^2 = (X - \mu_j)' j^{-1} (X - \mu_j) \dots (8)$$

すなわち、計算した特徴量間距離がしきい値 T_v 以下となり、かつ、最短距離となるような V_q と V_s との組み合わせ（対応点）を抽出し、最短距離対応点リストに登録する。以後、本実施形態の説明では、最短距離対応点リストに登録された対応点について、当該対応点の回転不変の性質を持つ特徴量をそれぞれ $V_q(k)$ と $V_s(k)$ と記載する。また、それら $V_q(k)$ と $V_s(k)$ に対応付けられている座標についてはそれぞれ $Q_k(x'_k, y'_k)$ 、 $S_k(x_k, y_k)$ などと添え字をつけて記載する。また、ステップ S603 で作成された最短距離対応点リストに登録された対応点の組数を m 組とする。

40

【0050】

次に、ステップ S604 により、類似度算出処理の反復カウント数を表す変数 $Count$ を 0 に初期化する。次に、ステップ S605 により、反復カウント数 $Count$ があらかじめ定めた最大反復処理回数 R_n を超えていないか判定する。超えている場合はステップ S621 により最終投票数 $VoteMax$ を出力して処理を終了する。超えていない場合は、ステップ S606 に移る。S621 で総合類似度算出処理に関する詳細説明は、後で行う。

【0051】

ステップ S606 では、投票数を表す変数 $Vote$ を 0 に初期化する。次に、ステップ S607 において、複数対の特徴点から、少なくとも 2 対の特徴点が取得される。本実施形態では、ステップ S603 で生成された最短距離対応点リストから対応点の組の座標をラン

50

ダムに2組抽出する。本実施形態では、これらの座標を $Q_1(x'_1, y'_1)$ 、 $S_1(x_1, y_1)$ および $Q_2(x'_2, y'_2)$ 、 $S_2(x_2, y_2)$ と記載する。

【0052】

次に、ステップS608において、ステップS607で抽出した2対の特徴点の各対の座標を、クエリ画像と比較先画像とで一致させるように、座標変換処理のための座標変換係数が決定される。本実施形態では、座標変換処理として、アフィン変換を用いる。即ち、ステップS607により、抽出した $Q_1(x'_1, y'_1)$ 、 $S_1(x_1, y_1)$ および $Q_2(x'_2, y'_2)$ 、 $S_2(x_2, y_2)$ が式(9)に示す変換を満たしていると仮定し、式(9)中の変数 $a \sim f$ を求める。ただし、図6に示すフローチャート中のステップS608では、変数 $a \sim d$ で構成される行列をM、変数 $e \sim f$ で構成される行列をTで示している。

10

【数3】

$$\begin{pmatrix} x'_k \\ y'_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots(9)$$

【0053】

ここで、本実施形態では、簡単のため回転変換、相似変換および平行移動の組み合わせだけを考える。このとき、式(9)は式(10)のように書き換えられる。

【数4】

20

$$\begin{pmatrix} x'_k \\ y'_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots(10)$$

【0054】

このとき、変数 a 、 b 、 e 、 f は x'_1 、 y'_1 、 x_1 、 y_1 、 x'_2 、 y'_2 、 x_2 、 y_2 を使って式(11)から式(14)で表される。

【数5】

$$a = \frac{(x_1 - x_2)(x'_1 - x'_2) + (y_1 - y_2)(y'_1 - y'_2)}{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \dots(11)$$

30

$$b = \frac{(x_1 - x_2)(y'_1 - y'_2) - (y_1 - y_2)(x'_1 - x'_2)}{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \dots(12)$$

$$e = \frac{(y'_1 - y'_2)(x_1 y_2 - x_2 y_1) - (x'_1 + x'_2)(x_1 x_2 + y_1 y_2) + x'_1(x_2^2 + y_2^2) + x'_2(x_1^2 + y_1^2)}{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \dots(13)$$

$$f = \frac{(x'_1 - x'_2)(y_1 x_2 - y_2 x_1) - (y'_1 + y'_2)(y_1 y_2 + x_1 x_2) + y'_1(y_2^2 + x_2^2) + y'_2(y_1^2 + x_1^2)}{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \dots(14)$$

【0055】

図7に式(9)におけるアフィン変換係数と、幾何変換の関係を示す。ここで、式(11)から式(14)にて得た a 、 b 、 e 、 f と、図8の表において敷き(10)の導出の際に設けた $b = -c$ 、 $d = a$ の制約を用いて考える。

40

【0056】

回転行列に拡大・縮小行列を掛けても、単に回転行列をS倍したものになるだけである。

【0057】

従って、 $\cos^2 + \sin^2 = 1$ の制約を用い、
拡大率 $S = \sqrt{a^2 + b^2}$... (15)

で拡大率が求まる。従って、

回転角度 $= \cos^{-1}(a/S)$... (16)

50

となる。もちろん、

平行移動ベクトル $T = (e, f) \quad \dots (17)$

となる。

【0058】

そしてステップS609において、特徴比較部207は、上記のようにして決定された座標変換係数（アフィン変換係数）を用いた座標変換処理（アフィン変換処理）による座標の変換量が予め指定された制約条件を満足するか否かを判定する。即ち、ステップS601であらかじめ与えられ一時記憶しておいた拡大・縮小率の範囲、回転角度の範囲、平行移動ベクトルの範囲と、上記式（15）、式（16）および式（17）で得たS、およびTとをステップS609で比較する。この比較の結果、これらの条件を全て満たす場合にのみ処理はステップS610に進み、一つでも満たさないものがある場合にはステップS605で別の対応点の選択を行う事になる。

10

【0059】

もちろん、範囲を与えなかった項目に関しては考慮する必要は無く、例えば、拡大率の範囲のみが指定されていれば、その範囲に式（15）で得たSが入っているかどうかだけを判断すれば良い。

【0060】

次に、ステップS610では、ステップ607において当該最短距離対応点リストからランダムに抽出された2組の点以外の点を選択するために、対応点選択変数kを3に初期化する。次に、ステップ611により、対応点選択変数kが当該最短距離対応点リストに登録されている対応点の組数mを超えていないか判定する。超えている場合はステップS618に処理を移すが、これについては後述する。ステップS611における判定で対応点選択変数kが当該最短距離対応点リストに登録されている対応点の組数mを超えていない場合は、処理はステップS612に進む。

20

【0061】

ステップS612において、特徴比較部207は、ステップ607において当該最短距離対応点リストからランダムに抽出された2組の点 $S_1(x_1, y_1)$ および $S_2(x_2, y_2)$ 以外の点を、当該最短距離対応点リストから抽出する。本実施形態では、抽出された点を $S_k(x_k, y_k)$ と記載する。

【0062】

次に、ステップS613において、特徴比較部207は、 $S_k(x_k, y_k)$ が式（9）を使って移される座標 $S'(x'_k, y'_k)$ を求める。

30

【0063】

その後、ステップS614において、特徴比較部207は、座標 $S'(x'_k, y'_k)$ と座標 $Q_k(x'_k, y'_k)$ との幾何学的距離をユークリッド距離で計算し、当該ユークリッド距離がしきい値Td以下であるかどうかを判定する。当該ユークリッド距離がしきい値Td以下の場合には、特徴比較部207は、ステップS615において、Voteに対する対応点の対 S'_k, Q_k を記憶する。そして、更にステップS616において、投票数Voteをインクリメントし、ステップS617に処理を移す。当該ユークリッド距離がしきい値Tdより大きい場合には、何もせずにステップS617に処理を移す。

40

【0064】

ステップS617では、対応点選択変数kをインクリメントし、処理はステップS611に戻る。

【0065】

次に、ステップ611において対応点選択変数kが当該最短距離対応点リストに登録されている対応点の組数mを超えていた場合の処理であるステップS618を説明する。特徴比較部207は、ステップ618において、投票数Voteの値と最終投票数VoteMaxの値とを比較し、投票数Voteの値が最終投票数VoteMaxの値よりも大きい場合はステップS619の処理を実行する。ステップS619において、特徴比較部207は、最終投票数VoteMaxの値を投票数Voteの値で置き換えた後、ステップS620でCountをインクリメント

50

し、ステップ S 6 0 5 に処理を戻す。また、投票数Voteの値と最終投票数VoteMaxの値とを比較し、投票数Voteの値が最終投票数VoteMaxの値以下の場合は、ステップ S 6 1 9 をスキップして、ステップ S 6 2 0 でCountをインクリメントした後、ステップ S 6 0 5 に処理を戻す。

【 0 0 6 6 】

以上のように、第 1 実施形態によれば、抽出された 2 対の特徴点に基づいて決定された座標変換係数を用いた座標変換処理の変換量が予め指定された制約条件を満足する可動化が判定される。そして、満足すると判定された場合にのみ、クエリ画像と比較先画像の類似を判定するべく、一方の画像の特徴点群の座標を当該座標変換係数を用いた座標変換処理により変換し、他方の画像の対応する特徴点群の座標と比較する処理が実行される。したがって、本実施形態にかかる画像検索装置は、クエリ画像から算出された回転不変の性質を持つ特徴量の変動を検定して変動の大きい回転不変の性質を持つ特徴量を検索時に使わないように構成されている。このため、無駄な座標変換処理を行うことなく、検索精度の低下を抑制することが可能になる。したがって、処理負荷を多くする事無くクエリからの特徴点の選択の反復回数を大きい数にする事が出来るという利点が得られる。

【 0 0 6 7 】

なお、クエリ画像と比較先画像との拡大・縮小率は、複数対の特徴点（第 1 実施形態では 2 対の特徴点）について、クエリ画像における特徴点間の距離と比較先画像における特徴点間の距離との比率から求めることも可能である。そして、このようにして求めた拡大・縮小の率があらかじめ指定された制約条件を満足しない場合は、当該複数対の特徴点に関してステップ S 6 0 7、S 6 0 8 の処理を禁止して、次の新たな特徴点の対を取得するようにしてもよい。この場合、座標変換係数を算出する処理（ステップ S 6 0 8）から座標変換後の座標値を比較する処理（ステップ S 6 1 7）の実行が禁止されることになる。同様に、特徴点の各対を結ぶ直線のなす角から回転角度を求めることもできる。このような構成は、処理負荷を多くする事無くクエリからの特徴点の選択の反復回数を大きい数にする事が出来るという本実施形態の利点に更に寄与するものである。

【 0 0 6 8 】

< 第 2 実施形態 >

第 1 実施形態におけるスコア算出方法の説明では、回転変換、相似変換および平行移動の組み合わせを説明したが、適用可能な幾何学変換はこれらに限られるものではない。上記以外の幾何学変換についても、図 6 のフローチャートのステップ S 6 0 8 においてそれぞれに応じた変換行列を求めることにより、対応可能である。たとえば、アフィン変換の場合は、まず、ステップ S 6 0 7 でランダムに選択する対応点の組の座標数を 3 とする。次に、ステップ S 6 0 8 において式 (9) ではなく式 (8) を使うこととし、ステップ S 6 0 6 で選択した 3 組の対応点（合計 6 点）を使って変数 a ~ f を求めればよい。

【 0 0 6 9 】

図 9 に幾何変換の制約を与えるための、閾値指定処理部 2 1 1 によって提供される U I の例を示す。

【 0 0 7 0 】

まず、変形を伴う拡大・縮小である場合には

$$a = d \text{ or } b = (-c) \dots (18)$$

となるので、この条件を参照することにより変形を検索しないようにする事が可能である。即ち、変形が有るものを検索しない制約で検索を行う場合には、上記式 (1 8) を満たす場合に、次の対応点の処理ステップ S 6 0 5 に移るようにすればよい。

【 0 0 7 1 】

他方、上記、a, b, c, d を式 (1 5) により求めた S でわった結果が - 1, 0, 0, 1 になるかで鏡像が検出できるので、鏡像画像の検索を制約に加えることも可能である。

【 0 0 7 2 】

この「鏡像画像を検索する」のチェックと、「変形を検索しない」のチェックはどちら

か片方しかチェックできないように制御する必要がある。

【0073】

尚、回転変換、相似変換および平行移動に関しては、第1実施形態と同様の方法で範囲の制約を掛ける事が可能である。

【0074】

更に、回転に関しては、画像中の文字画像の文字認識(OCR)結果に基づく方向検知処理を行い、方向補正を行った上で指定の回転角度範囲の画像を検索する事も当然考えられる。また、上記各実施形態では、クエリ画像の特徴点をアフィン変換し、アフィン変換後の座標と比較先画像の特徴点の座標とを比較したが、比較先画像の特徴点をアフィン変換し、アフィン変換後の座標とクエリ画像の特徴点の座標とを比較してもよい。

10

【0075】

以上のように、第1及び第2実施形態によれば、検索に対する絞り込み処理を、クエリからの特徴点の選択から幾何変換までの処理に最適に関連つける事が出来る。そのため、余計な幾何変換処理を行わずに済み、後処理で絞込条件に合うかの確認処理を行う必要も無くなる。

【0076】

従って、処理負荷を多くする事無くクエリからの特徴点の選択の反復回数を大きい数にする事が出来、ひいては、検索の安定性や再現性に寄与する事が可能となる。

【0077】

<他の実施形態>

20

以上、実施形態を詳述したが、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラムもしくは記憶媒体等としての実施態様をとることが可能である。具体的には、複数の機器から構成されるシステムに適用しても良いし、また、一つの機器からなる装置に適用しても良い。

【0078】

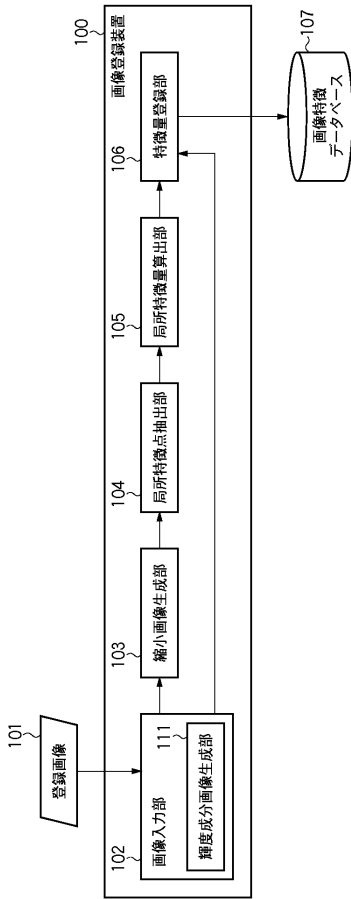
尚、本発明は、ソフトウェアのプログラムをシステム或いは装置に直接或いは遠隔から供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータが該供給されたプログラムコードを読み出して実行することによって前述した実施形態の機能が達成される場合を含む。この場合、供給されるプログラムは実施形態で図に示したフローチャートに対応したコンピュータプログラムである。

30

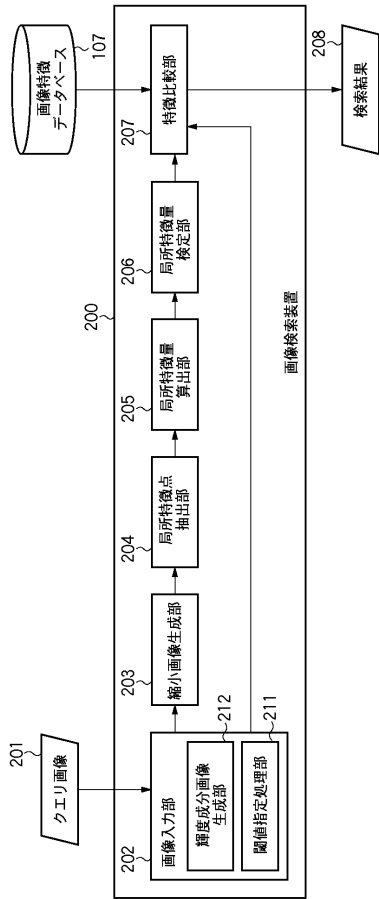
【0079】

また、コンピュータが、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体から格納されているプログラムを読み出し、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOSなどとの協働で実施形態の機能が実現されてもよい。この場合、OSなどが、実際の処理の一部または全部を行ない、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

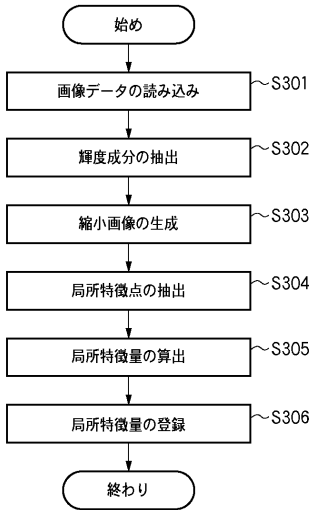
【図 1】



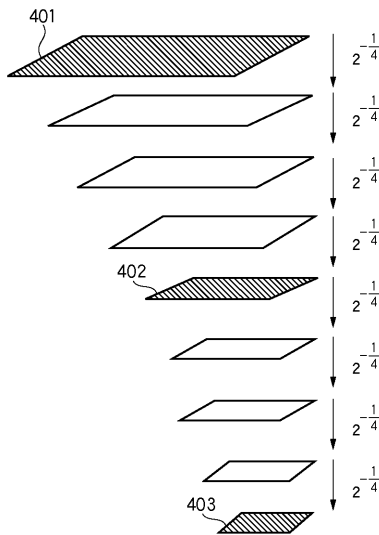
【図 2】



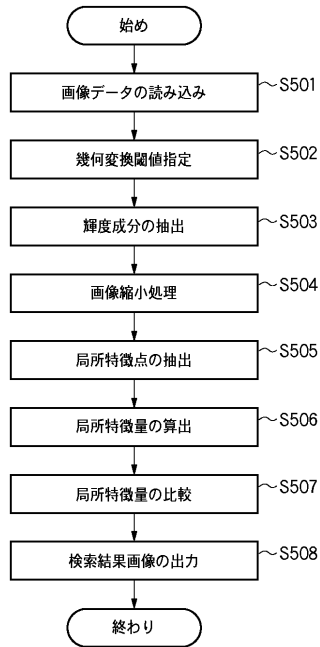
【図 3】



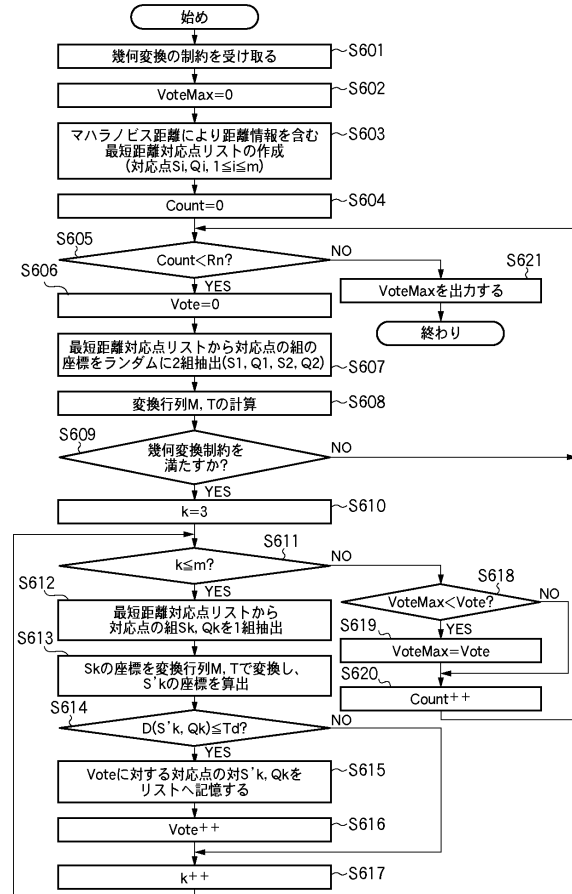
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

アフィン変換行列の一覧表						
	a	b	c	d	e	f
平行移動	1	0	0	1	M	n
回転移動	$\cos \theta$	$\sin \theta$	$-\sin \theta$	$\cos \theta$	0	0
拡大・縮小	s	0	0	s	0	0
せん断	1	b	c	1	0	0
鏡像変換	-1	0	0	1	0	0

【図 9】

☐ 拡大・縮小範囲指定

%から
 %まで

☐ 回転角度範囲指定

度から
 度まで時計回り

☐ 平行移動範囲指定

画素から
 画素右へ移動

画素から
 画素上へ移動

☐ 鏡像変換を検索する

☐ 変形を検索しない

【図 8】

☐ 拡大・縮小範囲指定

%から
 %まで

☐ 回転角度範囲指定

度から
 度まで時計回り

☐ 平行移動範囲指定

画素から
 画素右へ移動

画素から
 画素上へ移動

フロントページの続き

- (72)発明者 椎山 弘隆
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 相馬 英智
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 馬養 浩一
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 松下 昌弘
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 真木 健彦

- (56)参考文献 特開2007-334795(JP,A)
特開2009-093595(JP,A)
特開2006-065399(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| G 0 6 T | 1 / 0 0 |
| G 0 6 T | 7 / 0 0 |
| G 0 6 F | 1 7 / 3 0 |