

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4576524号
(P4576524)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl. F1
G06T 7/00 (2006.01) G06T 7/00 350A

請求項の数 5 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2004-129088 (P2004-129088)	(73) 特許権者	504174135 国立大学法人九州工業大学 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
(22) 出願日	平成16年4月23日(2004.4.23)	(74) 代理人	100121371 弁理士 石田 和人
(65) 公開番号	特開2005-310009 (P2005-310009A)	(72) 発明者	中野 鉄平 福岡県北九州市若松区頓田565 マ・メ ゾン2 102号室
(43) 公開日	平成17年11月4日(2005.11.4)	(72) 発明者	森江 隆 北九州市若松区ひびきの2-4 九州工業 大学内
審査請求日	平成19年3月28日(2007.3.28)	審査官	佐藤 実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置及び情報処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1画像上に複数の画素を格子点とする第1格子を設定するとともに、第2画像上に前記第1格子を同相写像した第2格子を設定し、前記第2格子の格子点を移動させて第1格子の格子点のそれぞれに対応する第2格子の格子点の最適な位置を決定することで、第1画像と第2画像との間の伸縮グラフ・マッチング処理を行う情報処理装置であって、

前記第1格子の格子点を固定した条件下において、前記第2格子の各格子点の相対位置には依存せず前記第2格子の格子点の座標に依存して決定される評価量である絶対評価量を計算する絶対評価量計算手段と、

前記第2格子のそれぞれの格子点に対して、当該格子点の周囲の範囲であって当該格子点10
に隣接する隣接格子点を含まない所定の範囲である注目点近傍領域内に位置する画素点における絶対評価量を保存する絶対評価量記憶手段と、

前記第1格子の格子点を固定した条件下において、前記第2格子の格子点の座標とその格子点から所定の範囲内にある各格子点の座標に依存して決定される評価量である相対評価量を計算する相対評価量計算手段と、

及び、前記第2格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及び当該注目格子点の周囲の範囲であって前記注目点近傍領域より狭い所定の範囲である移動範囲内にある画素点について、前記絶対評価量記憶手段に記憶された前記絶対評価量と前記相対評価量計算手段により算出される前記相対評価量とから所定の評価関数により総合評価量を計算し、総合評価量が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行う 20

第 2 格子最適化手段と、を備え、

前記第 2 格子最適化手段は、前記注目格子点を移動した結果、前記移動範囲が前記注目点近傍領域内からはみ出す場合において、前記移動範囲が含まれる位置まで前記注目点近傍領域をシフトし、このシフトにより新たに前記注目点近傍領域に属することとなる画素点の絶対評価量を前記絶対評価量計算手段により計算し、前記絶対評価量記憶手段内の当該注目点近傍領域の絶対評価量を更新することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記絶対評価量計算手段は、前記第 1 画像の各画素位置において定義され少なくとも 1 個以上の特徴量を要素として持つ特徴ベクトルと、前記第 2 画像の各画素位置において定義され少なくとも 1 個以上の特徴量を要素として持つ特徴ベクトルとの相関値で表される絶対評価量 e_v^c を計算するものであり、

10

前記相対評価量計算手段は、前記第 1 格子の格子点の座標及び前記第 2 格子の格子点の座標を用いて算出される格子間距離の変位の総和で表される相対評価量 e_v^d を計算するものであり、

前記第 2 格子最適化手段は、前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について、前記絶対評価量計算手段及び前記相対評価量計算手段により算出される前記絶対評価量 e_v^c と前記相対評価量 e_v^d とから、絶対評価量 e_v^c に対して正の傾きを有し相対評価量 e_v^d に対しては負の傾きを有する関数又はその定数倍で表される評価関数により総合評価量 e_v を計算し、前記総合評価量 e_v が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行うものであること

20

を特徴とする請求項 1 記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記第 1 格子の格子点の座標を記憶する第 1 格子座標記憶手段と、

前記第 2 格子の格子点の座標を記憶する第 2 格子座標記憶手段と、

を備え、

前記第 2 格子最適化手段は、

前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、前記注目格子点及び前記注目格子点に隣接する格子点の座標、並びにそれらの格子点に対応する前記第 1 格子の格子点の座標を前記第 1 格子座標記憶手段及び前記第 2 格子座標記憶手段から読み出す座標取得手段と、

30

前記注目点近傍領域内に位置する画素点における絶対評価量を一時的に記憶するキャッシュ・メモリと、

前記絶対評価量記憶手段から、前記注目格子点及び前記注目近傍領域内に位置する画素点における絶対評価量を読み出して前記キャッシュ・メモリに保存する絶対評価量読出手段と、

前記注目格子点及びその周囲の一定の範囲である移動範囲内にある画素点について、前記相対評価量計算手段により相対評価量を算出するとともに、前記キャッシュ・メモリに記憶された絶対評価量を用いて総合評価量を算出する総合評価量計算手段と、

前記注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点のうち、総合評価量が最適である画素点を検出する最適画素点検出手段と、

40

前記最適画素点検出手段が検出する画素点である検出画素点を注目格子点として、前記第 2 格子座標記憶手段に保存する格子点座標更新手段と、

前記検出画素点を中心とする前記移動範囲が、前記キャッシュ・メモリに記憶された前記注目近傍領域内からはみ出す場合、前記検出画素点を中心とする前記移動範囲が含まれる位置に前記キャッシュ・メモリに記憶された前記注目近傍領域を更新する注目近傍領域更新手段と、

前記注目近傍領域更新手段が前記注目近傍領域を更新することにより新たに前記注目近傍領域に含まれる画素点について、前記絶対評価量計算手段により絶対評価量を計算し、前記キャッシュ・メモリに保存する絶対評価量補充手段と、

50

前記キャッシュ・メモリに記憶された注目近傍領域の絶対評価量を前記絶対評価量記憶手段に保存する絶対評価量更新手段と、
を備えた請求項 1 又は 2 記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記キャッシュ・メモリは、
行列状又はハニカム状に 2 次元配列されたレジスタと、
それぞれのレジスタに対して 1 つ備えられた方向選択用セクタと、
を備え、
各方向選択用セクタの出力線は、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの入力線に接続されており、

10

各方向選択用セクタの複数束の入力線は、それぞれ、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの出力線、並びに当該方向選択用セクタに対応するレジスタに隣接するレジスタの出力線に接続されたシフト・レジスタであること
を特徴とする請求項 3 記載の情報処理装置。

【請求項 5】

第 1 画像上に複数の画素を格子点とする第 1 格子を設定するとともに、第 2 画像上に前記第 1 格子を同相写像した第 2 格子を設定し、前記第 2 格子の格子点を移動させて第 1 格子の格子点のそれぞれに対応する第 2 格子の格子点の最適な位置を決定することで、第 1 画像と第 2 画像との間の伸縮グラフ・マッチング処理を行う情報処理方法であって、

前記第 1 格子の格子点を固定した条件下において、前記第 2 格子の各格子点の相対位置には依存せず前記第 2 格子の格子点の座標に依存して決定される評価量である絶対評価量を、前記第 2 格子のすべての格子点及び当該格子点の周囲の範囲であって当該格子点に隣接する隣接格子点を含まない所定の範囲である注目点近傍領域内にある画素点について計算し、絶対評価量記憶手段に保存する第 1 のステップと、

20

前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及び当該注目格子点の周囲の範囲であって前記注目点近傍領域より狭い所定の範囲である移動範囲内にある画素点について総合評価量を計算し、総合評価量が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行う第 2 のステップと、を含み、

前記第 2 のステップにおいては、

前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点として選択するステップ、

30

前記移動範囲内にある画素点について、前記第 1 格子の格子点を固定した条件下において、前記第 2 格子の格子点の座標とその格子点から所定の範囲内にある各格子点の座標とに依存して決定される評価量である相対評価量を算出するステップ、

前記移動範囲に含まれる画素点について、前記相対評価量と前記絶対評価量記憶手段から読み出される絶対評価量とから所定の評価関数により総合評価量を算出するステップ、
総合評価量が最適である画素点に当該注目格子点を移動するステップ、

及び、当該注目格子点を移動した場合、移動した結果、前記移動範囲が前記注目点近傍領域内からはみ出す場合において、前記移動範囲が含まれる位置まで前記注目点近傍領域をシフトし、このシフトにより新たに前記注目点近傍領域に属することとなる画素点の絶対評価量を計算し、前記絶対評価量記憶手段内の当該注目点近傍領域の絶対評価量を更新するステップ、を含んでいることを特徴とする情報処理方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像内における顔や物体の認識技術の一つである伸縮グラフ・マッチング (elastic graph matching: 以下、「EGM」という。) を行うための情報処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、画像における顔や物体の認識・認証技術が盛んに研究されている。物体認識技術

50

としては、これまでに種々の方法が提案されており、例えば、サポート・ベクター・マシン (SVM) を用いる方法 (非特許文献 5 参照)、高次局所自己相関特徴と判別分析を用いる方法 (非特許文献 6 参照)、EGM を用いる方法 (非特許文献 1 参照) などが知られている。

【0003】

SVM による方法では、複数のサンプル画像を用いて学習させた識別器を用いて、入力画像がどのサンプル画像に対応するかを判別する。この場合、判別させたい物体 1 個につき 1 個の識別器が必要となる。この方法では、すべての識別器に対して、記憶対象画像を学習させる必要があり、計算量が膨大となる。

【0004】

高次局所自己相関特徴では、画像に含まれる特徴を抽出し、その特徴毎にヒストグラムを構成し、画像固有のパラメータとする。そして、そのパラメータ同士を入力画像と比較することにより、マッチングを行う。この方法では、画像内での特徴の位置関係を無視するため、物体の位置ずれにロバストな認識が可能である。

【0005】

EGM では、画像上に格子点を配置した評価点を、入力画像及び記憶画像それぞれに定義し、対応する評価点での一致度と格子の歪みの少なさを定義される評価関数を最大にするように格子点を移動させる。その評価関数が画像間の一致度となる。評価点を移動させて比較するため、顔の表情や物体の傾きのような変化を吸収することができる。そのため、顔認識の分野では、その性能についての評価が高く、実用化もされている (特許文献 1, 非特許文献 2 ~ 4 参照)。

【0006】

EGM では、図 15 に示すように、入力画像と記憶画像とのそれぞれに評価点 (以下、「格子点」という。) を格子状に並べる (図 15 (a), (b) 参照)。そして、後述の評価関数が最大となるように格子点を移動させることで、マッチングを行う (図 15 (c) 参照)。

【0007】

EGM を実行する前に、物体の位置を検出する必要がある。検出方法としては、EGM のオリジナルの手法として、格子の形状を固定した状態で格子を画像内で動かし、大局的な特徴による評価関数が最大となる位置を探索する方法がある (非特許文献 1 参照)。また、抵抗ヒューズ・ネットワーク処理により画像を大局的な領域として分割し、物体が位置する領域を抽出する方法なども知られている (非特許文献 7, 8 参照)。また、顔に特化した方法としては、階層型ニューラル・ネットワークにより顔の位置を検出する方法 (非特許文献 9 ~ 11 参照)、6 分割矩形フィルタにより眉間を検出することで顔の候補とし、SVM により判別する方法 (非特許文献 12 参照) 等がある。

【0008】

評価関数は (数 1) により定義される (非特許文献 1 参照)。

【0009】

【数 1】

$$E = E_c - \lambda E_d$$

【0010】

ここで、 E_c は、入力画像と記憶画像との特徴量の差を表す項である。 E_d は格子全体の歪みを表す項である。 λ は、 E_c と E_d とのトレード・オフを決定する定数である。

【0011】

入力画像と記憶画像との特徴量の差を表す項 E_c は、(数 2) のように定義される。

【0012】

10

20

30

40

【数 2】

$$E_c = \sum_{v \in V} e_v^c$$

【0 0 1 3】

但し、 V は全格子点の集合である。 e_v^c は、入力画像及び記憶画像の対応する格子点 v での特徴量差を表す項であり、(数 3)により表される。

【0 0 1 4】

【数 3】

$$e_v^c = \frac{(J_v^I \cdot J_v^M)}{\|J_v^I\| \|J_v^M\|}$$

10

【0 0 1 5】

但し、 J_v^I 、 J_v^M は格子点 v において、それぞれ、入力画像、記憶画像のガボール・ウェーブレット変換 (Gabor Wavelet transform: 以下、「GWT」という。)により得られる特徴ベクトルである。

【0 0 1 6】

次に、格子全体の歪みを表す項 E_d は、(数 4)により定義される。

【0 0 1 7】

【数 4】

$$E_d = \sum_{v \in V} e_v^d$$

20

【0 0 1 8】

ここで、 e_v^d は、格子点 v とその隣接格子点との距離の和を表し、(数 5)により定義される。

【0 0 1 9】

【数 5】

$$e_v^d = \sum_{w \in N_v} |D_{vw}^I - D_{vw}^M|^2$$

30

【0 0 2 0】

但し、 N_v は格子点 v の隣接格子点の集合である。 D_{vw}^I 、 D_{vw}^M は、それぞれ、入力画像、記憶画像の格子点 v 、 w 間の距離である。

【0 0 2 1】

(数 1)により得られる評価関数 E の値は、画像間の“一致度”を表す。他の記憶画像についても同様の処理を行い、最も一致度の高い画像を、同一物体(人物)の画像とする。

【特許文献 1】特表 2 0 0 4 - 5 0 9 3 9 1 号

【非特許文献 1】Martin Lades, Jan C. Vorbrüggen, Joachim Buhmann, J. Lange, Christoph von der Malsburg, Rolf P. Wurtz, and Wolfgang Konen, "Distortion Invariant Object Recognition in the Dynamic Link Architecture", IEEE Transactions on Computers, vol. 42, pp. 300-311, 1993.

40

【非特許文献 2】森本勝, 安達澄昭, 西村純一, 「顔認識技術を用いた徘徊者保護支援システム」, OMRON TECHNICS, 通巻137号, 2001.

【非特許文献 3】大久保達也, 安達澄昭, 岩尾博之, 「顔認識技術を用いた入退室管理システム」, OMRON TECHNICS, 通巻135号, 2000.

【非特許文献 4】T. Nakano, T. Morie, and A. Iwata, "A Face/Object Recognition System Using FPGA Implementation of Coarse Region Segmentation," in SICE Annual 'Conference, 2003.

50

【非特許文献5】P. J. Phillips, "Support Vector Machines Applied to Face Recognition," In Advances in Neural Information Processing Systems 11, MIT Press, pp. 803-809, 1999.

【非特許文献6】T. Kurita, N. Otsu, and T. Sato, "A Face Recognition Method Using Higher Order Local Autocorrelation And Multivariate Analysis:" ICPR, vol. B, p p. 213-216.

【非特許文献7】中野鉄平, 森江隆, 安藤博士, 石津任章, 岩田穆, 「大局的画像領域分割のためのデジタル方式抵抗ヒューズ・ネットワークの設計とFPGAへの実装」, 信学技報, VLD2002-154, ICD2002-219, 2003.

【非特許文献8】T Nakano, H. Ando, H. Ishizu, T. Morie, and A. Iwata, "Coarse Image Region Segmentation Using Resistive-fuse Networks Implemented in FPGA," in The 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003) Proceedings, volume IV, pp. 186-191, Orlando, July 27-30 2003. 10

【非特許文献9】S. Lawrence, C. L. Giles, A. C. Tsor and A. D. Back, "Face Recognition: A Convolutional Neural-Network Approach:" IEEE Trans. Neural Networks, vol. 8, pp. 98-113, 1997.

【非特許文献10】M. Matsugu, K. Mori, M. Ishii, and Y. Mitarai, "Convolutional Spiking Neural Network Model for Robust Face Detection," in Proc. Int. Conf on Neural Information Processing (ICONIP), pp. 660-664, 2002.

【非特許文献11】K. Korekado, T. Morie, Osamu Nomura, H. Ando, T. Nakano, M. Matsugu, and A. Iwata, "A Convolutional Neural Network VLSI for Image Recognition Using Merged/Mixed Analog-Digital Architecture," in 7th Int. Conf on Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems (KES'2003), pp. 11-169-176, Oxford, Sept. 3-5 2003. 20

【非特許文献12】川戸慎二郎, 鉄谷信二, 「SSRフィルターとSVMを用いた顔の実時間検出と追跡」, 信学技法, PRMU2003-148 HIP2003-54, 2003.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0022】

しかしながら、上記EGMのアルゴリズムをハードウェアで実行する場合、(数3)に示されたような特徴量差の演算の演算量が大きい。一方、(数1)の評価関数が最大となるように記憶画像の各格子点の座標を決める場合、各格子点を動かしながら(数1)の評価関数を計算する必要がある。従って、長い演算時間を必要とする。 30

【0023】

特に、膨大な記憶画像のデータベースから、入力画像にマッチングする画像を検索する場合のように、記憶画像の候補が多い場合、できるだけ演算時間を短縮する必要がある。高速化するためには、格子点ごと v に e_v^c の演算を並列化することが考えられる。しかし、 e_v^c の演算を並列化すると、回路面積が増大し、それに伴い回路の消費電力が増大するというデメリットが生じる。

【0024】

そこで、本発明の目的は、小規模な回路で実現することが可能であり、かつEGMの演算時間を短くすることが可能な情報処理技術を提供することにある。 40

【0025】

また、本発明の他の目的は、上記情報処理技術に使用するのに特に適したシフト・レジスタを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0026】

本発明に係る情報処理装置の第1の構成は、第1画像上に複数の画素を格子点とする第1格子を設定するとともに、第2画像上に前記第1格子を同相写像(topological mapping)した第2格子を設定し、前記第2格子の格子点を移動させて第1格子の格子点のそれ 50

それぞれに対応する第2格子の格子点の最適な位置を決定することで、第1画像と第2画像との間の伸縮グラフ・マッチング (elastic graph matching) 処理を行う情報処理装置において、以下の構成を含むことを特徴とする：

前記第1格子の格子点を固定した条件下において、前記第2格子の各格子点の相対位置には依存せず前記第2格子の格子点の座標に依存して決定される評価量である絶対評価量を計算する絶対評価量計算手段；

前記第1格子の格子点を固定した条件下において、前記第2格子の格子点の座標とその格子点から所定の範囲内にある各格子点の座標に依存して決定される評価量である相対評価量を計算する相対評価量計算手段；

及び、前記第2格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について、前記絶対評価量計算手段及び前記相対評価量計算手段により算出される前記絶対評価量と前記相対評価量とから所定の評価関数により総合評価量を計算し、総合評価量が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行う第2格子最適化手段。

【0027】

すなわち、第2格子の格子点全体の総合評価量を最適化するに際して、注目格子点を微量だけ移動させた場合、注目格子点以外の格子点の総合評価量は殆ど変化しない。そこで、注目格子点を微量だけ移動させて総合評価量を評価する際に、第2格子の格子点全体の総合評価量を演算せず、注目格子点に関する総合評価量のみを第2格子最適化手段により演算する。そして、注目格子点に関する総合評価量が最適となる方向に注目格子点を移動させる。この操作を、注目格子点を順次変更しながら第2格子の格子点全体にわたって繰り返し行うことにより、第2格子の格子点全体の総合評価量を最適化することができる。

【0028】

このように、第2格子最適化手段は、注目格子点に関する総合評価量のみを演算するため、高速な演算処理が可能となる。また、各格子点について1点ずつ順次演算処理を行うため、少ないハードウェア量で構成することが可能となる。

【0029】

本発明に係る情報処理装置の第2の構成は、前記第1の構成において、前記絶対評価量計算手段は、前記第1画像の各画素位置において定義され少なくとも1個以上の特徴量を要素として持つ特徴ベクトルと、前記第2画像の各画素位置において定義され少なくとも1個以上の特徴量を要素として持つ特徴ベクトルとの相関値で表される絶対評価量 e_v^c を計算するものであり、

前記相対評価量計算手段は、前記第1格子の格子点の座標及び前記第2格子の格子点の座標を用いて算出される格子間距離の変位の総和で表される相対評価量 e_v^d を計算するものであり、

前記第2格子最適化手段は、前記第2格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について、前記絶対評価量計算手段及び前記相対評価量計算手段により算出される前記絶対評価量 e_v^c と前記相対評価量 e_v^d とから、絶対評価量 e_v^c に対して正の傾きを有し相対評価量 e_v^d に対しては負の傾きを有する関数又はその定数倍で表される評価関数により総合評価量 e_v を計算し、前記総合評価量 e_v が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行うものであることを特徴とする。

【0030】

この構成により、上記背景技術において説明したような、EGMの演算処理を高速に、かつ小規模な回路で実現することが可能となる。

【0031】

ここで、「特徴ベクトル」とは、特徴パラメータを要素とするベクトルで、特徴を表現したものをいう。「特徴パラメータ(特徴量)」とは、パターンが持っている特徴を量的に表したものをいう。特徴パラメータの抽出方法としては、例えば、画像のK-L (Karh

10

20

30

40

50

unen-Loeve) 展開や、方向と周波数で決定される基底による展開 (例えば、ウェーブレット展開) などがある。

【0032】

具体的には、「特徴ベクトル」としては、例えば、画像をガボール (Gabor) ・ウェーブレット、ハール (Haar) ・ウェーブレット、Malver ウェーブレット、Morlet ウェーブレット、メキシカン・ハット・ウェーブレット、Shannon ウェーブレット、Daubechies ウェーブレット等のウェーブレットによりウェーブレット展開して得られる特徴ベクトル等が挙げられる。

【0033】

「格子間距離」としては、ユークリッド距離のほか、シティブロック距離、重みつきユークリッド距離、マハラノビス距離、類似度等が挙げられる。

10

【0034】

「絶対評価量 e_v^c に対して正の傾きを有し相対評価量 e_v^d に対しては負の傾きを有する関数又はその定数倍で表される評価関数」としては、例えば、関数 $e_v^c - e_v^d$ や関数 $e_v^c - e_v^d$ (e は定数)、 e_v^c / e_v^d などが挙げられる。

【0035】

「総合評価量 e_v が最適」とは、評価関数の形に依存して、総合評価量 e_v が最大となる場合が最適である場合や総合評価量 e_v が最小となる場合が最適である場合がある。

【0036】

本発明に係る情報処理装置の第3の構成は、前記第1又は2の構成において、前記第2格子のそれぞれの格子点に対して、その格子点の周囲の所定の範囲内に位置する画素点における絶対評価量を保存する絶対評価量記憶手段を備えていることを特徴とする。

20

【0037】

第2格子のそれぞれの格子点に対して、その格子点の周囲の所定の範囲内に位置する画素点における絶対評価量を、絶対評価量記憶手段に予め保存しておく。そして、第2格子最適化手段が、注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について総合評価量計算手段により総合評価量を計算する際には、絶対評価量は絶対評価量記憶手段に予め保存されたものを使用する。これにより、同じ画素点について何度も重複して絶対評価量を演算することがなくなり、演算処理を高速化することができる。

【0038】

30

本発明に係る情報処理装置の第4の構成は、前記第3の構成において、前記第1格子の格子点の座標を記憶する第1格子座標記憶手段と、前記第2格子の格子点の座標を記憶する第2格子座標記憶手段と、を備え、前記第2格子最適化手段は、

前記第2格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、前記注目格子点及び前記注目格子点に隣接する格子点の座標、並びにそれらの格子点に対応する前記第1格子の格子点の座標を前記第1格子座標記憶手段及び前記第2格子座標記憶手段から読み出す座標取得手段と、

前記注目格子点及び前記注目格子点の周囲の所定の範囲 (以下、「注目点近傍領域」という。) 内に位置する画素点における絶対評価量を一時的に記憶するキャッシュ・メモリと、

40

前記絶対評価量記憶手段から、前記注目格子点及び前記注目近傍領域内に位置する画素点における絶対評価量を読み出して前記キャッシュ・メモリに保存する絶対評価量読出手段と、

前記注目格子点及びその周囲の一定の範囲 (以下、「移動範囲」という。) 内にある画素点について、前記相対評価量計算手段により相対評価量を算出するとともに、前記キャッシュ・メモリに記憶された絶対評価量を用いて総合評価量を算出する総合評価量計算手段と、

前記注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点のうち、総合評価量が最適である画素点を検出する最適画素点検出手段と、

50

前記最適画素点検出手段が検出する画素点（以下、「検出画素点」という。）を注目格子点として、前記第2格子座標記憶手段に保存する格子点座標更新手段と、

前記検出画素点を中心とする前記移動範囲が、前記キャッシュ・メモリに記憶された前記注目近傍領域内からはみ出す場合、前記検出画素点を中心とする前記移動範囲が含まれる位置に前記キャッシュ・メモリに記憶された前記注目近傍領域を更新する注目近傍領域更新手段と、

前記注目近傍領域更新手段が前記注目近傍領域を更新することにより新たに前記注目近傍領域に含まれる画素点について、前記絶対評価量計算手段により絶対評価量を計算し、前記キャッシュ・メモリに保存する絶対評価量補充手段と、

前記キャッシュ・メモリに記憶された注目近傍領域の絶対評価量を前記絶対評価量記憶手段に保存する絶対評価量更新手段と、
を備えていることを特徴とする。

10

【0039】

この構成によれば、注目格子点が移動して移動範囲が注目点近傍領域からはみ出した場合には、注目近傍領域更新手段が注目点近傍領域を更新するとともに、絶対評価量補充手段が新たに注目近傍領域に含まれることとなった画素点について絶対評価量を計算する。そして、絶対評価量更新手段が、更新された注目点近傍領域の絶対評価量を絶対評価量記憶手段に保存する。

【0040】

このように、注目近傍領域を必要に応じて適宜更新することにより、注目近傍領域の大きさを必要最小限に小さくし絶対評価量の演算量を減らすことができる。

20

【0041】

本発明に係る情報処理装置の第5の構成は、前記第4の構成において、前記キャッシュ・メモリは、行列状又はハニカム状に2次元配列されたレジスタと、それぞれのレジスタに対して1つ備えられた方向選択用セクタと、を備え、各方向選択用セクタの出力線は、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの入力線に接続されており、各方向選択用セクタの複数束の入力線は、それぞれ、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの出力線、並びに当該方向選択用セクタに対応するレジスタに隣接するレジスタの出力線に接続されたシフト・レジスタであることを特徴とする。

【0042】

30

この構成により、すべての方向選択用セクタの選択方向を同方向に切り替えることにより、行列状又はハニカム状に2次元配列されたレジスタのデータを行方向又は列方向（若しくは、ハニカム状の場合には斜め方向）にシフトさせることができる。従って、簡単な回路構成によって、キャッシュ・メモリに記憶された注目近傍領域を2次的に自由にシフトさせることができる。

【0043】

本発明に係るシフト・レジスタの構成は、行列状又はハニカム状に2次元配列されたレジスタと、それぞれのレジスタに対して1つ備えられた方向選択用セクタと、を備え、各方向選択用セクタの出力線は、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの入力線に接続されており、各方向選択用セクタの複数束の入力線は、それぞれ、当該方向選択用セクタに対応するレジスタの出力線、並びに当該方向選択用セクタに対応するレジスタに隣接するレジスタの出力線に接続されていることを特徴とする。

40

【0044】

この構成によれば、上記の情報処理装置のキャッシュ・メモリに使用するのに適したシフト・レジスタを構成することができる。

【0045】

本発明に係る情報処理方法は、第1画像上に複数の画素を格子点とする第1格子を設定するとともに、第2画像上に前記第1格子を同相写像（topological mapping）した第2格子を設定し、前記第2格子の格子点を移動させて第1格子の格子点のそれぞれに対応する第2格子の格子点の最適な位置を決定することで、第1画像と第2画像との間の伸縮グ

50

ラフ・マッチング (elastic graph matching) 処理を行う情報処理方法であって、前記第 1 格子の格子点を固定した条件下において、前記第 2 格子の各格子点の相対位置には依存せず前記第 2 格子の格子点の座標に依存して決定される評価量である絶対評価量を、前記第 2 格子のすべての格子点及びそれらの周囲の所定の範囲内にある画素点について計算し、絶対評価量記憶手段に保存する第 1 のステップと、前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点とし、当該注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について総合評価量を計算し、総合評価量が最適である画素点に当該注目格子点を移動する処理を行う第 2 のステップと、を含み、前記第 2 のステップにおいては、前記第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次注目格子点として選択するステップ、前記注目格子点及びその周囲の一定の範囲 (以下、「移動範囲」という。) 内にある画素点について、前記第 1 格子の格子点を固定した条件下において、前記第 2 格子の格子点の座標とその格子点から所定の範囲内にある各格子点の座標とに依存して決定される評価量である相対評価量を算出するステップ、及び、前記移動範囲に含まれる画素点について、前記相対評価量と前記絶対評価量記憶手段に保存された絶対評価量とから所定の評価関数により総合評価量を算出するステップ、を含んでいることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0046】

以上のように、本発明によれば、第 2 格子の格子点全体の総合評価量を最適化する場合において、順次注目格子点を移動させながら、注目格子点に関する総合評価量のみを演算し注目格子点を最適な位置に移動させていくことで、高速な演算処理が可能となる。また、少ないハードウェア量で構成することが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら説明する。

【実施例 1】

【0048】

(1) 情報処理装置の機能ブロック構成

図 1 は本発明の実施例 1 に係る情報処理装置の機能構成を表すブロック図である。本発明に係る情報処理装置 1 は、2 つの画像 (第 1 画像及び第 2 画像) をガボール・ウェーブレット変換 (以下、「GWT」という。) を行うことにより得られる特徴ベクトルに基づき、EGMを行う情報処理装置である。

30

【0049】

本発明に係る情報処理装置 1 は、第 1 特徴ベクトル記憶手段 2 は、第 2 特徴ベクトル記憶手段 3、第 1 格子座標記憶手段 4、第 2 格子座標記憶手段 5、絶対評価量計算手段 6、絶対評価量記憶手段 7、相対評価量計算手段 8、及び第 2 格子最適化手段 9 を備えている。

【0050】

第 1 特徴ベクトル記憶手段 2 及び第 2 特徴ベクトル記憶手段 3、それぞれ、マッチング処理の対象となる第 1 画像、第 2 画像をガボール・ウェーブレット変換して得られる特徴ベクトル $J^I = \{ J_v^I; v \in V \}$, $J^M = \{ J_v^M; v \in V \}$ が記憶される。ここで、 V は全画素点の集合を表す。以下の説明においては、入力画像を、予め用意されたテンプレート画像である記憶画像とマッチングする場合を考える。以下、第 1 画像のことを「入力画像」、第 2 画像のことを「記憶画像」といい、それぞれ、 I , M と記す。尚、この対応関係は逆でもよい。

40

【0051】

第 1 格子座標記憶手段 4 には、第 1 画像上に設定される第 1 格子の各格子点の座標が記憶される。ここで、「第 1 格子」とは、画像のマッチングを行うときに、評価対象とする第 1 画像内の画素を格子点とする格子をいう。

【0052】

第 2 格子座標記憶手段 5 には、第 2 画像上に設定される第 2 格子の各格子点の座標が記

50

憶される。ここで、「第2格子」とは、画像のマッチングを行うときに、評価対象とする第2画像内の画素を格子点とする格子をいう。第2格子は、第1格子を同相写像した格子であり、第1格子内の格子点の数と等しい数の格子点を有している。初期状態においては、第2格子の各格子点は、対応する第1格子の各格子点と等しい座標を有している。

【0053】

絶対評価量計算手段6は、第1特徴ベクトル記憶手段2及び第2特徴ベクトル記憶手段3に記憶された入力画像I及び記憶画像Mの特徴ベクトル J^I 、 J^M に基づき、記憶画像の指定された画素点について絶対評価量を計算する。「絶対評価量」とは、第1格子の格子点を固定した条件下において、第2格子の各格子点間の相対座標には依存せず、第2格子の格子点の座標（絶対座標）に依存して決定される評価量である。「評価量」とは、2つの画像の“一致度”を表すための目安となる量のことをいう。

10

【0054】

ここで、本発明においては、EGMにおいて使用される、2つの画像の“一致度”を表す評価関数としては、種々の評価関数を使用することが可能である。本実施例のEGMにおいては、説明の便宜上、評価関数として、上述の(数1)、(数2)(数4)及び後述の(数6)、(数7)で表される評価関数を使用するものとする。この場合、(数6)で表される“特徴量差 e_v^c ”が絶対評価量である。

【0055】

特徴量差 e_v^c は、特徴ベクトル J_v^I と特徴ベクトル J_v^M との間の方向余弦を表す。特徴ベクトル J_v^I と特徴ベクトル J_v^M との方向が一致しているほど、特徴量差 e_v^c の値は大きくなり、完全に方向が一致した場合には1となる。特徴ベクトル J_v^I と特徴ベクトル J_v^M との方向が垂直の場合には特徴量差 e_v^c の値は0となる。特徴量差 e_v^c は、特徴ベクトル J_v^I 及び特徴ベクトル J_v^M の絶対値には依存しない。従って、特徴量差 e_v^c は画像の明度（グレースケール）には依存しない。

20

【0056】

絶対評価量記憶手段7は、第2格子のそれぞれの格子点に対して、その格子点の周囲の所定の範囲内に位置する画素点における絶対評価量（ここでは、特徴量差 e_v^c ）を記憶する。

【0057】

なお、本発明においては、「格子点の周囲の所定の範囲」としては、隣接する格子を含まない程度の任意の領域にすることができる。本実施例においては、簡単のため、「格子点の周囲の所定の範囲」は、一の格子を含む $m \times m$ 画素の方形領域とする。

30

【0058】

相対評価量計算手段8は、入力画像I及び記憶画像Mの格子点の座標に基づき、記憶画像内の指定された画素点について相対評価量を計算する。「相対評価量」とは、第1格子の格子点を固定した条件下において、第2格子の格子点の座標とその格子点から所定の範囲内にある各格子点の座標に依存して決定される評価量である。ここで、「所定の範囲」は、自由に定めることができるが、最も簡単には、隣接する範囲とすることができる。

【0059】

本実施例においては、EGMの評価関数として(数1)、(数2)、(数4)で表される評価関数を使用する。但し、 e_v^c 及び e_v^d については、(数3)、(数5)の代わりに、それぞれ、以下の(数6)、(数7)を使用する。

40

【0060】

【数6】

$$e_v^c = \frac{(J_v^I \cdot J_v^M)^2}{\|J_v^I\|^2 \|J_v^M\|^2}$$

【0061】

【数 7】

$$e_v^d = \sum_{w \in N_v} |D_{vw}^I - D_{vw}^M|$$

ここでは、 e_v^c は、(数 3)における平方根演算を省略するために、(数 3)で定義された特徴量差を表す項を自乗して(数 6)として定義している。また、 e_v^d は、自乗計算の煩雑さを避けるため、(数 5)の右辺の平方根をとった(数 7)により定義されている。以下本実施例においては、(数 6)で定義される e_v^c を「特徴量差」、(数 7)で定義される e_v^d を「歪み量」と呼ぶ。

【0062】

歪み量 e_v^d は、第 1 格子の格子点間の距離に対する第 2 格子の格子点間の距離の相違の度合いを表す量である。第 1 格子に対して第 2 格子が歪んでいるほど歪み量 e_v^d は大きくなる。逆に、第 1 格子と第 2 格子とが同型である場合には歪み量 e_v^d は 0 となる。

【0063】

第 2 格子最適化手段 9 は、第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次、「注目格子点」として、この注目格子点を、総合評価量が最適化される方向に移動する処理を行う。この際、第 2 格子最適化手段 9 は、注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点について、絶対評価量計算手段 6 及び相対評価量計算手段 8 により算出される絶対評価量及び相対評価量から、所定の評価関数により総合評価量を算出する。そして、これらの座標点のうち、総合評価量が最適である画素点に注目格子点を移動させる。

【0064】

ここで、「総合評価量」とは、絶対評価量及び相対評価量から所定の評価関数によって算出される 2 つの画像の“一致度”を表す量である。ここでは、評価関数として、(数 8)を使用する。

【0065】

【数 8】

$$e_v = e_v^c - \lambda e_v^d$$

【0066】

ここで、 λ は、特徴量差 e_v^c と歪み量 e_v^d とのトレード・オフを決定する定数である。この総合評価量のことを、以下、「評価値」と呼ぶことにする。評価値 e_v は、特徴量差 e_v^c が大きいほど大きくなり、また、歪み量 e_v^d が小さいほど大きくなる。

【0067】

第 2 格子最適化手段 9 は、キャッシュ・メモリ 10、絶対評価量読出手段 11、絶対評価量更新手段 12、座標取得手段 13、総合評価量計算手段 14、最適画素点検出手段 15、格子点座標更新手段 16、注目近傍領域更新手段 17、及び絶対評価量補充手段 18 を備えている。

【0068】

キャッシュ・メモリ 10 は、注目点及びその周囲の所定の範囲(以下、「注目点近傍領域」という。)内に位置する画素点における評価値 e_v を一時的に記憶するシフト・レジスタである。キャッシュ・メモリ 10 の詳細な構成については後述する。

【0069】

絶対評価量読出手段 11 は、絶対評価量記憶手段 7 から、注目格子点が属する注目近傍領域内に位置する画素点における評価値 e_v を読み出してキャッシュ・メモリ 10 に保存する。

【0070】

絶対評価量更新手段 12 は、キャッシュ・メモリ 10 に記憶されている注目近傍領域内に位置する画素点における評価値 e_v を、絶対評価量記憶手段 7 に保存する。

【0071】

座標取得手段 13 は、第 2 格子の格子点のそれぞれを、順次、注目格子点とし、注目格

10

20

30

40

50

子点及び注目格子点に隣接する格子点の座標、並びに注目格子点に対応する第1格子の格子点の座標を、第1格子座標記憶手段4及び第2格子座標記憶手段5から読み出す。

【0072】

総合評価量計算手段14は、注目格子点及びその周囲の一定の範囲（以下、「移動範囲」という。）内にある画素点について、相対評価量計算手段8により歪み量 e_v^d を算出する。また、それとともに、キャッシュ・メモリ10に記憶された特徴量差 e_v^c を用いて（数8）により評価値 e_v を算出する。

【0073】

最適画素点検出手段15は、注目格子点及びその周囲の所定の範囲内にある画素点のうち、評価値 e_v が最大である画素点を検出する。

【0074】

格子点座標更新手段16は、最適画素点検出手段15が検出する画素点（以下、「検出画素点」という。）を注目格子点として、その座標を第2格子座標記憶手段5に保存する。

【0075】

注目近傍領域更新手段17は、検出画素点を中心とする移動範囲が、キャッシュ・メモリ10に記憶された注目近傍領域内からはみ出す場合において、検出画素点を中心とする移動範囲が含まれる位置にキャッシュ・メモリ10に記憶された注目近傍領域をシフトする。このシフト動作の詳細についても、後述する。

【0076】

絶対評価量補充手段18は、注目近傍領域更新手段が注目近傍領域をシフトすることにより新たに注目近傍領域に含まれる画素点について、絶対評価量計算手段6により特徴量差 e_v^c を計算し、キャッシュ・メモリ10に保存する。

【0077】

〔2〕情報処理装置のハードウェア構成

次に、以上のような機能構成を有する本実施例に係る情報処理装置をハードウェアで構成した例について説明する。

【0078】

図2は、本発明の実施例1に係る情報処理装置の回路構成を表すブロック図である。情報処理装置1は、画像メモリ21、特徴量差計算ブロック22、第1格子座標レジスタ23、第2格子座標レジスタ24、アービタ25、評価値計算ユニット26、上格子点座標レジスタ27、下格子点座標レジスタ28、左格子点座標レジスタ29、右格子点座標レジスタ30、特徴量差レジスタ31、読出キャッシュ・メモリ32、書込キャッシュ・メモリ33、及びコントローラ34を備えている。

【0079】

また、評価値計算ユニット26は、注目格子点座標レジスタ35及び更新ユニット36を備えている。さらに、コントローラ34は、内部に、移動判定カウンタ37及び更新回数カウンタ38を備えている。

【0080】

ここで、図1と図2の対応関係を明らかにしておく。第1特徴ベクトル記憶手段2及び第2特徴ベクトル記憶手段3は、画像メモリ21により実現されている。第1格子座標記憶手段4は、第1格子座標レジスタ23により実現されている。第2格子座標記憶手段5は、第2格子座標レジスタ24により実現されている。絶対評価量計算手段6は、特徴量差計算ブロック22により実現されている。絶対評価量記憶手段7は、特徴量差レジスタ31により実現されている。相対評価量計算手段8及び第2格子最適化手段9は、更新ユニット36とコントローラ34とが協働することにより実現されている。

【0081】

図2において、画像メモリ21は、外部から入力される入力画像I及び記憶画像Mの特徴ベクトル J^I 、 J^M を記憶するメモリである。

【0082】

10

20

30

40

50

特徴量差計算ブロック 22 は、画像メモリ 21 に記憶された座標点 v の特徴ベクトル J_v^I, J_v^M を読み出して、その座標点 v の特徴量差 e_v° を演算するブロックである。特徴量差計算ブロック 22 の詳しい内部構成については後述する。

【 0083 】

第 1 格子座標レジスタ 23 は、外部から入力される第 1 格子の各格子点の座標を記憶するレジスタである。第 2 格子座標レジスタ 24 は、第 2 格子の各格子点の座標を記憶するレジスタである。アービタ 25 は、第 2 格子座標レジスタ 24 のデータ入出力線に接続されており、第 2 格子座標レジスタ 24 のデータの入出力方向の調停を行う。

【 0084 】

特徴量差レジスタ 31 は、第 2 格子の各格子点について、その格子点を含む注目点近傍領域の座標点の特徴量差 e_v° と、その格子点の注目点近傍領域における相対座標 x_{vf} とを記憶するレジスタである。

10

【 0085 】

評価値計算ユニット 26 は、第 2 格子の注目格子点について、その評価値 e_v が最大となる方向に移動させる処理を行うユニットである。評価値計算ユニット 26 は、注目格子点座標レジスタ 35 及び更新ユニット 36 を有している。

【 0086 】

注目格子点座標レジスタ 35 には、アービタ 25 を介して第 2 格子座標レジスタ 24 から読み出される注目格子点の座標が格納される。また、上格子点座標レジスタ 27、下格子点座標レジスタ 28、左格子点座標レジスタ 29、及び右格子点座標レジスタ 30 には、それぞれ、アービタ 25 を介して第 2 格子座標レジスタ 24 から読み出される注目格子点の上下左右の格子点の座標が格納される。

20

【 0087 】

更新ユニット 36 は、注目格子点座標レジスタ 35、上格子点座標レジスタ 27、下格子点座標レジスタ 28、左格子点座標レジスタ 29、及び右格子点座標レジスタ 30 に格納された座標と、第 1 格子座標レジスタ 23 から読み出される第 1 格子内の注目格子点及びその上下左右の格子点の座標とに基づいて、歪み量 e_v^d の演算を行う。それとともに、更新ユニット 36 は、特徴量差レジスタ 31 に保存されている注目格子点が属する注目点近傍領域の特徴量差 e_v° を用いて、移動範囲内の座標点についての評価値 e_v の演算を行う。そして、更新ユニット 36 は、この評価値 e_v が最大となる座標点に注目格子点を移動させる処理を行う。更に、更新ユニット 36 は、必要に応じて注目点近傍領域の更新処理を行う。この更新処理により新たに注目点近傍領域に含まれることとなった座標点の特徴量差 e_v° は特徴量差計算ブロック 22 により演算される。そして、更新ユニット 36 は、新たな注目点領域の特徴量差 e_v° を、特徴量差レジスタ 31 に保存する。尚、更新ユニット 36 の詳細な内部構成については後述する。

30

【 0088 】

読出キャッシュ・メモリ 32 及び書込キャッシュ・メモリ 33 は、それぞれ、特徴量差レジスタ 31 から読み出す注目点近傍領域の特徴量差 e_v° 及び特徴量差レジスタ 31 へ書き込む注目点近傍領域の特徴量差 e_v° を一時的に保存するキャッシュ・メモリである。これらのキャッシュ・メモリは、特徴量差レジスタ 31 のデータの読み出しや書き込みを高速化するために設けられているものである。

40

【 0089 】

コントローラ 34 は、情報処理装置 1 全体の動作を制御するものである。移動判定カウンタ 37 は、更新ユニット 36 を用いて、評価値 e_v が最大となるように第 2 格子の各格子点の格子点の移動処理を行う場合、全格子点について 1 巡の移動処理を行った場合に、すべての格子点が移動しなかったか否かを判定するために設けられたカウンタである。更新回数カウンタ 38 は、全格子点について 1 巡の移動処理を行った回数（最適化サイクル数）を計数するためのカウンタである。これらの動作については後述する。

【 0090 】

〔 3 〕特徴量差計算ブロック

50

図3は、図2の特徴量差計算ブロックの構成を表す図である。図3に表された特徴量差計算ブロック22は(数6)の演算を行う。特徴ベクトル J_v^I 、 J_v^M のベクトル要素数を N_e 、各要素のビット精度を N_p 、画像メモリ21の出力ビット幅を N_w とする。画像メモリ21から、 J_v^I 、 J_v^M の順番で、 N_w/N_p ずつ $N_e/(N_w/N_p)$ 回に分けて、各ベクトル要素を特徴量差計算ブロック22の入力線に入力する。ここで、 $G = N_w/N_p$ 、 $H = N_e/(N_w/N_p)$ とおく。特徴量差計算ブロック22の入力線の本数は G 束(1束の本数は N_p 本)である。ここでは、説明の便宜上、 $G = 4$ 、 $H = 5$ の場合が示されているが、 G 、 H はこれに限られるものではない。

【0091】

特徴量差計算ブロック22は、分子計算ブロック41、分母計算ブロック42、及び除算器43を備えている。分子計算ブロック41及び分母計算ブロック42は、それぞれ、(数6)の分子及び分母の演算を行う演算器である。除算器43は、分子計算ブロック41の出力値を、分母計算ブロック42の出力値で除算して、その結果を特徴量差 e_v^c として出力する。

【0092】

分子計算ブロック41は、 G 個のシフト・レジスタ44、 G 個の乗算器45、並びに、累算器46及び自乗演算器47を備えている。シフト・レジスタ44は、 N_p ビット幅のレジスタが H 個直列接続されている。 G 束の各入力線のそれぞれは、その入力線に対応するシフト・レジスタ44の入力端子及び乗算器45の一方の入力端子に接続されている。また、乗算器45の他方の入力端子は、シフト・レジスタ44の出力端子が接続されている。乗算器45は、特徴ベクトル J_v^I 、 J_v^M の各要素の乗算を行う。

【0093】

累算器46は G 個の入力端子を有しており、これらはそれぞれの乗算器45の出力端子に接続されている。累算器46は、特徴ベクトル J_v^I 、 J_v^M の各要素を掛けた結果を累算することにより、 $J_v^I \cdot J_v^M$ を計算する。

【0094】

累算器46の出力端子は、自乗演算器47の入力端子に接続されている。自乗演算器47は、 $J_v^I \cdot J_v^M$ の自乗計算を行う。この自乗演算器47の出力が分子計算ブロック41の出力となる。

【0095】

尚、本実施例においては、特徴量差 e_v^c として(数6)を用いた例を示しているが、他の例として特徴量差 e_v^c に(数3)を使用する場合には、自乗演算器47を省略すればよい。

【0096】

分母計算ブロック42は、 G 個の自乗演算器48、累算器49、セクタ50、レジスタ51、及び乗算器52を備えている。 G 個の自乗演算器48の入力端子には、それぞれ対応する入力線束が接続されている。自乗演算器48は、入力線から入力される特徴ベクトル J_v^I 、 J_v^M の自乗演算を行う。

【0097】

累算器49は G 個の入力端子を有しており、これらはそれぞれの乗算器48の出力端子に接続されている。累算器49は、特徴ベクトル J_v^I 、 J_v^M の自乗値を累算することにより、 $J_v^I^2$ 、 $J_v^M^2$ を計算する。

【0098】

尚、本実施例においては、特徴量差 e_v^c として(数6)を用いた例を示しているが、他の例として特徴量差 e_v^c に(数3)を使用する場合には、累算器49の出力側に、 $J_v^I^2$ 、 $J_v^M^2$ の平方根を演算する平方根演算器を設ければよい。

【0099】

セクタ50は、2つの入力端子、を備えている。セクタ50は、入力端子、のうち何れか一方を選択して出力端子と接続する。セクタ50の出力端子は、レジスタ51の入力端子に接続されている。レジスタ51の出力端子は、セクタ50の入力端

10

20

30

40

50

子及び乗算器52の一方の入力端子に接続されている。累算器49の出力端子は、乗算器52の他方の入力端子、及びセクタ50の入力端子に接続されている。乗算器52の出力が、分母計算ブロック42の出力となる。

【0100】

この特徴量差計算ブロック22の演算処理の手順は、次の通りである。

【0101】

(1)セクタ50の選択を入力端子側に切り替えるとともに、累算器49をクリアする。

【0102】

(2)画像メモリ21は、特徴ベクトル J_v^I を、G個の要素ずつH回に分けて入力線に
10
入力する。分子計算ブロック41では、各シフト・レジスタ44が特徴ベクトル J_v^I の
値を保持する。一方、分母計算ブロック42では、各自乗演算器48が特徴ベクトル J_v^I
の各要素を自乗し、累算器49がこれらを累算する。そして、レジスタ51は、累算器
49の累算値 $J_v^I^2$ を保持する。

【0103】

(3)セクタ50の選択を入力端子側に切り替えるとともに、累算器46, 49をク
リアする。

【0104】

(4)画像メモリ21は、特徴ベクトル J_v^M を、G個の要素ずつH回に分けて入力線に
20
入力する。分子計算ブロック41の累算器46では、入力線から入力される特徴ベクトル
 J_v^M の各要素とシフト・レジスタ44に保持された特徴ベクトル J_v^I の各要素とを乗
算し累算する。自乗演算器47は、累算器46の累算結果を自乗して、 $(J_v^I \cdot J_v^M)$
 2 を出力する。一方、分母計算ブロック42の各自乗演算器48は、入力線から入力さ
れる特徴ベクトル J_v^M の各要素を自乗する。そして、累算器49は、これらを累算し
 $J_v^M^2$ を演算する。乗算器52は、レジスタ51が出力する累算値 $J_v^I^2$ と累
算器49が出力する累算値 $J_v^M^2$ とを乗算し、 $J_v^I^2 \cdot J_v^M^2$ を出力
する。

【0105】

(5)最後に、除算器43が、分子計算ブロック41の出力 $(J_v^I \cdot J_v^M)^2$ から分
母計算ブロック42の出力 $J_v^I^2 \cdot J_v^M^2$ を除算して、(数6)の演算結果
30
を得る。

【0106】

〔4〕更新ユニット

図4は、図2の更新ユニットの構成を表す図である。更新ユニット36は、距離演算器
61、歪み演算器62、評価値計算ブロック63、ウィナー・テーク・オール回路(Winn
er Take All circuit:以下、「WTA回路」という。)64、座標更新ブロック65、
特徴量差データ・アドレス・レジスタ66、及び更新ブロック67を備えている。

【0107】

距離演算器61は、注目格子点及びその周囲の移動範囲内にある画素点(注目格子点を
含めて合計9個の画素点)について、注目格子点の上下左右の格子点との間の距離 D_w^M
40
 w を計算する。

【0108】

ここで、注目格子点と移動範囲及び注目点近傍領域との関係について説明する。例えば
、画像の画素点が図5のように配列されている場合を考える。図5において「 \bullet 」が画素
点を表している。例えば、画素点Aが注目格子点であるとする。このとき、移動範囲は、
注目格子点Aと、注目格子点Aの上下左右及び左上、右上、左下、右下の注目格子点Aに
隣接する画素点B~Iとの合計9個の画素点を含む領域である。また、注目点近傍領域は
、移動範囲内のすべての画素点A~Iを含む所定の大きさ(図5の例では、 6×6 画素)
の方形領域とされる。

【0109】

10

20

30

40

50

歪み演算器 6 2 は、移動範囲内の 9 個の画素点のそれぞれについて、注目格子点の上下左右に $|D^I_{v_w} - D^M_{v_w}|$ を演算し、これらを加えて (数 7) の歪み量 e_v^d を演算する。従って、この距離演算器 6 1 及び歪み演算器 6 2 が、図 1 における相対評価量計算手段 8 として機能する。

【 0 1 1 0 】

尚、本実施例においては、歪み量 e_v^d として (数 7) を用いた例を示しているが、他の例として歪み量 e_v^d に (数 5) を使用する場合には、歪み演算器 6 2 は、 $|D^I_{v_w} - D^M_{v_w}|^2$ を演算するように構成すればよい。

【 0 1 1 1 】

評価値計算ブロック 6 3 は、歪み演算器 6 2 が出力する歪み量 e_v^d と、後述の更新ブロック 6 7 が出力する特徴量差 e_v^c から、(数 8) の演算を行って評価値 e_v を出力するブロックである。ここでは、評価値 e_v の演算は、注目格子点を含む移動領域内の 9 個の画素点について、並列に演算される。この評価値計算ブロック 6 3 が、図 1 における総合評価量計算手段 1 4 として機能する。

【 0 1 1 2 】

W T A 回路 6 4 は、注目格子点を含む移動領域内の 9 個の画素点のうち、評価値計算ブロック 6 3 が出力する評価値 e_v が最大であるもの (以下、「検出画素点」という。) を選択し、座標更新ブロック 6 5 に出力する。この W T A 回路 6 4 が、図 1 における最適画素点検出手段 1 5 として機能する。

【 0 1 1 3 】

座標更新ブロック 6 5 は、W T A 回路 6 4 から検出画素点が入力されると、注目格子点座標レジスタ 3 5 の座標値を、検出画素点の座標値に更新するとともに、特徴量差データ・アドレス・レジスタ 6 6 の記憶値 x_{v_f} を、注目点近傍領域内における検出画素点の相対座標値に更新する。この座標更新ブロック 6 5 が、図 1 における格子点座標更新手段 1 6 として機能する。

【 0 1 1 4 】

特徴量差データ・アドレス・レジスタ 6 6 は、注目点近傍領域内における注目格子点の相対座標値 x_{v_f} を記憶する。この相対座標値 x_{v_f} は、更新ブロック 6 7、書込キャッシュ・メモリ 3 3、及びコントローラ 3 4 へ出力される。

【 0 1 1 5 】

更新ブロック 6 7 は、注目格子点を含む注目点近傍領域内における画素点について、特徴量差の保持と更新を行う回路ブロックである。この更新ブロック 6 7 の内部構成の詳細は後述する。

【 0 1 1 6 】

以上のような更新ユニット 3 6 の演算処理の手順は、次の通りである。

【 0 1 1 7 】

(1) 距離演算器 6 1 で、注目格子点が属する移動範囲内の 9 個の画素点について、隣接格子点との距離を計算する。

【 0 1 1 8 】

(2) この 9 個の画素点について、歪み演算器 6 2 が歪み量 e_v^d を計算する。

【 0 1 1 9 】

(3) 評価値計算ブロック 6 3 は、(2) で歪み演算器 6 2 が出力する 9 個の画素点についての歪み量 e_v^d と、更新ブロック 6 7 が出力する各画素点に対応した特徴量差 e_v^c とを用いて、各画素点について (数 8) の評価関数により評価値 e_v を求める。

【 0 1 2 0 】

(4) W T A 回路 6 4 は、9 個の画素点のうち、評価値 e_v が最大となる画素点を選択しこれを検出画素点として座標更新ブロック 6 5 に出力する。

【 0 1 2 1 】

(5) 座標更新ブロック 6 5 は、注目格子点座標レジスタ 3 5 の座標値を、検出画素点の座標値に更新することによって、注目格子点を検出画素点へ移動させる。また、このとき

10

20

30

40

50

、特徴量差データ・アドレス・レジスタ66の相対座標値 x_{vf} も更新する。

【0122】

(6)コントローラ34は、特徴量差データ・アドレス・レジスタ66が出力する相対座標値 x_{vf} から、新たな注目格子点の移動範囲が、注目点近傍領域からはみ出るか否かを判定する。ここで、はみ出る場合には、コントローラ34は、更新ブロック67により、新たな注目格子点の移動範囲が注目点近傍領域内に入るように、注目点近傍領域のシフト処理を行う。この注目点近傍領域のシフト処理については後述する。

【0123】

(7)最後に、コントローラ34は、注目格子点座標レジスタ35に保存された注目格子点の座標を、アービタ25を介して第2格子座標レジスタ24に保存する。また、更新ブロック67が保持している注目点近傍領域内の画素点の特徴量差 e_v° 及び特徴量差データ・アドレス・レジスタ66が保持する相対座標値 x_{vf} を書込キャッシュ・メモリ33に書き出す。書込キャッシュ・メモリ33に書き出された特徴量差 e_v° 及び相対座標値 x_{vf} は、特徴量差レジスタ31に保存される。

【0124】

〔5〕更新ブロック

図6は、図4の更新ブロックの構成を表す図である。更新ブロック67は、キャッシュ・メモリ71、データ更新用シフト・レジスタ72、及びセクタ73を備えている。

【0125】

キャッシュ・メモリ71は、図1のキャッシュ・メモリ10に相当する。このキャッシュ・メモリ71は、注目点近傍領域内の各画素点の特徴量差 e_v° を保持するためのメモリ・セル71aが行列状に2次元配列された構成からなる。1個のメモリ・セル71aは、レジスタ75と方向選択用セクタ76との組み合わせにより構成されている。

【0126】

各メモリ・セル71aの方向選択用セクタ76の出力線は、当該メモリ・セル71a内のレジスタ75の入力線に接続されている。また、各方向選択用セクタ76の6束の入力線は、それぞれ、当該メモリ・セル71a内のレジスタ75の出力線、当該メモリ・セル71aの上下左右に隣接するメモリ・セル71a内のレジスタ75の出力線、及び、読出キャッシュ・メモリ32の出力線に接続されている。各方向選択用セクタ76の選択の切り替えは、コントローラ34から入力される3ビットのシフト制御信号によって行われる。

【0127】

このような構成により、レジスタ75は、各メモリ・セル71aに保持されたデータを、上下左右に2次元的にシフトさせることが可能な2次元のシフト・レジスタとなる。すなわち、図1における注目点近傍領域更新手段17が実現される。

【0128】

また、方向選択用セクタ76により読出キャッシュ・メモリ32の出力線を選択することにより、読出キャッシュ・メモリ32に保存された注目点近傍領域内の各画素点の特徴量差 e_v° を、全メモリ・セル71aに一度に入力することができる。

【0129】

データ更新用シフト・レジスタ72は、キャッシュ・メモリ71のデータを更新するために使用されるシフト・レジスタである。データ更新用シフト・レジスタ72は、図1における絶対評価量補充手段18を実現する。

【0130】

キャッシュ・メモリ71のメモリ・セル71aの個数を $m \times m$ 個とすると、データ更新用シフト・レジスタ72は、 m 個のレジスタ72aが一列に接続された構成からなる。最前段のレジスタ72aの入力線は、特徴量差計算ブロック22の出力端子に接続されている。また、最前段以外のレジスタ72aの入力線は、前段のレジスタ72aの出力線に接続されている。また、各レジスタ72aの出力線は、キャッシュ・メモリ71の上下左右の辺に沿ったメモリ・セル71aの方向選択用セクタ76の入力線の一つに接続されて

10

20

30

40

50

いる。

【0131】

キャッシュ・メモリ71の上下左右の辺の何れかに沿ったメモリ・セル71aの列に対して特徴量差 e_v° を入力する場合には、まず、特徴量差計算ブロック22で特徴量差 e_v° を1つずつ計算し、データ更新用シフト・レジスタ72の最前段のレジスタ72aに入力する。そして、データ更新用シフト・レジスタ72をシフトさせながら、特徴量差 e_v° を入力し、すべてのレジスタ72aに特徴量差 e_v° を入力する。

【0132】

そして、キャッシュ・メモリ71の上下左右の辺の何れかに沿ったメモリ・セル71aの方向選択用セクタ76を切り替えて、データ更新用シフト・レジスタ72のレジスタ72aの出力線を選択する。これにより、1辺につき一度に特徴量差 e_v° を更新することができる。

10

【0133】

セクタ73は、特徴量差データ・アドレス・レジスタ66が出力する注目格子点の注目点近傍領域内の相対座標値 x_{vf} に基づいて、キャッシュ・メモリ71の各メモリ・セル71aから、注目格子点の属する移動範囲内の9個の画素点の特徴量差 e_v° を選択し出力する。

【0134】

また、キャッシュ・メモリ71の各メモリ・セル71aの出力線(レジスタ75の出力線)は、書込キャッシュ・メモリ33の入力端子に接続されている。これにより、キャッシュ・メモリ71の各メモリ・セル71aの内容を、書込キャッシュ・メモリ33に一度に書き込むことができる。

20

【0135】

〔6〕情報処理装置の動作

最後に、上記実施例1に係る情報処理装置のEGM演算処理動作について説明をする。図7は、本発明の実施例1に係る情報処理方法の処理の流れを表すフローチャートである。

【0136】

まず、最初に、外部から入力画像Iと記憶画像Mとの特徴ベクトル J_v^I, J_v^M が入力され、画像メモリ21に保存される(S1)。また、このとき、外部から第1格子の各格子点の座標 $x_1 = \{x_v\}$ も入力され、第1格子座標レジスタ23に保存される。この、第1格子の各格子点の座標 $x_1 = \{x_v\}$ は、アービタ25を介して第2格子座標レジスタ24にも入力され、保存される。

30

【0137】

次に、コントローラ34の制御により、第2格子の各格子点を中心とする注目点近傍領域内の画素点について、特徴量差計算ブロック22が特徴量差 e_v° を計算し、特徴量差レジスタ31に保存する(S2)。これにより、特徴量差レジスタ31が初期化される。

【0138】

次に、コントローラ34の制御により、第2格子の全格子点の評価値 e_v の和(数1)が最大となるように、第2格子の全格子点の座標の最適化処理が行われる(S3)。

40

【0139】

最後に、コントローラ34が(数1)の評価関数Eを計算し、評価関数Eの値と最適化された第2格子の座標値を出力し(S4)、EGM演算処理を終了する。

【0140】

図8は、図7のステップS2における特徴量差レジスタの初期化処理の動作を表すフローチャートである。

【0141】

まず、コントローラ34は、内部のカウンタiの値を1に初期化する(S11)。

【0142】

次に、コントローラ34は、第2格子座標レジスタ24からi番目の格子点の座標を読

50

み出し、アービタ 2 5 を介して注目格子点座標レジスタ 3 5 に保存する。また、コントローラ 3 4 は、第 2 格子座標レジスタ 2 4 から i 番目の格子点の上下左右に隣接する格子点の座標を読み出し、アービタ 2 5 を介して、それぞれ、上格子点座標レジスタ 2 7、下格子点座標レジスタ 2 8、左格子点座標レジスタ 2 9、及び右格子点座標レジスタ 3 0 に保存する (S 1 2)。

【 0 1 4 3 】

次に、コントローラ 3 4 は、更新ユニット 3 6 を制御することにより、 i 番目の格子点を含む注目点近傍領域の特徴量差 e_v° を計算する (S 1 3)。この計算を、図 9 を用いて説明する。

【 0 1 4 4 】

まず、図 9 (a) に示すように、コントローラ 3 4 は、特徴量差計算ブロック 2 2 により、特徴量差 e_v° を順次計算し、データ更新用シフト・レジスタ 7 2 に格納する。データ更新用シフト・レジスタ 7 2 のすべてのレジスタ 7 2 a に特徴量差 e_v° が格納された時点で、コントローラ 3 4 は、キャッシュ・メモリ 7 1 の各セルの方向選択用セクタ 7 6 の選択を、下方向にシフトするように切り替える。これにより、図 9 (b) に示すように、データ更新用シフト・レジスタ 7 2 の特徴量差 e_v° は、キャッシュ・メモリ 7 1 の上辺のメモリ・セル 7 1 a に保存される。

【 0 1 4 5 】

次に、また同様に、コントローラ 3 4 は、特徴量差計算ブロック 2 2 により、特徴量差 e_v° を順次計算し、データ更新用シフト・レジスタ 7 2 に格納する (図 9 (c))。そして、データ更新用シフト・レジスタ 7 2 のすべてのレジスタ 7 2 a に特徴量差 e_v° が格納された時点で、コントローラ 3 4 は、キャッシュ・メモリ 7 1 の各セルの方向選択用セクタ 7 6 の選択を、下方向にシフトするように切り替える。これにより、図 9 (d) に示すように、データ更新用シフト・レジスタ 7 2 の特徴量差 e_v° は、キャッシュ・メモリ 7 1 の上辺のメモリ・セル 7 1 a に保存される。また、キャッシュ・メモリ 7 1 の各行のメモリ・セル 7 1 a の内容は、その下の行のメモリ・セル 7 1 a に保存される。

【 0 1 4 6 】

以下同様に特徴量差 e_v° の演算を実行し、最終的には図 9 (e) に示したように、すべての特徴量差 e_v° が計算され、キャッシュ・メモリ 7 1 に格納される。

【 0 1 4 7 】

図 8 に戻って、次に、コントローラ 3 4 は、キャッシュ・メモリ 7 1 に格納された i 番目の格子点を含む注目点近傍領域の特徴量差 e_v° 及び i 番目の格子点の注目点近傍領域内における相対座標を、書込キャッシュ・メモリ 3 3 に取り込み、特徴量差レジスタ 3 1 に保存する (S 1 4)。

【 0 1 4 8 】

そして、コントローラ 3 4 は、カウンタ i の値を 1 だけインクリメントする (S 1 5)。ここで、 i が全格子点数 N 以下であれば (S 1 6)、再びステップ S 1 2 に戻る。 i が N よりも大きければ、特徴量差レジスタ 3 1 の初期化処理を終了する。

【 0 1 4 9 】

図 1 0 は、図 7 のステップ S 3 における格子点座標の最適化処理の流れを表すフローチャートである。

【 0 1 5 0 】

まず、コントローラ 3 4 は、移動判定カウンタ 3 7 のカウント値 n_m 及び更新回数カウンタ 3 8 のカウント値 n_r を 0 に初期化する (S 2 1)。

【 0 1 5 1 】

次に、コントローラ 3 4 は、注目格子点の番号を表す変数 i を 1 に初期化する (S 2 2)。

【 0 1 5 2 】

次に、コントローラ 3 4 は、 i 番目の格子点を注目格子点として、第 2 格子座標レジスタ 2 4 から、注目格子点の座標、及び注目格子点の上下左右に隣接する画素点の座標を、

10

20

30

40

50

注目格子点座標レジスタ35、上格子点座標レジスタ27、下格子点座標レジスタ28、左格子点座標レジスタ29、及び右格子点座標レジスタ30に読み出す。また、コントローラ34は、特徴量差レジスタ31から、注目格子点が属する注目点近傍領域の特徴量差 e_v^c を読み出してキャッシュ・メモリ71に格納する。また、コントローラ34は、同時に特徴量差レジスタ31から注目格子点の注目点近傍領域内の相対座標を読み出して、特徴量差データ・アドレス・レジスタ66に設定する。そして、距離演算器61及び歪み演算器62は、注目格子点が属する移動範囲内の画素点について、注目格子点の上下左右に隣接する格子点との間の歪み度 e_v^d を計算する(S23)。

【0153】

次に、評価値計算ブロック63は、 i 番目の格子点が属する移動範囲内の画素点について、評価値 e_v を計算する(S24)。

10

【0154】

次に、WTA回路64は、移動範囲に属する画素点のうち、評価値 e_v が最大のものを検出し、注目格子点をその画素点に移動させる(S25)。

【0155】

なお、ステップS23～S25の動作の詳細は、すでに説明しているため、ここでは省略する。

【0156】

次に、コントローラ34は、 i 番目の格子点が移動したか否かを判定する(S26)。移動していない場合には、コントローラ34は、移動判定カウンタ37のカウント値 n_m を1だけ増加させる(S27)。一方、移動している場合には、コントローラ34は、移動判定カウンタ37のカウント値 n_m を0にクリアする(S28)。

20

【0157】

次に、座標更新ブロック65は、注目格子点座標レジスタ35の座標値 x_v 、及び特徴量差データ・アドレス・レジスタ66の相対座標値 x_{vf} を更新する(S29)。

【0158】

次に、コントローラ34は、 i 番目の格子点の移動領域が注目点近傍領域からはみ出すか否かを判定する(S30)。

【0159】

はみ出す場合は、コントローラ34は、相対座標値 x_{vf} から注目点近傍領域の移動方向を決定し、特徴量差計算ブロック22により、注目点近傍領域の移動により新たに注目点近傍領域に属することとなる画素点の特徴量差 e_v^c を計算して、データ更新用シフト・レジスタ72に格納する(S31)。そして、コントローラ34は、キャッシュ・メモリ71内の全メモリ・セル71aの方向選択用セレクタ76の選択を切り替えて、キャッシュ・メモリ71のデータをシフトさせる(S32)。そして、コントローラ34は、注目点近傍領域の移動後の相対座標値 x_{vf} の値を計算して、特徴量差データ・アドレス・レジスタ66の相対座標値 x_{vf} を更新する(S33)。

30

【0160】

一方、ステップS30において、 i 番目の格子点の移動領域が注目点近傍領域からはみ出さない場合には、ステップS31～S33の動作は行わない。

40

【0161】

ここで、注目点近傍領域の移動処理について補足説明する。例えば、注目格子点が図11(a)に示す画素点Aにある場合を考える。このとき、画素点A～Iが注目格子点の属する移動領域である。このとき、キャッシュ・メモリ71には、図11(b)に示すような位置に、画素点A～Iの特徴量差 e_v^c が格納されている。

【0162】

ここで、注目格子点が画素点Aから画素点Eに移動する場合を考える。注目格子点が画素点Eに移動すると、新たな注目格子点の移動範囲は、図12(a)に示された画素点A、B、C、E、G、I、L、M、Kとなる。この場合、画素点L、M、Kは注目点近傍領域からはみ出す。そこで、この場合、注目点近傍領域を右に移動させる。

50

【0163】

まず、コントローラ34は、特徴量差計算ブロック22により、新たに注目点近傍領域に含まれることとなる画素点J~Oの特徴量差 e_v^c を計算して、データ更新用シフト・レジスタ72に保存する。そして、コントローラ34は、図12(b)に示すように、データ更新用シフト・レジスタ72をキャッシュ・メモリ71の最右列に接続し、キャッシュ・メモリ71を左に1つシフトさせる。これにより、図13(b)に示すように、キャッシュ・メモリ71の各メモリ・セル71aのデータは左に1つシフトされ、最右列には、画素点J~Oの特徴量差 e_v^c が格納される。すなわち、画像上では、図13(a)に示すように注目点近傍領域が右に1画素だけシフトしたことになる。

【0164】

図10に戻って、次に、コントローラ34は、キャッシュ・メモリ71に保存された注目点近傍領域の特徴量差 e_v^c を、特徴量差レジスタ31に保存する(S34)。そして、コントローラ34は、注目格子点の番号を表す変数iを1だけ増加させ、次の格子点を注目格子点とする(S35)。

【0165】

ここで、iが全格子点数N以下の場合、ステップS23に戻る(S36)。一方、iがNより大きい場合には、コントローラ34は、更新回数カウンタ38のカウント値 n_r を1だけ増加させる(S37)。

【0166】

ここで、 $n_m = N$ 、すなわち、全格子点において格子点の移動がなかった場合には(S38)、格子点座標は最適化されているため、処理を終了する。一方、 $n_m < N$ の場合、コントローラ34は、更新回数カウンタ38のカウント値 n_r が所定の閾値 N_{rmax} を超えているか否かを判定し(S39)、超えていない場合には、ステップS22に戻る。一方、カウント値 n_r が所定の閾値 N_{rmax} を超えた場合には、収束しない状態を避けるため、処理を終了する。

【0167】

以上のような処理により、EGM演算処理を行うことができる。また、本実施例の演算処理では、評価関数(数1)の代わりに(数8)を使用して行うため、高速な演算処理が可能となる。また、少ないハードウェア量で構成することが可能となる。

【0168】

尚、本実施例では、キャッシュ・メモリ71には、メモリ・セル71aが行列状に2次元配列されたシフト・レジスタを使用した例を示した。しかし、キャッシュ・メモリには、図14に示すような、メモリ・セル71a'がハニカム状に二次元配列されたシフト・レジスタを使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0169】

【図1】本発明の実施例1に係る情報処理装置の機能構成を表すブロック図である。

【図2】本発明の実施例1に係る情報処理装置の回路構成を表すブロック図である。

【図3】図2の特徴量差計算ブロックの構成を表す図である。

【図4】図2の更新ユニットの構成を表す図である。

【図5】注目格子点と移動範囲、注目点近傍領域との関係を説明する図である。

【図6】図4の更新ブロックの構成を表す図である。

【図7】本発明の実施例1に係る情報処理方法の処理の流れを表すフローチャートである。

【図8】特徴量差レジスタの初期化処理の動作を表すフローチャートである。

【図9】格子点を含む注目点近傍領域の特徴量差 e_v^c を計算する処理手順を説明する図である。

【図10】格子点座標の最適化処理の流れを表すフローチャートである。

【図11】注目点近傍領域のシフト処理を説明する図である。

【図12】注目点近傍領域のシフト処理を説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】注目点近傍領域のシフト処理を説明する図である。

【図 1 4】レジスタが八ニカム状に二次元配列されたシフト・レジスタの例を表す図である。

【図 1 5】EGMの原理を説明する図である。

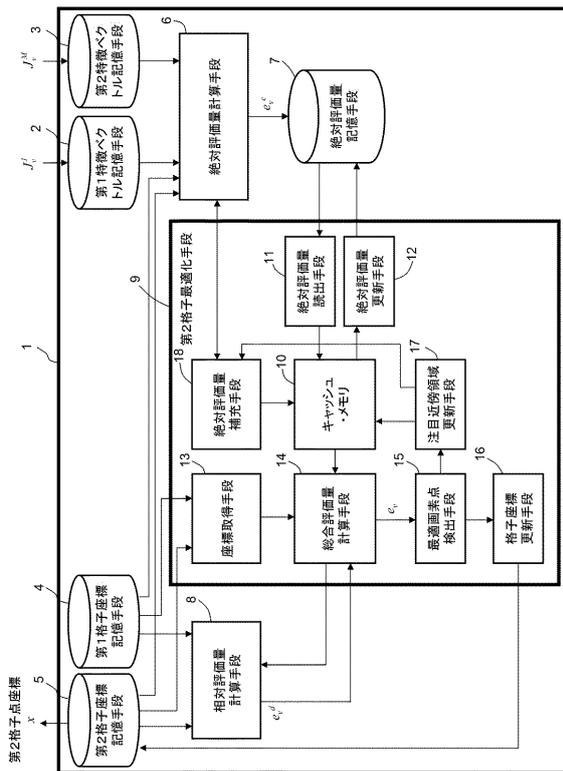
【符号の説明】

【0170】

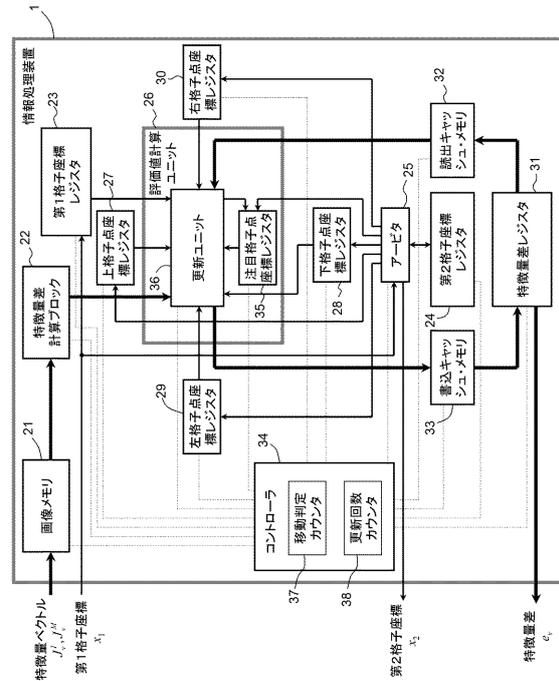
- | | | |
|----|--------------|----|
| 1 | 情報処理装置 | |
| 2 | 第1特徴ベクトル記憶手段 | |
| 3 | 第2特徴ベクトル記憶手段 | |
| 4 | 第1格子座標記憶手段 | 10 |
| 5 | 第2格子座標記憶手段 | |
| 6 | 絶対評価量計算手段 | |
| 7 | 絶対評価量記憶手段 | |
| 8 | 相対評価量計算手段 | |
| 9 | 第2格子最適化手段 | |
| 10 | キャッシュ・メモリ | |
| 11 | 絶対評価量読出手段 | |
| 12 | 絶対評価量更新手段 | |
| 13 | 座標取得手段 | |
| 14 | 総合評価量計算手段 | 20 |
| 15 | 最適画素点検出手段 | |
| 16 | 格子点座標更新手段 | |
| 17 | 注目近傍領域更新手段 | |
| 18 | 絶対評価量補充手段 | |
| 21 | 画像メモリ | |
| 22 | 特徴量差計算ブロック | |
| 23 | 第1格子座標レジスタ | |
| 24 | 第2格子座標レジスタ | |
| 25 | アービタ | |
| 26 | 評価値計算ユニット | 30 |
| 27 | 上格子点座標レジスタ | |
| 28 | 下格子点座標レジスタ | |
| 29 | 左格子点座標レジスタ | |
| 30 | 右格子点座標レジスタ | |
| 31 | 特徴量差レジスタ | |
| 32 | 読出キャッシュ・メモリ | |
| 33 | 書込キャッシュ・メモリ | |
| 34 | コントローラ | |
| 35 | 注目格子点座標レジスタ | |
| 36 | 更新ユニット | 40 |
| 37 | 移動判定カウンタ | |
| 38 | 更新回数カウンタ | |
| 41 | 分子計算ブロック | |
| 42 | 分母計算ブロック | |
| 43 | 除算器 | |
| 44 | シフト・レジスタ | |
| 45 | 乗算器 | |
| 46 | 累算器 | |
| 47 | 自乗演算器 | |
| 48 | 自乗演算器 | 50 |

- 4 9 累算器
- 5 0 セレクタ
- 5 1 レジスタ
- 5 2 乗算器
- 6 1 距離演算器
- 6 2 歪み演算器
- 6 3 評価値計算ブロック
- 6 4 ウィナー・テーク・オール回路 (W T A 回路)
- 6 5 座標更新ブロック
- 6 6 特徴量差データ・アドレス・レジスタ
- 6 7 更新ブロック
- 7 1 キャッシュ・メモリ
- 7 1 a メモリ・セル
- 7 2 データ更新用シフト・レジスタ
- 7 3 セレクタ
- 7 5 レジスタ 7 5
- 7 6 方向選択用セレクタ

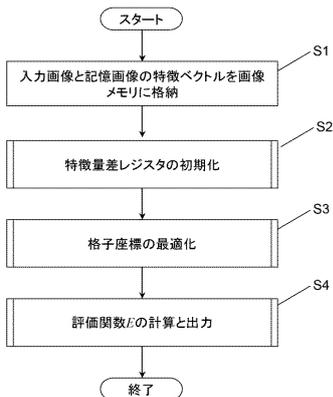
【 図 1 】



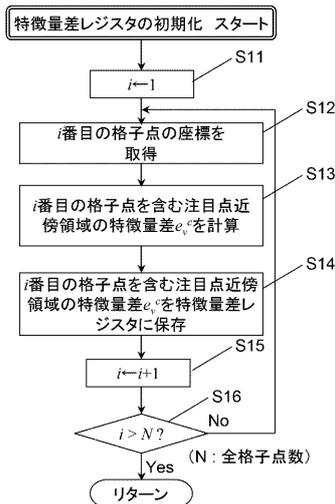
【 図 2 】



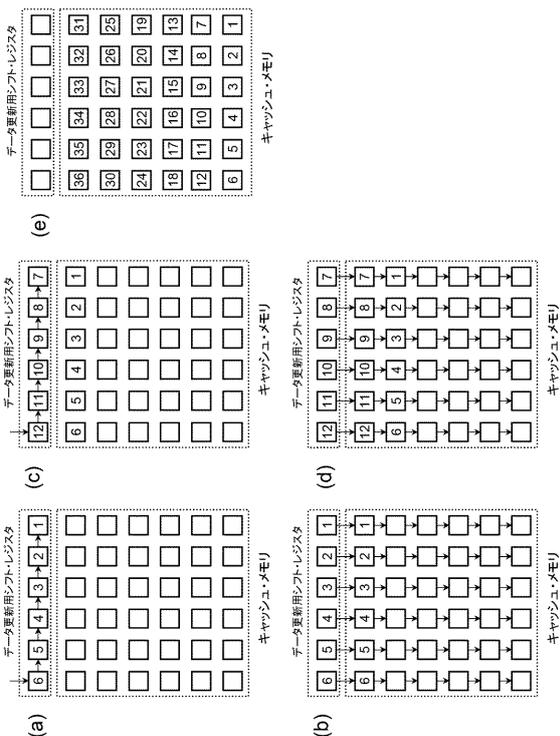
【図7】



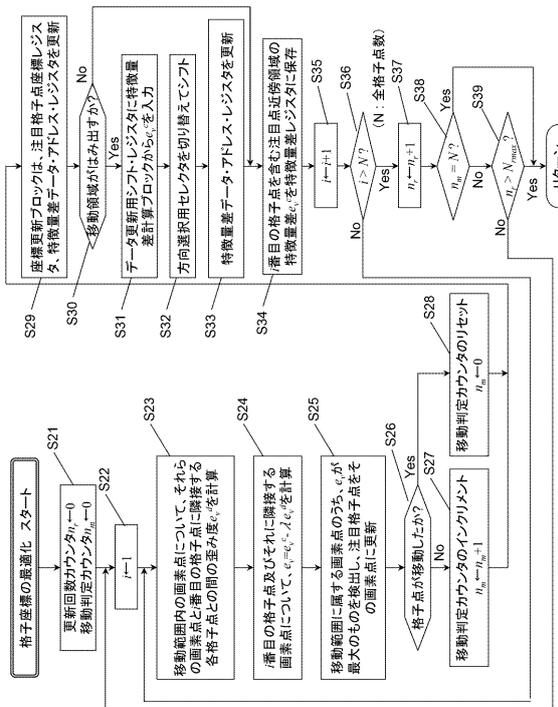
【図8】



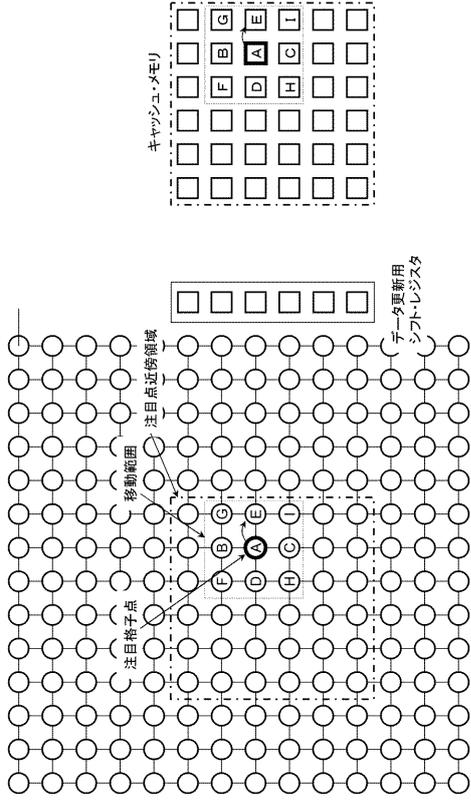
【図9】



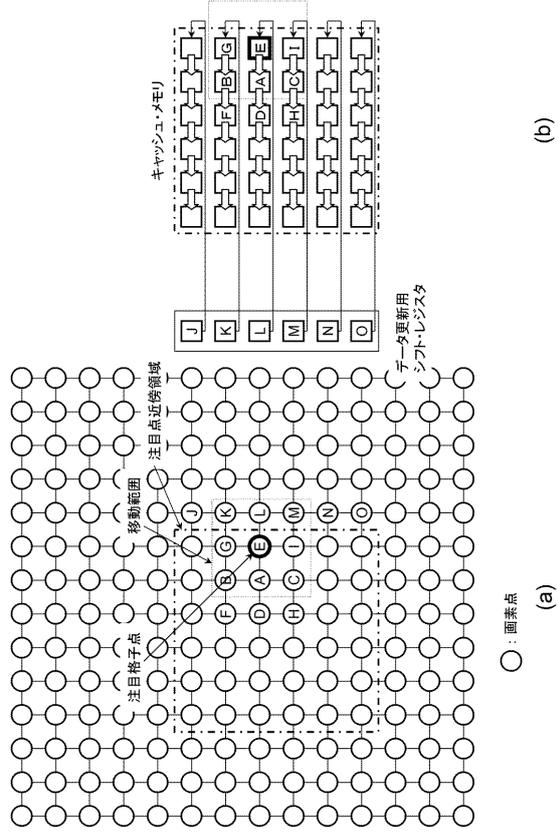
【図10】



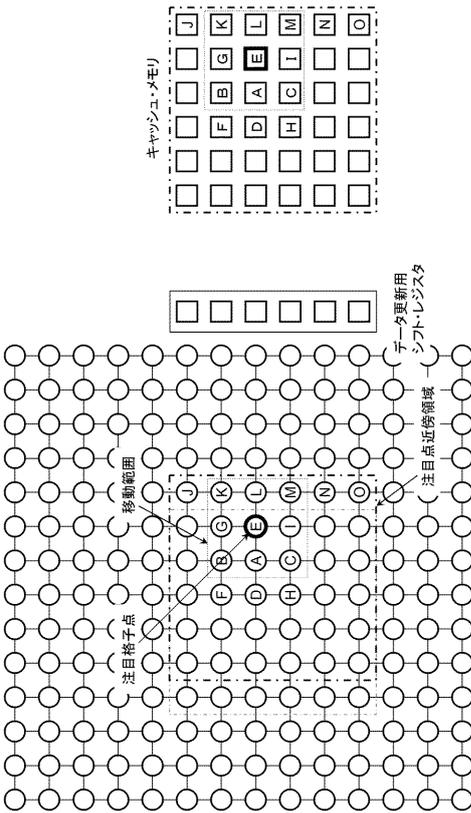
【図 1 1】



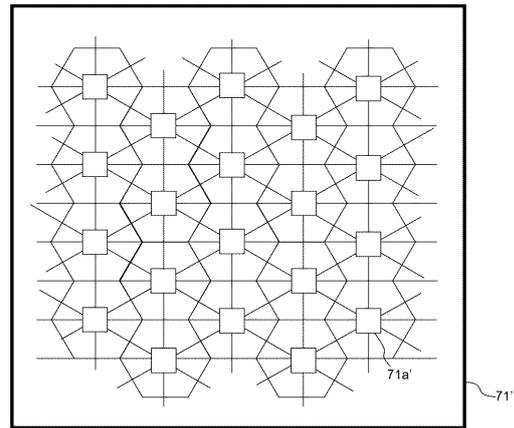
【図 1 2】



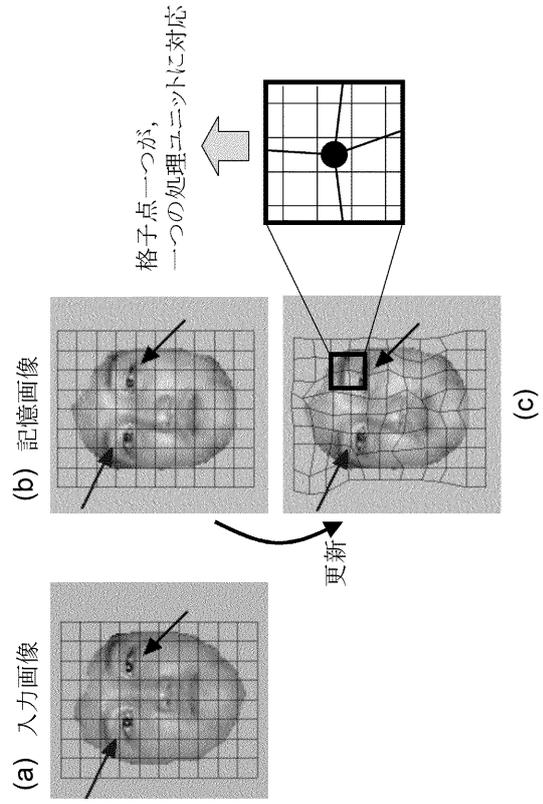
【図 1 3】



【図 1 4】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 3 4 6 3 6 9 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 9 3 3 9 9 (J P , A)

特開昭 6 3 - 2 3 1 7 9 8 (J P , A)

T. Nakano, T. Morie, and A. Iwata, A Face/Object Recognition System Using FPGA Implementation of Coarse Region Segmentation, SICE Annual Conference 2003, SICE, 2003年
8月 6日, pp. 1418-1423

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 7 / 0 0 ~ 7 / 6 0