

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7404017号
(P7404017)

(45)発行日 令和5年12月25日(2023.12.25)

(24)登録日 令和5年12月15日(2023.12.15)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 7/00 (2017.01)

G 0 6 T 7/00 3 0 0 Z

請求項の数 20 (全25頁)

(21)出願番号	特願2019-185678(P2019-185678)	(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
(22)出願日	令和1年10月9日(2019.10.9)	(74)代理人	110003133 弁理士法人近島国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-77397(P2020-77397A)	(72)発明者	北島 洋史 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
(43)公開日	令和2年5月21日(2020.5.21)	(72)発明者	渡辺 慶 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
審査請求日	令和4年10月6日(2022.10.6)	審査官	佐田 宏史
(31)優先権主張番号	特願2018-211413(P2018-211413)		
(32)優先日	平成30年11月9日(2018.11.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置、生産システム、物品の製造方法、プログラム、および記録媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、

パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、
前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とでパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、
前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第1のマッチングスコアを集合した第1のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第2のマッチングスコアを集合した第2のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、
前記複数の仮モデルの各々について、前記第1のマッチングスコア群と前記第2のマッチングスコア群とから評価値を算出する評価工程と、
算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、
前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、前記第1のマッチングスコアと前記第2のマッチングスコアを含み、
(1)前記第1のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの1つと、前記複数の評価画像の1つにおける第1の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

10

20

(2) 前記第 2 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 2 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

前記第 1 の空間的位置と前記第 2 の空間的位置は離間しており、前記第 2 のマッチングスコアは前記第 1 のマッチングスコアよりも低い類似度を示しており、

前記マッチングスコア取得工程において、前記複数の仮モデルの 1 つと前記複数の評価画像の 1 つとのパターンマッチングによって生成されるスコアマップの極大値が 1 つの場合、前記極大値を前記第 1 のマッチングスコアとし、スコアマップ中の最小値を前記第 2 のマッチングスコアとする、画像処理方法。

【請求項 2】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、

パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、

前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とでパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第 1 のマッチングスコアを集合した第 1 のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第 2 のマッチングスコアを集合した第 2 のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記第 1 のマッチングスコア群と前記第 2 のマッチングスコア群とから評価値を算出する評価工程と、

算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、

前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、前記第 1 のマッチングスコアと前記第 2 のマッチングスコアを含み、

(1) 前記第 1 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 1 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

(2) 前記第 2 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 2 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

前記第 1 の空間的位置と前記第 2 の空間的位置は離間しており、前記第 2 のマッチングスコアは前記第 1 のマッチングスコアよりも低い類似度を示しており、

前記仮モデル作成工程で、前記参照画像からエッジ点が連結した連結エッジを複数抽出し、抽出された複数の前記連結エッジの組合せにより前記複数の仮モデルを作成する、画像処理方法。

【請求項 3】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、

パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、

前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とでパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第 1 のマッチングスコアを集合した第 1 のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第 2 のマッチングスコアを集合した第 2 のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記第 1 のマッチングスコア群と前記第 2 のマッチングスコア群とから評価値を算出する評価工程と、

算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、

前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、前記第 1 の

10

20

30

40

50

マッチングスコアと前記第 2 のマッチングスコアを含み、

(1) 前記第 1 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 1 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

(2) 前記第 2 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 2 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

前記第 1 の空間的位置と前記第 2 の空間的位置は離間しており、前記第 2 のマッチングスコアは前記第 1 のマッチングスコアよりも低い類似度を示しており、

前記評価工程において、前記第 1 のマッチングスコア群と前記第 2 のマッチングスコア群とから、前記第 1 のマッチングスコアと前記第 2 のマッチングスコアとの差を前記評価画像ごとに算出し、算出した前記第 1 のマッチングスコアと前記第 2 のマッチングスコアとの差の最大値もしくは最小値を前記評価値として算出する、画像処理方法。

10

【請求項 4】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、

パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、

前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とでパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第 1 のマッチングスコアを集合した第 1 のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第 2 のマッチングスコアを集合した第 2 のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、

20

前記複数の仮モデルの各々について、前記第 1 のマッチングスコア群と前記第 2 のマッチングスコア群とから評価値を算出する評価工程と、

算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、

前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、前記第 1 のマッチングスコアと前記第 2 のマッチングスコアを含み、

(1) 前記第 1 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 1 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

30

(2) 前記第 2 のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つにおける第 2 の空間的位置の画像と、の類似度を示し、

前記第 1 の空間的位置と前記第 2 の空間的位置は離間しており、前記第 2 のマッチングスコアは前記第 1 のマッチングスコアよりも低い類似度を示しており、

前記評価工程において、前記第 1 のマッチングスコア群の平均値と、前記第 2 のマッチングスコア群の平均値と、の差を前記評価値として算出する、画像処理方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記マッチングスコア取得工程において、前記複数の仮モデルの 1 つと前記複数の評価画像の 1 つとのパターンマッチングによって生成されるスコアマップが複数の極大値を有する場合、マッチングスコアが第 1 位の極大値を前記第 1 のマッチングスコアとし、マッチングスコアが第 2 位の極大値を前記第 2 のマッチングスコアとする、画像処理方法。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の画像処理方法において、前記第 2 のマッチングスコアが得られる第 2 の空間的位置と、前記第 1 のマッチングスコアが得られる第 1 の空間的位置との距離に閾値が設定され、前記第 1 の位置から前記閾値以上離れた領域においてマッチングスコアが第 2 位の極大値を前記第 2 のマッチングスコアとする、画像処理方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記仮モデル作成工程は、前記参照画像から前記仮モデルを作成するための仮モデル作成領域を指定するユーザ

50

の操作を受け付けるユーザインターフェース工程を含む、画像処理方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記仮モデル作成工程で、前記参照画像から抽出した大きさおよび / または形状の異なる複数の領域により、前記複数の仮モデルを作成する、画像処理方法。

【請求項 9】

請求項 1 または 2 に記載の画像処理方法において、前記マッチングスコア取得工程において、前記複数の評価画像の各々において、前記第 1 のマッチングスコアよりも小さな極大値の中の最大の極大値を前記第 2 のマッチングスコアとして取得する、画像処理方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記第 2 の空間的位置は、前記第 1 の空間的位置から 10 画素を超えて離間している、画像処理方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記第 1 の空間的位置に配置された前記仮モデルの画像領域は第 1 面積を有し、前記第 2 の空間的位置に配置された前記仮モデルの画像領域は第 2 面積 (M) を有し、前記第 1 面積を有する画像領域と前記第 2 面積 (M) を有する画像領域が重複する画像領域は第 3 面積 (N) を有し、前記第 3 面積 (N) は前記第 1 面積の 50% よりも小さい、画像処理方法。

【請求項 12】

画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、

パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、

前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とでパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第 1 のマッチングスコアを集合した第 1 のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第 2 のマッチングスコアを集合した第 2 のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、

前記複数の仮モデルの各々について、前記第 1 のマッチングスコア群の平均値、最大値、または最小値である第 1 の値と、前記第 2 のマッチングスコア群の平均値、最大値、または最小値である第 2 の値と、に応じて評価値を算出する評価工程と、

算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、

前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、

(1) 前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つ、の類似度を示す第 1 のマッチングスコアと、(2) 前記複数の仮モデルの 1 つと、前記複数の評価画像の 1 つ、の類似度を示し、前記第 1 のマッチングスコアよりも低い類似度を示す前記第 2 のマッチングスコアと、を含む、

画像処理方法。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法において、前記決定工程で決定されたマッチングモデルを用いてパターンマッチングを繰り返し実行するパターンマッチング工程を更に含む、画像処理方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の画像処理方法を実行する画像処理装置であって、

前記パターンマッチング遂行工程、前記マッチングスコア取得工程、および前記評価工程を実行する処理部と、

前記複数のマッチングスコアおよび前記評価値を記憶する記憶部と、を有する、画像処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 5】

請求項 1 3 に記載の画像処理方法の各工程と、
前記パターンマッチング工程の結果を用いてワークの位置および姿勢を認識する認識工程と、
前記認識工程で得られた情報を用いて、前記ワークを用いて物品を生産する生産制御工程と、
を含む、物品の製造方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 3 に記載の画像処理方法の各工程と、
前記パターンマッチング工程の結果を用いてワークを検査する検査工程と、
前記検査工程の検査結果に応じて、前記ワークを用いて物品を生産する生産制御工程と、
を含む、物品の製造方法。

10

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載のプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 9】

請求項 1 4 に記載の画像処理装置であって、
前記複数の仮モデルを記憶する記憶部をさらに備える、画像処理装置。

20

【請求項 2 0】

請求項 1 4 または 1 9 に記載の画像処理装置と、
ワークが撮影された画像について前記画像処理装置が実行したパターンマッチングの結果を用いてワークに対して製造工程を実行する製造装置と、を備える生産システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、画像処理方法、画像処理装置、生産システム、および物品の製造方法、特に、パターンマッチングを用いた画像処理を利用する画像処理方法、画像処理装置、生産システム、および物品の製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0 0 0 2】

画像処理の分野において、検出対象物体の位置を検出する方法として、パターンマッチングがよく知られている。パターンマッチングを行うには、検出対象となる物体の参照情報として、理想状態で検出対象物体を撮像した参照画像が用いられる。この参照画像は、モデル、テンプレートなどと呼ばれることがある。この参照画像から検出対象物体付近の領域のみを切り出し、パターンマッチングに用いるモデルを作成する。

【0 0 0 3】

実際の物体検出工程では、物体を検出するための被探索画像を撮像し、撮像した画像の各位置でモデルとの類似度を計算していく。この手法は、最も類似度の高かった画像の位置を検出位置とする、即ち、被探索画像の中からモデルと最も類似している位置を検出する方法である。

40

【0 0 0 4】

上記の類似度を計算するために、複数の方法が知られており、輝度ベースで類似度を算出する輝度値差分法 (SAD)、正規化相関法 (NCC) やエッジ特徴ベースで類似度を算出する形状パターンマッチングなどが知られている。

【0 0 0 5】

この種のパターンマッチングでは、例えば検出対象物体以外の位置を検出してしまい、誤検出が問題となることがある。例えば、検出物体の位置よりも検出物体以外の位置の方が、類似度が高くなることにより誤検出が発生する。例えば、図 1 (a) のような画像が

50

あり、円環ワーク 100 の中の小さい丸の画像中の位置を検出するパターンマッチングを行うとする。図 1 (a) の 101、102 は、円環ワーク 100 の背景などに撮影されている他のワークなどの画像である。この場合、図 1 (b) のようなモデル 1012 の画像を作成することがある。図 1 (b) のモデル 1012 では、テンプレートから円環ワーク 100 の小さい丸の部分 1011 の部分だけを切り出した画像でモデル 1012 を作成している。このようなモデル 1012 を用いると、図 1 (a) の円環ワーク 100 とは別に撮影されている丸の位置 (101) を誤検出してしまうことがある。このような誤検出 (誤検知) を防止するためには、ユーザは、円環ワーク 100 の円環部分も含めるよう、モデルの画像を作成しなければならない。

【 0006 】

10

上記のように、どのような物体の形状をモデルにするか、テンプレートからどの領域を切り出して用いるか、などによって、誤検出の頻度が変わってくる。そのため、従来では、パターンマッチングのためのモデルを作成する際には、試行錯誤が必要であり、またユーザの経験則に基づく微妙な設定が要求されることもあり、作業には習熟が必要とされる。

【 0007 】

また、この種のパターンマッチングは、物品の生産ラインにおけるワークや生産機器を撮影した画像に対して実行され、その結果が監視、生産制御などに利用されることがある。このようなシステムにおいて誤検出が発生した場合、不良品が発生したり、生産機器の誤動作による故障などが起きる可能性がある。そのため、誤検出が生じにくく、確実なパターンマッチングを行えるモデルを作成する手法やシステムが望まれている。

20

【 0008 】

この点に鑑み、特許文献 1 では、撮像した画像に対し、予め用意した複数の異なるモデルの全てでパターンマッチングを実行する方法が提案されている。この場合、複数の検出位置の中でモデルの重なりが大きい位置を検出位置とする。そして、複数のモデルでパターンマッチングを行うことにより、誤検出の確率を下げる方法が記載されている。

【 0009 】

また、特許文献 2 では、複数のモデルを作成し、評価用画像にてパターンマッチングを実行し、その際、評価用画像の各位置での類似度 (スコア) を記憶しておく。そして、モデル毎のスコア分布を作成し、このスコア分布の分散値を比較することにより、誤検知しづらいモデルを選定する。この特許文献 2 では、例えば、スコア分布の分散値が最も大きいモデルが誤検知しづらいモデルとして選ばれ、実際の物体検出工程では、選定されたモデルのみでパターンマッチングを実行することにより誤検出を回避する。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0010 】

【 文献 】 特開 2008 - 165394 号公報

【 文献 】 特開 2001 - 148014 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0011 】

40

上記の特許文献 1 の構成によると、実際の画像検査工程で複数のモデルでパターンマッチングを実行するため、モデルの数だけ処理時間が増大する。パターンマッチングは、様々な用途で使用されているが、特に工業用、FA 用途では生産のサイクルタイムの短縮が重視されている。このような高速な処理が求められる用途には特許文献 1 の構成は向いていない可能性がある。

【 0012 】

また、特許文献 2 の構成によると、スコア分布の分散値の大小により、モデルを評価する。しかしながら、様々な生産システムで撮影される画像の全てについて、スコア分布の分散値が大きい方が誤検知しづらいモデルとは必ずしも言えない可能性がある。特許文献 2 の技術では、誤検知の可能性が小さい場合は、スコアが正解位置のみ高くなり、他の位

50

置では低くなることにより分散値が大きくなることを前提としている。また、誤検知の可能性が高い場合は、スコア分布が全体的に高くなることにより分散値が小さくなることを前提としている。しかし、生産システムで撮影される実際の画像では背景やノイズ、ワークの形状等によってスコア分布の形状は大きく異なっており、特許文献2のようなスコア分布の分散値を用いた評価基準は汎用性や一般性を有していない可能性がある。例えば、実際の生産システムで撮影される画像では、複数のピークが出るような誤検出の可能性が高いスコア分布で分散値が大きくなる場合がある、と予想される。

【0013】

本発明の課題は、パターンマッチングを利用する画像検査工程の高速性を損なうことなく、背景やノイズ、ワークの形状等に依存せず、誤検出が少ないモデルを生成できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の第一の態様は、画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とのパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第1のマッチングスコアを集合した第1のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第2のマッチングスコアを集合した第2のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、前記複数の仮モデルの各々について、前記第1のマッチングスコア群と前記第2のマッチングスコア群とから評価値を算出する評価工程と、算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、前記第1のマッチングスコアと前記第2のマッチングスコアを含み、(1)前記第1のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの1つと、前記複数の評価画像の1つにおける第1の空間的位置の画像と、の類似度を示し、(2)前記第2のマッチングスコアは、前記複数の仮モデルの1つと、前記複数の評価画像の1つにおける第2の空間的位置の画像と、の類似度を示し、前記第1の空間的位置と前記第2の空間的位置は離間しており、前記第2のマッチングスコアは前記第1のマッチングスコアよりも低い類似度を示しており、前記マッチングスコア取得工程において、前記複数の仮モデルの1つと前記複数の評価画像の1つとのパターンマッチングによって生成されるスコアマップの極大値が1つの場合、前記極大値を前記第1のマッチングスコアとし、スコアマップ中の最小値を前記第2のマッチングスコアとする、画像処理方法である。

【0015】

また、本発明の第二の態様は、画像処理装置が実行する画像処理方法であって、画像処理装置が、パターンマッチングの対象物が記録された参照画像を用いてパターンマッチングのための複数の仮モデルを作成する仮モデル作成工程と、前記複数の仮モデルの各々と、前記パターンマッチングの対象物が記録された複数の評価画像の各々とのパターンマッチングを行い、前記複数の仮モデルの各々と前記複数の評価画像の各々との間の複数のマッチングスコアを取得するパターンマッチング遂行工程と、前記複数の仮モデルの各々について、前記複数の評価画像の各々についての第1のマッチングスコアを集合した第1のマッチングスコア群と、前記複数の評価画像の各々についての第2のマッチングスコアを集合した第2のマッチングスコア群と、を取得するマッチングスコア取得工程と、前記複数の仮モデルの各々について、前記第1のマッチングスコア群の平均値、最大値、または最小値である第1の値と、前記第2のマッチングスコア群の平均値、最大値、または最小値である第2の値と、に応じて評価値を算出する評価工程と、算出された前記評価値に基づいて前記複数の仮モデルの中からマッチングモデルを決定する決定工程と、を実行し、

10

20

30

40

50

前記パターンマッチング遂行工程で求める前記複数のマッチングスコアは、(1)前記複数の仮モデルの1つと、前記複数の評価画像の1つ、の類似度を示す第1のマッチングスコアと、(2)前記複数の仮モデルの1つと、前記複数の評価画像の1つ、の類似度を示し、前記第1のマッチングスコアよりも低い類似度を示す前記第2のマッチングスコアと、を含む、画像処理方法である。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、画像検査工程の高速性を損なうことなく、背景やノイズ、ワークの形状等に依存せず、誤検出が少ないモデルを生成し、該モデルを用いて信頼性の高いパターンマッチングを利用した画像処理を実施することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】(a)複数のワークが撮影された画像の一例。(b)パターンマッチング処理に用いるモデルの一例。

【図2】実施形態に係る生産システムの概略構成を示した説明図である。

【図3】実施形態に係る画像処理装置の構成を示したブロック図である。

【図4】本発明の実施形態1に係るパターンマッチングモデルの作成処理を示したフローチャート図である。

【図5】本発明の実施形態1に係る仮モデル作成処理を示したフローチャート図である。

【図6】本発明の実施形態1に係るエッジ抽出処理を示した説明図である。

20

【図7】本発明の実施形態1に係る特徴画像を示した説明図である。

【図8】本発明の実施形態1に係る連結エッジの抽出を示した説明図である。

【図9】(a)連結エッジからなる1つの仮モデルの例。(b)連結エッジの組み合わせからなる他の仮モデルの例。(c)連結エッジの別の組み合わせからなる更に別の仮モデルの例。

【図10】本発明の実施形態1に係る仮モデルの評価値算出処理を示したフローチャート図である。

【図11】本発明の実施形態1に係る画像処理におけるパターンマッチング処理を示した説明図である。

【図12】本発明の実施形態1に係る評価値算出におけるスコアマップを示した説明図である。

30

【図13】本発明の実施形態1に係る評価値算出における最大検出スコアの位置近傍か否かの判定処理の一例を示した説明図である。

【図14】本発明の実施形態1に係る評価値算出方法を説明する表図である。

【図15】本発明の実施形態1に係る評価値算出方法を説明する表図である。

【図16】本発明の実施形態2に係る仮モデル作成処理を示したフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための形態につき説明する。なお、以下に示す構成はあくまでも一例であり、例えば細部の構成については本発明の趣旨を逸脱しない範囲において当業者が適宜変更することができる。また、本実施形態で取り上げる数値は、参考数値であって、本発明を限定するものではない。

40

【0019】

<実施形態1>

図2は、本実施形態に係る生産システムの概略構成を示している。図2の生産機器200は、ワークW1(対象物)をワークW2(被組み付け部材)に組付けて、物品Wを製造する。生産機器200は、ロボット401と、撮像装置としてのカメラ500と、カメラ500と有線ないし無線で通信するよう構成された画像処理装置300と、を備えている。また、生産機器200は、ロボット401および画像処理装置300に、ネットワークや制御線で接続されたロボット制御装置400を備えている。

50

【 0 0 2 0 】

ロボット 4 0 1 は、例えば垂直多関節型のロボットアーム 4 0 2 と、エンドエフェクタであるロボットハンド 4 0 3 と、を有している。ロボットアーム 4 0 2 は、複数のリンクが複数の関節で旋回可能に連結された構成を備える。ロボットアーム 4 0 2 の基端（基端リンク、ベース部）が基台 B の上面に固定されている。また、ロボットアーム 4 0 2 の先端（先端リンク）には、ロボットハンド 4 0 3 が取り付けられている。ロボットハンド 4 0 3 は、複数のフィンガを有し、ワーク（対象物）W 1 を把持、または把持解放することができる。

【 0 0 2 1 】

カメラ 5 0 0 は例えばデジタルカメラによって構成される。カメラ 5 0 0 の画像センサは、例えば CCD（Charge Coupled Device）、CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）などのイメージセンサによって構成される。

10

【 0 0 2 2 】

画像処理装置 3 0 0 は、カメラ 5 0 0 の撮像動作（例えば撮像タイミングやシャッタースピード等）を制御し、カメラ 5 0 0 から撮像画像を取得する。また、画像処理装置 3 0 0 は、デジタル画像データに対して画像処理を施し、その結果をロボット制御装置 4 0 0 に出力する。この画像処理として、画像処理装置 3 0 0 は、パターンマッチング処理を行う。

【 0 0 2 3 】

20

図 2 のように構成された生産ラインでは、パターンマッチングは、ワーク W 1、W 2 の全体ないしその一部、ロボットアーム 4 0 2 の特定部位などの実際の位置、ないし姿勢を検出ないし測定するために行われる。そのため、このパターンマッチングには、ワーク W 1、W 2、ロボットアーム 4 0 2 などの特定部位をマッチングするためのモデルが用いられる。画像処理装置 3 0 0 は、その画像処理結果をロボット制御装置 4 0 0 に出力する。この時のロボット制御装置 4 0 0 に対する出力データの形式は任意であるが、例えば、グローバル座標系や撮影画像の座標系における測定対象の特定部位の座標値などが考えられる。カメラ 5 0 0 の配置位置とロボットアーム 4 0 2 が動作する作業空間の位置関係は既知であり、例えば撮影画像の座標系と、ロボットアーム 4 0 2 の作業空間のグローバル座標系の間では座標変換演算が可能であるものとする。このような座標変換演算は、画像処理装置 3 0 0 ないしロボット制御装置 4 0 0 によって適宜行われる。

30

【 0 0 2 4 】

ロボット制御装置 4 0 0 は、画像処理装置 3 0 0 による画像処理の結果に基づき、ロボット 4 0 1 の動作を制御する。例えば、ワーク W 1、W 2 を結合する操作では、ロボット制御装置 4 0 0 は画像処理から得られた両ワークの位置関係を参照して、両者が所定の位置関係で結合されるよう、ロボットアーム 4 0 2、ロボットハンド 4 0 3 の位置、姿勢を制御する。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、本実施形態の画像処理装置 3 0 0 の構成の一例を示している。図 3 の画像処理装置 3 0 0 は、画像処理、具体的にはパターンマッチング処理を行うものであり、例えば PC（パーソナルコンピュータ）のようなアーキテクチャを利用して構成することができる。画像処理装置 3 0 0 は、演算部（制御装置）としての CPU（Central Processing Unit）3 0 1 を備えている。また、画像処理装置 3 0 0 は、記憶部として、ROM（Read Only Memory）3 0 2、RAM（Random Access Memory）3 0 3、HDD（Hard Disk Drive）3 0 4 を備えている。また、画像処理装置 3 0 0 は、記録ディスクドライブ 3 0 5 および各種のインタフェース 3 1 1 ~ 3 1 5 を備えている。

40

【 0 0 2 6 】

CPU 3 0 1 には、ROM 3 0 2、RAM 3 0 3、HDD 3 0 4、記録ディスクドライブ 3 0 5 およびインタフェース 3 1 1 ~ 3 1 5 が、バス 3 1 0 を介して接続されている。

50

【 0 0 2 7 】

R O M 3 0 2 には、B I O S 等の起動プログラムが格納されている。R A M 3 0 3 は、C P U 3 0 1 の演算処理結果等、各種データを一時的に記憶する記憶装置である。H D D 3 0 4 には、プログラム 3 2 1 が格納（記録）されている。そして、C P U 3 0 1 がプログラム 3 2 1 を読み出して実行することにより、後述する画像処理方法の各工程を実行する。記録ディスクドライブ 3 0 5 は、記録ディスク 3 2 2 に記録された各種データやプログラム等を読み出すことができる。記録ディスク 3 2 2 は、各種の磁気ディスクや光ディスクの他、半導体メモリデバイスなどであっても構わない。この記録ディスク 3 2 2 が、本発明の制御手順を記述した画像処理プログラムを格納している場合は、記録ディスク 3 2 2 は、本発明のコンピュータ読み取り可能な記録媒体を構成することになる。

10

【 0 0 2 8 】

インタフェース 3 1 1 には、ロボット制御装置 4 0 0 が接続されている。C P U 3 0 1 は、バス 3 1 0 およびインタフェース 3 1 1 を介して画像処理結果をロボット制御装置 4 0 0 に送信する。ロボット制御装置 4 0 0 により制御されるロボットアーム 4 0 2 は、画像処理装置 3 0 0 のパターンマッチングの結果を用いて、ワーク W 1、W 2 に対する生産処理を実行する生産機器を構成する。画像処理装置 3 0 0 のパターンマッチングは、例えばワーク W 1、W 2 の相対的な位置および姿勢を認識してこれらの組み付けを行うロボットアーム 4 0 2 による生産処理の制御に用いられる。あるいは、画像処理装置 3 0 0 のパターンマッチングは、例えばワーク W 1、W 2 の個々、あるいはそれらが一体化されたアセンブリの検査のためなどに行われるものであってもよい。その場合、その検査結果に応じて、ロボットアーム 4 0 2 による生産処理、例えばワークやアセンブリの搬送先の変更などを制御することができる。画像処理装置 3 0 0 のパターンマッチングを用いた画像処理は、物品の生産システム（ライン）において、上記のような生産処理制御に種々の形態で利用することができる。

20

【 0 0 2 9 】

インタフェース 3 1 2 には、カメラ 5 0 0 が接続されている。C P U 3 0 1 は、バス 3 1 0 およびインタフェース 3 1 2 を介して、トリガ信号等の制御信号をカメラ 5 0 0 に送信する。C P U 3 0 1 は、カメラ 5 0 0 からの画像信号をバス 3 1 0 およびインタフェース 3 1 2 を介して取得する。取得した画像データは、C P U 3 0 1 の制御に基づき、例えば H D D 3 0 4 や外部記憶装置 8 0 0 など記憶装置に格納する。

30

【 0 0 3 0 】

インタフェース 3 1 3 には、マウスやキーボードなど、作業者が行った操作に応じた指令を C P U 3 0 1 に送信する入力装置 6 0 0 が接続されている。インタフェース 3 1 4 には、画像を表示するディスプレイ等の表示装置 7 0 0 が接続されている。インタフェース 3 1 5 には、U S B メモリ等の書き換え可能な不揮発性メモリ、あるいは外付け H D D 等の外部記憶装置 8 0 0 が接続される。

【 0 0 3 1 】

以下、画像処理装置 3 0 0 によるモデル作成、およびパターンマッチングによる画像処理の流れにつき説明する。画像処理装置 3 0 0 の C P U 3 0 1 は、プログラム 3 2 1 を H D D 3 0 4 から読み出して実行することにより、以下の画像処理方法の各工程を実行する。

40

【 0 0 3 2 】

図 4 は、モデル作成処理の概要を示している。図 4 において、作業でないこのシステムのユーザであるオペレータは、パターンマッチング用のモデルを作成するための参照画像を用意するために、実際に生産ラインで生産を行なう時と同様の照明条件、位置に検出対象となるワークをセットする。C P U 3 0 1 は、カメラ 5 0 0 にワークの撮像を行わせ、ワークが撮影された参照画像としての画像データをカメラ 5 0 0 から取得する（S 1 0 0）。

【 0 0 3 3 】

なお、この参照画像は、既に H D D 3 0 4 や外部記憶装置 8 0 0 等の記憶装置に格納されていてもよく、その場合は、C P U 3 0 1 は、H D D 3 0 4 や外部記憶装置 8 0 0 等の

50

記憶装置から、参照画像のデータを取得することとなる。参照画像は、生産ラインにおける監視処理における実際の撮影と同じ条件で撮影されているものとする。

【 0 0 3 4 】

C P U 3 0 1 は、参照画像を表示装置 7 0 0 に表示させ、オペレータにより指定された、参照物（ワーク）が写り込んだ部分もしくは参照物の特徴的な部分を包含する矩形領域を仮モデル作成領域として設定する（S 2 0 0）。この仮モデル作成領域を設定する時には、オペレータは、例えば、マウス等の入力装置 6 0 0 を用いたユーザインターフェースを利用することができる。仮モデル作成領域の設定は、ユーザが表示装置 7 0 0 に表示された参照画像内の参照物が写り込んだ画像を包含する領域の左上と右下の 2 点をクリックするような操作により行う。

10

【 0 0 3 5 】

C P U 3 0 1 は、ステップ S 2 0 0 では、仮モデルを作成する領域として、クリックされた 2 点の位置（矩形領域の左上、右下の角の点）から矩形領域を設定する。設定した仮モデル作成領域の位置、形状は、R A M 3 0 3 もしくは H D D 3 0 4 に記憶させておく。なお、以上では矩形領域での設定方法を説明したが、3 点をクリックすることにより円領域を設定したり、クリック点間を結ぶ任意領域を設定したりしても良く、領域の設定は矩形に限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

次に、仮モデルの作成方法について説明する。図 5 は仮モデル作成工程（図 4：ステップ S 3 0 0）の処理例を詳細に示したものである。この仮モデル作成工程を実行する C P U 3 0 1 は、例えば画像処理装置 3 0 0 において仮モデル作成部としての機能ブロックを構成する。図 5 のステップ S 3 0 1 において、C P U 3 0 1 は、ステップ S 1 0 0 で取得した参照画像内のステップ S 2 0 0 で設定した領域について、エッジ点が連結した連結エッジを抽出する処理を実施する。以下にこの連結エッジ抽出処理（ステップ S 3 0 1）の詳細につき説明する。

20

【 0 0 3 7 】

C P U 3 0 1 は、連結エッジ抽出対象の参照画像領域において、画素毎にエッジ強度とエッジ方向を算出する。エッジ強度とは、コントラストの大きさ（輝度の変化の急峻さ）を表し、注目画素に対し隣接する画素のコントラストが大きければエッジ強度も大きくなる。エッジ方向とは、コントラストの方向を表し、注目画素のエッジ強度が最も大きくなる方向（角度）を示す。エッジ強度の算出には、例えば x 軸方向（画像の横軸方向）、y 軸方向（画像の縦軸方向）のソーベルフィルタを使用する。

30

【 0 0 3 8 】

図 6 は、参照画像領域 I m に対してエッジ強度とエッジ方向の抽出処理を行う動作を示したものである。この抽出処理では、C P U 3 0 1 は、図 6 の参照画像領域 I m 中の注目画素 C で、まず x 軸方向のエッジ強度 E x と y 軸方向のエッジ強度 E y を算出する。このエッジ強度のベクトルは、(E x , E y) で表される。

【 0 0 3 9 】

そして、C P U 3 0 1 は、注目画素 C のエッジ強度 E を、例えば下式（1）のように、各軸のエッジ強度 E x , E y の二乗和の平方根として算出する。

40

【 0 0 4 0 】

【数 1】

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (1)$$

【 0 0 4 1 】

また、C P U 3 0 1 は、エッジ方向 を、下式（2）により算出する。

【 0 0 4 2 】

【数 2】

50

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{E_y}{E_x}\right) \quad (2)$$

【 0 0 4 3 】

そして、CPU 301は、上記方法により参照画像領域Imの全画素のエッジ強度とエッジ方向を算出する。さらに、CPU 301は、エッジ強度がある一定の閾値以上の画素をエッジ特徴（エッジ点）として抽出し、複数のエッジ点の集合であるエッジ特徴画像を生成する。

【 0 0 4 4 】

図7は、エッジ特徴画像I_Tの例を示している。図7では、エッジ特徴画像I_Tにおいて、エッジ強度がある一定の閾値以上のエッジ特徴を示す画素をエッジ点として黒で図示し、エッジ強度が閾値未満の画素を非エッジ点として白で図示している。

【 0 0 4 5 】

エッジ特徴画像I_Tのデータ保持方法としては、例えば以下のように、画像の画素毎に2チャンネルのデータ領域をRAM 303などの記憶領域に確保する。そして、例えば図7のようにエッジ点として抽出された画素C₁の場合は、1チャンネル目にエッジ強度、2チャンネル目にエッジ方向の情報を格納する。また、非エッジ点であると判断された画素C₂には、エッジ特徴を示さないことを表す値（例えば0）を格納する。これらエッジ点を示す画素C₁の集合Cが、エッジ特徴画像I_Tである。

【 0 0 4 6 】

なお、エッジ強度のみを記憶したエッジ強度画像、エッジ方向のみを記憶したエッジ方向画像の2つの画像を、1組の特徴画像として用いるようにしてもよい。また、本実施形態では、エッジ強度の算出にソーベルフィルタを使用しているが、キャニーフィルタ等の一般的に知られたエッジ抽出フィルタを使用してもよい。

【 0 0 4 7 】

次に、エッジ点が連結した連結エッジを抽出し、連結エッジごとにラベリングを行う。前述したエッジ抽出処理によりエッジ点として抽出された画素の隣4方向、もしくは斜めをいれた8方向を探索し、エッジ点である画素同士が隣り合っていれば同じ連結エッジの連結成分として記憶していく。これにより、個々の連結成分が1つのまとまりとしてラベリングされた連結エッジを抽出することができる。図8に例示する画像8000において線で表した部分が抽出された連結エッジだとすると、801～805の5つの連結エッジが抽出されたことになる。

【 0 0 4 8 】

そして、図5のS304Aにおいて、連結エッジの1つの組み合わせについて仮モデルを作成する。さらにS302～S304Bのループを繰り返すことにより、連結エッジの全ての組み合わせ方法について仮モデルを作成する。つまり、ステップS301で抽出した連結エッジについて、図9(a)～図9(c)に示すように連結エッジの組み合わせを変更しながら(S303)、仮モデルを作成する(S304B)。例えば、図9(a)に示す仮モデル901は、5つの連結エッジのうち連結エッジ802を選ぶ組み合わせ方法についての仮モデルである。また、図9(b)に示す仮モデル902は、連結エッジ801と連結エッジ802を選ぶ組み合わせ方法についての仮モデルである。また、図9(c)に示す仮モデル903は、連結エッジ801、連結エッジ803および連結エッジ805を選ぶ組み合わせ方法についての仮モデルである。

【 0 0 4 9 】

例えば、図8に示すように5本の連結エッジが抽出された場合は、5本の連結エッジの組み合わせ方法の全てについてパターンマッチング用の仮モデルを作成し、HDD 304などに記憶していく。全ての連結エッジの組み合わせに対する仮モデルを作成したか否かはステップS302で判定され、全ての連結エッジの組み合わせに対して仮モデルを作成した場合はこの処理を終了する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

5本の連結エッジが抽出された場合、5本全ての連結エッジを選択して仮モデルとすることもできるし、1本の連結エッジのみを選択して仮モデルとすることもできる。5本の連結エッジの場合、連結エッジの組合せ方法の数は例えば下式(3)で算出でき、31通りとなる。つまり、5本の連結エッジが抽出された場合は31通りの仮モデルが作成されることになる。

【 0 0 5 1 】

【数3】

$${}_5C_5+{}_5C_4+{}_5C_3+{}_5C_2+{}_5C_1=31$$

10

(3)

$${}_nC_r=\frac{n!}{r!(n-r)!}$$

【 0 0 5 2 】

次に、上記のようにして作成した複数の仮モデルの各々について評価値を算出する評価値算出工程(図4:S400)を行う。この評価値算出工程(S400)は、図10に示すように、複数の仮モデルの中から1つを選択し、その仮モデルの評価値を算出する処理を全ての仮モデルに対して順に実行することにより行う。なお、この評価値算出工程を実行するCPU301は、例えば画像処理装置300において評価部としての機能ブロックを構成する。

20

【 0 0 5 3 】

図10のステップS401では、作成した複数の仮モデルの中から一つの仮モデルを選択する。選択した仮モデルと予め用意した複数の評価用画像の中の1枚とで、パターンマッチングを実行する。評価用画像は実際にワーク等の検出対象を撮影した画像であり、実験時に生産機器200と同様の系で撮影した画像もしくは生産中に保存しておいた実画像等を使用する。

【 0 0 5 4 】

すなわち、マッチングスコア取得工程として、CPU301は、HDD304に保存されている複数の評価用画像から1枚を読み込み、選択した1つの仮モデルを用いてパターンマッチングを実行する(S402)。例えば、パターンマッチングの手法は次のようなものである。最初に、評価画像に対しエッジ抽出を行い、評価画像内に存在するエッジを含んだ評価用エッジ画像I_Sを作成する。エッジ抽出処理の手法は、前述した参照画像に対するエッジ抽出処理と同様でよい。図11に示すように、現在、選択されている仮モデルと同じ大きさの抽出窓を評価用エッジ画像I_S内に置いて、評価用エッジ画像I_Sから仮モデルに対応する大きさの画像I_Eを抽出する。仮モデルと同じ大きさの抽出窓は、ピクセル単位で位置をずらしながら、次々に画像I_Eを抽出する。このようにして抽出した画像I_Eと仮モデルとの類似度を表すマッチングスコアRを下式(4)により求める。なお、以下では、簡略化のため、類似度を表すマッチングスコアを単に「スコア」と記載することがある。

30

40

【 0 0 5 5 】

【数4】

$$R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \cos|\theta_{ik} - \theta_{Tk}| \quad (4)$$

R_{ij} : 画像内の位置 (i, j) のスコア

n: モデルのエッジ点数

θ_I : 評価用エッジ画像のエッジ方向

θ_T : モデル画像のエッジ方向

10

【 0 0 5 6 】

即ち、仮モデルの一つのエッジ画素と抽出した評価用エッジ画像の一つのエッジ画素のエッジ方向差分のコサイン値を求めることにより、エッジ点 1 点の局所スコアを算出する。この処理を全てのエッジ画素について行うことにより、全エッジ点の局所スコアを算出し、さらにその総和を算出することができる。この局所スコアの総和を仮モデルのエッジ点数で割ることにより、最終的なスコアとして - 1 から 1 の範囲に正規化した値を得ることができる。

【 0 0 5 7 】

上記式 4 の画像内の位置 (i 、 j) は、図 1 1 に (i 、 j) で示す位置、すなわち評価用エッジ画像から仮モデルに対応する大きさの画像を抽出した評価用エッジ画像内の位置に相当する。全ての平行移動の範囲で抽出窓を移動させ、このマッチングスコア R の計算を行う。スコアは - 1 から 1 で表され、1 が最も類似性が高く、- 1 が最も類似性が低いことを示す。

20

【 0 0 5 8 】

なお、仮モデルの評価用のスコアの計算方法は任意であり、上記と異なるスコア計算手法を用いてもよい。例えば、モデルと評価用エッジ画像の x 方向エッジ強度、y 方向エッジ強度から、下式 (5) のようにして、マッチングスコアを算出してもよい。

【 0 0 5 9 】

【 数 5 】

30

$$R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{Ex_{ik} Ex_{Tk} + Ey_{ik} Ey_{Tk}}{E_{ik} E_{Tk}} \quad (5)$$

R_{ij} : 画像内の位置 (i, j) の類似度

n: エッジ点数

E_I : 被探索画像のエッジ強度

E_T : モデル画像のエッジ強度

E_{XI} : 被探索画像の x 方向エッジ強度

E_{XT} : モデル画像の x 方向エッジ強度

E_{YI} : 被探索画像の y 方向エッジ強度

E_{YT} : モデル画像の y 方向エッジ強度

40

【 0 0 6 0 】

評価用エッジ画像内の全ての探索位置でのスコア計算が完了したら、当該仮モデルを使ったパターンマッチングが終了となる。全ての探索位置でのスコア計算が完了していなければ、次の探索位置 (i 、 j) に抽出窓を進めて、マッチングスコアの計算を続行する。本実施例では簡略化のためモデルの平行移動のみを検出するパターンマッチング方法を説明したが、同様の方法で、モデルの回転やスケール変化等を検出するパターンマッチング

50

も適用可能である。

【 0 0 6 1 】

前述したパターンマッチングを実行する際に、所定の閾値以上のマッチングスコアが算出された場合、そのマッチングスコア R と位置 (i 、 j) を $R A M 3 0 3$ に記憶させる。これにより、図 1 2 に示すように、ある評価用画像に対するスコアマップが生成される。所定のスコア閾値を - 1 に設定すれば評価用画像内の全ての位置のスコアを含んだスコアマップが生成されることになる。

【 0 0 6 2 】

さらに、 $C P U 3 0 1$ は、 $R A M 3 0 3$ に一時的に記憶しておいたスコアマップから最大検出スコア (第 1 位の検出スコア) と、最大検出スコアが得られた第 1 の位置から離れた第 2 の位置で得られた第 2 位の検出スコアを抽出する (図 1 0 : $S 4 0 3$)。抽出したこれらのスコアは記憶手段、例えば $R A M 3 0 3$ などに記憶させる。以下に前記 2 つのスコアの抽出方法を詳細に示す。

10

【 0 0 6 3 】

最大検出スコア (第 1 位の検出スコア) とは、図 1 2 に 1 2 0 1 で示す山の頂点のように、スコアマップの中で示されるマッチングスコア R の最大値である。即ち、この最大検出スコアは、当該の評価画像で得られた類似度が第 1 位の値を有する第 1 のマッチングスコアである。

【 0 0 6 4 】

また、第 1 のマッチングスコアが得られた評価画像中の空間的な位置とは異なる評価画像中の位置で得られた第 2 のマッチングスコアを取得する。この第 2 のマッチングスコアは、例えば図 1 2 に示すように、最大検出スコアが検出された頂点を含む山 1 2 0 1 とは別の第 2 位の高さの山 1 2 0 2 の頂点における検出スコアである。最大検出スコアは 1 番目に大きな極大値であるが、第 2 のマッチングスコアは 2 番目に大きな極大値であると言ってもよい。なお、スコアマップに極大値が 1 つしか表れない場合は、スコアマップ中の最小値を第 2 のマッチングスコアとする。

20

マッチングの精度誤差やノイズによる誤差、個体差による誤差等が大きいと、同じ位置におけるマッチングスコアがずれて複数個所に現れることがある。そのような場合には最大検出スコアが検出された山 1 2 0 1 の第 1 の位置からある閾値 (所定距離) 以上、離間した位置において、最大となるマッチングスコアを第 2 のマッチングスコアとするのが好ましい。第 1 の位置と第 2 の位置との離間距離の閾値は、マッチングの精度誤差やノイズによる誤差、個体差による誤差等に基づく値を算出して予め設定しておいてもよいし、ユーザが任意に設定してもよい。例えば、最大検出スコアが検出された山 1 2 0 1 の位置から画像の X 、 Y 方向に 1 0 画素以内の位置を最大検出スコア近傍の範囲として定義することができる。この場合は、空間的に 1 0 画素を超えて離間した範囲内における最大のスコアを抽出して第 2 のマッチングスコアとしてもよい。

30

【 0 0 6 5 】

所定の距離は、必ずしも最大検出スコアの位置を中心として所定の画素数以上、離間した位置であることを条件としなくてもよい。例えば、図 1 3 に示すように、最大検出スコアの位置 1 3 0 1 と第 2 位の位置 1 3 0 2 に仮モデルを配置し、その 2 つの仮モデルの画像範囲の重複する態様によって、近傍を除いた範囲に該当するかを判定してもよい。2 つの仮モデルの重なり具合 (重複割合) は、例えば仮モデルの面積 M と、2 つの仮モデルの重なった部分の面積 N とから N / M で算出する。この重複度 (重複範囲) が所定の重複範囲以下 (例えば所定の閾値以下) であれば、第 2 の検出スコアの位置が最大検出スコアの位置から所定の距離以上、離れていると判定する。重複度の所定の閾値を 0 . 5 に設定した場合は、最大検出スコアの位置に配置した仮モデルとその他の位置の仮モデルが 5 0 % 以上重なったら閾値より近いとみなす。また、5 0 % より小さければ最大検出スコア位置から閾値以上、離れているとみなし、その位置で得られたスコアを第 2 のマッチングスコアとして採用する。

40

【 0 0 6 6 】

50

以上のようにして、ある 1 つの評価画像とある 1 つの仮モデルから、画像の類似度に相当するマッチングスコアに関して、第 1 位のマッチングスコアと第 2 位のマッチングスコアを取得することができる。取得した第 1 位のマッチングスコアと、第 1 位のマッチングスコアが得られた位置から離れた位置で得られた第 2 位のマッチングスコアは、RAM 303 に記憶させる。このマッチングスコア取得工程を実行する CPU 301 は、例えば画像処理装置 300 においてマッチングスコア取得部としての機能ブロックを構成する。

【0067】

そして、CPU 301 は、用意した全ての評価用画像に対して同様の処理を行ったか確認 (S404) しながら、上記のステップ S402、S403 を実行する。取得した第 1 位のマッチングスコアの集合である第 1 のマッチングスコア群と、第 2 位のマッチングスコアの集合である第 2 のマッチングスコア群は RAM 303 に記憶させる。ステップ S404 で全ての評価用画像の処理を確認すると、次のステップ S405 に進む。以上のようにして、ある 1 つの仮モデルについて、複数の評価画像を用いて、第 1 のマッチングスコア群と第 2 のマッチングスコア群を取得することができる。

【0068】

ある 1 つの仮モデルについて全ての評価用画像に対しての処理が完了すると、当該仮モデルについての第 1 のマッチングスコア群と第 2 のマッチングスコア群の表(テーブルデータ)を得ることができる。例えば図 14 のように、各評価用画像ごとに抽出した第 1 位と第 2 位のマッチングスコア群の表(テーブルデータ)が RAM 303 上に得られる。図 14 では評価用画像が 5 枚の場合の例を示している。1401 は評価用画像を識別する番号、1402、1403 はそれぞれその評価用画像における第 1 位のマッチングスコア(最大検出スコア)と、その最大検出スコアの位置から所定距離以上、離間した位置における第 2 位のマッチングスコアの値である。

【0069】

図 10 のステップ S405 では、CPU 301 は、ステップ S401 で選択した特定の仮モデルについての評価値を以下のようにして算出する。例えば、この仮モデルについての評価値は、ステップ S404 までの処理で作成した図 14 のスコアの表(テーブルデータ)に基づき算出する。

【0070】

図 15 は、この 1 つの仮モデルに対する評価値の演算結果を示している。図 15 において、1501 は評価用画像を識別する番号、1502、1503 はそれぞれその評価用画像における最大検出スコアと、その最大検出スコアの位置から離間した(近傍以外)の第 2 位のスコアの値である。また、1504 はこれら最大検出スコアと第 2 位のスコアの差分、1505 は各評価用画像の最大検出スコアと第 2 位のスコアの平均値、最大値、最小値である。

【0071】

本実施形態では、例えば、ある仮モデルに対する評価値として、複数の評価用画像で得られた、最大検出スコアと、最大検出スコアが検出された位置から離間した(近傍以外)の第 2 位のスコアとの差分の最小値を採用する。例えば、図 15 に評価値の演算結果を示した仮モデルの例では、3 番目の評価用画像で得られた差分(1504)が最も小さく、この仮モデルの評価値は、0.25 となる。

【0072】

なお、仮モデルに対する評価値の演算手法は、他にも考えられる。例えば、評価値の算出方法の一つは、各画像の最大検出スコアの平均値と最大検出スコアが検出された位置の近傍以外の第 2 のスコアの平均値をそれぞれ算出し、その差分を評価値とする手法である。この手法によると、図 15 に評価値の演算結果を示した仮モデルの場合は、1505 に示されるように、2 つの平均値、0.952 と 0.572 の差分である 0.38 がこの仮モデルの評価値となる。

【0073】

評価値の算出方法の他の一つは、各画像の最大検出スコアの最小値と、最大検出スコア

10

20

30

40

50

が得られた位置の近傍以外で得られた第2のスコアの最大値をそれぞれ算出し、その差分を評価値とするものである。この手法によると、図15に評価値の演算結果を示した仮モデルの場合は、1505に示されるように、0.87と0.67の差分となるため、0.2がこの仮モデルの評価値となる。仮モデルに対する評価値の演算手法は、上記のいくつかの手法以外の手法を当業者が適宜採用して構わない。例えば、図15の表の値を使用して、適宜、1つの仮モデルに対し1つの評価値を算出する。

【0074】

さらに、CPU301は、図10のステップS401からS405の処理を、用意した全ての仮モデルに対して実行する。そして、全ての仮モデルに対して評価値の算出が完了したと判定(S406)されると、図10に詳細を示した仮モデルの評価値算出処理(図4：S400)が完了する。

10

【0075】

最後に、CPU301は、ステップS400で作成した各仮モデルの評価値の中から、最大の評価値が得られた仮モデルを選択し、生産時にパターンマッチングとして用いる本モデルとして決定する(図4：S500)。この決定した本モデルは、実際のパターンマッチング時に利用できるよう、記憶手段、例えば、HDD304に記憶させる。なお、この決定工程(図4：S500)を実行するCPU301は、例えば画像処理装置300において決定部としての機能ブロックを構成することになる。

【0076】

以上のようにして、モデルの自動作成処理が終了する。CPU301は、前記ステップにて作成された本モデルとカメラ500で撮影された画像とでパターンマッチングを実行することにより、実際の生産機器200が稼働することになる。このパターンマッチング工程を実行するCPU301は、例えば画像処理装置300においてパターンマッチング部としての機能ブロックを構成する。

20

【0077】

以上のように、本実施形態によれば、誤検知の少ないパターンマッチング用のモデルを決定すべく、複数の仮モデルを作成して、評価用画像にてパターンマッチングを実行し、その中で最も評価値の高い仮モデルを本モデル(正式モデル)として採用する。その評価値としては、例えば、評価用画像をパターンマッチングした際の最大検出スコアと、最大検出スコアが検出された位置の近傍以外で検出された第2のマッチングスコアとの差を採用している。つまり、最も誤検出が発生しやすい位置は、図12のスコアマップの例では、山1202のように、マッチングスコアRが最高となる山1201とは別の位置に形成されるピークの位置である。そこで、これを最大検出スコア近傍以外の第2のマッチングスコアとして採用する。この誤検出を生じさせる可能性が高い山1202の第2のマッチングスコアと、検出の正解位置となる山1201で検出された最大検出スコアとの差が大きいマッチングモデルであるほど、誤検出の確率が低下する。

30

【0078】

そして、本実施形態によれば、複数の仮モデルの中から、この2つのスコアの差がなるべく大きくなるようなモデルを自動的に選択することができる。また、本実施形態では、モデルの評価、選択は、生産ラインで実際に生産を開始する前に事前に実施しておくことができるため、実際の生産工程における監視時などにおいては、予め選択された一つのモデルでパターンマッチングを実行することができる。即ち、本実施形態では、実際の生産ライン監視のために行う画像処理において多数のマッチングモデルを用いてパターンマッチングを実行する必要がない。そのため、画像処理時間を増大させることがなく、高速に画像処理に基づく監視処理を実行することができる。また、様々な生産工程での背景やノイズ、ワーク形状等の影響によりスコアマップの形状が変形するような場合であっても、前述した2つのスコア差を利用することにより汎用的に適用することが可能となる。本実施形態によれば、処理時間を増大させることなく、様々な生産工程で適用可能な誤検知を防ぐパターンマッチングに使用するモデルの自動作成が可能となる。

40

【0079】

50

<実施形態 2>

上記の実施形態 1 では、形状(エッジ)ベースのパターンマッチングに用いられるモデルの作成手法につき説明した。他の手法によるパターンマッチングのためのモデル作成に関しても、本発明の手法を実施することができる。以下、本実施形態 2 では輝度ベースのパターンマッチングに用いられるモデルの自動作成につき説明する。

【0080】

本実施形態 2 の生産装置の概略構成、および画像処理装置の構成は上記の実施形態 1 の図 2、図 3 に示したものと同様である。

以下、画像処理装置 300 によるモデル作成と、パターンマッチング実行(画像処理方法)について説明する。画像処理装置 300 の CPU 301 は、プログラム 321 を HDD 304 から読み出して実行することにより、以下に説明する画像処理方法の各工程を実行する。

【0081】

モデル作成の全体の流れは、実施形態 1 の図 4 と同様である。特に、図 4 のステップ S 100、S 200 は実施形態 1 と同様であるが、本実施形態では、複数の仮モデルの作成(図 4 : S 300)は、図 16 のような処理によって行う。

【0082】

図 16 の仮モデルの作成では、図 4 のステップ S 100 で取得した参照画像内のステップ S 200 で設定した領域を基準領域として、基準領域の大きさや形状を変更して複数の仮モデルを作成する。図 16 の処理の全体の流れは、前述の図 5 の処理の流れと類似しており、まずステップ S 309 にて、ある大きさや形状を有する基準領域について参照画像から部分画像を切り出し、仮モデルを作成し、HDD 304 に記憶する。その後、ステップ S 310 で、大きさや形状を変更した全ての基準領域のそれぞれに対する仮モデルの作成が完了したかを判定しながら、ステップ S 311、S 312 を繰り返し実行する。

【0083】

図 16 のステップ S 311 では、仮モデルの基準領域の定義(大きさや形状)を変更する。ここでは、基準領域が矩形であれば領域の幅、高さを、円形であれば直径の大きさを変更した領域を作成する。また、基準領域の中心を基準位置として、矩形や円形等様々な形状の変更も行うようにしてもよい。ステップ S 311 では、基準領域に対して、上記のように何らかの一つの変更を加えた領域を作成する。

【0084】

ステップ S 312 では、参照画像から、ステップ S 311 で作成した領域に対応する部分画像を切り出し、パターンマッチング用の仮モデルとして HDD 304 に記憶させる。ステップ S 310 では、基準領域の変更とそれに基づいた仮モデルの作成を実行することによって、所定数の仮モデルを作成したか否かを判定し、このステップが肯定された場合には仮モデル作成処理を終了する。ステップ S 310 が否定された場合には、ステップ S 311 に進み、上記の処理を繰り返す。

【0085】

以下では、例えば、基準領域を矩形領域とし、与えられた基準領域の幅と高さを 3 通りずつ変更した全部で 9 通りの仮モデルを作成するものとする。

【0086】

本実施形態において、仮モデルの評価値算出処理の全体の流れは、上述の図 10 とほぼ同様である。図 10 のステップ S 401 では、作成した複数の仮モデルから一つの仮モデルを選択する。続いて、ステップ S 402 で、実施形態 1 と同様に事前に用意しておいた評価用画像に対して、パターンマッチングを実行する。この処理は、実施形態 1 とは異なり、以下に示すような輝度ベースのパターンマッチング処理を行う。

【0087】

例えば、図 11 に示すように、仮モデルと同じ大きさの抽出窓を評価用画像内でピクセル単位で範囲をずらしながら、評価用画像から仮モデルに対応する大きさの部分画像を抽出する。そして、抽出した部分画像と仮モデルとのマッチングスコア R を下式(6)によ

10

20

30

40

50

り求める。

【 0 0 8 8 】

【 数 6 】

$$\text{相関値 } R_{ij} = \frac{\sum (f_{ij} - \bar{f}) \times (g_{ij} - \bar{g})}{\sqrt{\sum (f_{ij} - \bar{f})^2} \times \sqrt{\sum (g_{ij} - \bar{g})^2}} \quad (6)$$

(i, j) : 画像内の位置

f: 被探索画像内の位置 (i, j) における輝度

g: テンプレート画像内の位置 (i, j) における輝度

\bar{f} : 被探索画像のテンプレートに対応する領域の平均輝度

\bar{g} : テンプレート画像の平均輝度

10

【 0 0 8 9 】

上式 (6) において、画像内の位置 (i, j) とは、評価用画像から仮モデルに対応する大きさの画像を抽出した部分画像内と仮モデル内の位置に相当する。このスコアの値は 1 が最も類似性が高く、- 1 が最も低いことを示す。評価用画像内の全ての探索位置でのスコア計算が完了すると、パターンマッチングが終了となる。全て探索位置でのスコア計算が完了していなければ、次の探索位置に (i, j) を進めて、スコア計算を進める。

20

【 0 0 9 0 】

このパターンマッチングを実行する際に、所定のスコア閾値以上のスコアが算出された場合、そのマッチングスコア R と位置 (i, j) を RAM 303 に記憶しておく。これにより、実施形態 1 と同様に図 12 に示すように、ある評価用画像に対するある仮モデルのスコアマップが生成される。所定のスコア閾値を - 1 に設定すれば評価用画像内の全ての位置のスコアマップが生成されることになる。

【 0 0 9 1 】

以上のようにしてスコアマップを生成した後は、実施形態 1 と同様に図 10 のステップ S 403 ~ S 406 を実行し、全ての仮モデルに対して評価値を算出することができる。さらに、図 4 のステップ S 500 のモデル自動設定 (複数の仮モデルの中から本モデルを選択) も実施形態 1 と同様に実施することができる。

30

【 0 0 9 2 】

以上に示したように、パターンマッチングの演算方式が異なる場合、例えば、本実施形態のように輝度ベースのパターンマッチングを行う場合でも、スコア値の計算方式を適宜定めておけば、モデルの自動作成が可能である。当然ながら、以上のようにして作成されたモデルを実際のパターンマッチングを行う場合は、モデル作成時と同じ輝度ベースのパターンマッチングを実行する。図 2 のような生産ラインでは、CPU 301 は、前記ステップにて作成された本モデルとカメラ 500 で撮影された画像とでパターンマッチングを実行することにより、実際の生産機器 200 が稼働することになる。

40

【 0 0 9 3 】

本実施形態によれば、パターンマッチングが輝度ベースで行われる場合でも、スコアマップを用いた演算によって、実際の製造工程における画像処理に利用するマッチングモデルを自動作成することができる。以上では、画像処理に利用されるパターンマッチングが、実施形態 1 のような形状 (連結エッジ) ベースのものである場合、あるいは実施形態 2 のような輝度ベースのものである場合の例を示した。しかしながら、本発明のスコアマップを用いた演算によるモデル生成技術は、マッチングスコアを算出できるパターンマッチングを行うのであれば、パターンマッチングの処理形態を問わず様々なパターンマッチングのモデル作成に実施可能である。

【 0 0 9 4 】

50

本発明は、上述実施例の 1 以上の機能を実現するプログラムをネットワーク又は記憶媒体を介してシステムまたは装置に供給し、システムまたは装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、 1 以上の機能を実現する回路（例えば A S I C）によっても実現可能である。

【符号の説明】

【 0 0 9 5 】

1 0 1 2 ...モデル、 2 0 0 ...生産機器、 3 0 0 ...画像処理装置、 4 0 1 ...ロボット、 5 0 0 ...カメラ、 4 0 0 ...ロボット制御装置、 3 0 1 ... C P U、 3 0 2 ... R O M、 3 0 3 ... R A M。

10

20

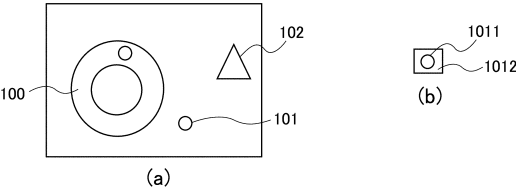
30

40

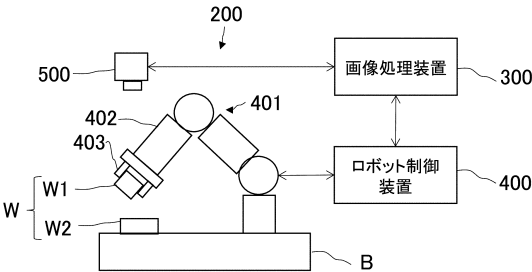
50

【図面】

【図 1】



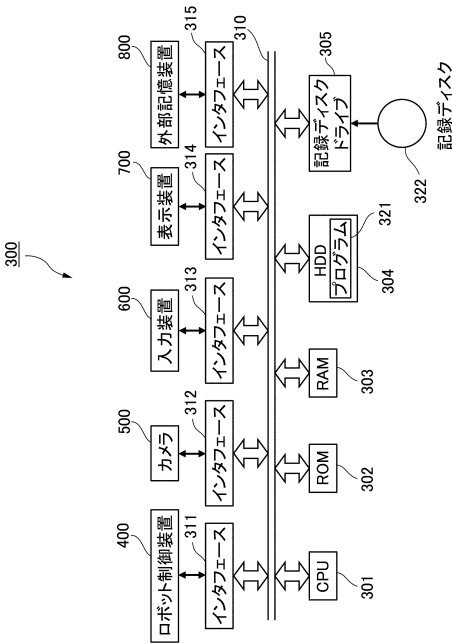
【図 2】



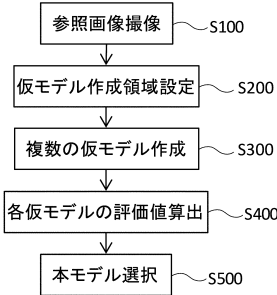
10

20

【図 3】



【図 4】

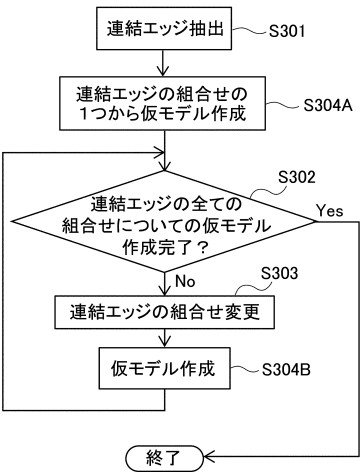


30

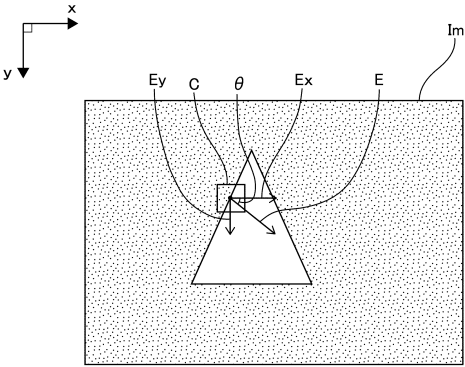
40

50

【 図 5 】



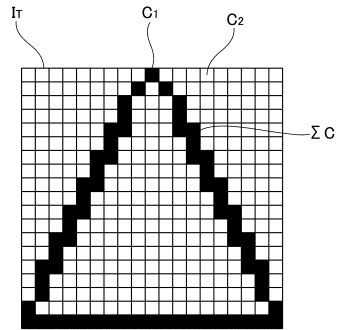
【 図 6 】



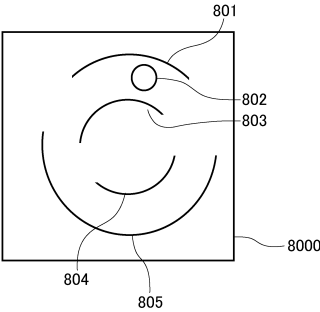
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

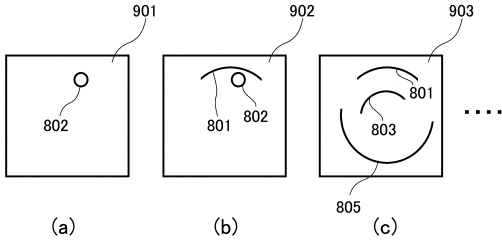


30

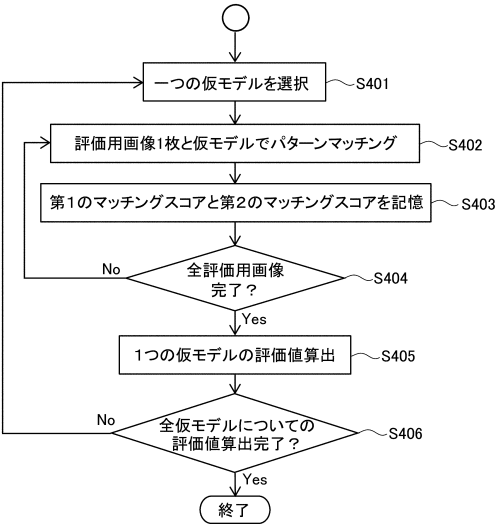
40

50

【図 9】



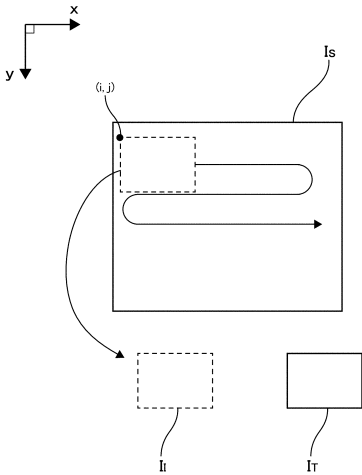
【図 10】



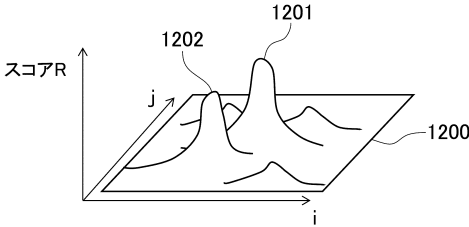
10

20

【図 11】



【図 12】

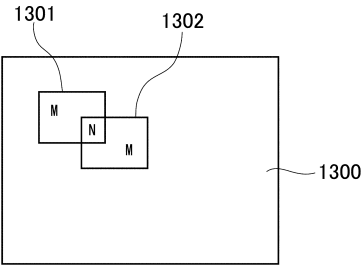


30

40

50

【図 1 3】



【図 1 4】

評価画像	第1のマッチングスコア	第2のマッチングスコア
1	0.95	0.67
2	0.99	0.55
3	0.87	0.62
4	0.98	0.43
5	0.97	0.59

1401 1402 1403

10

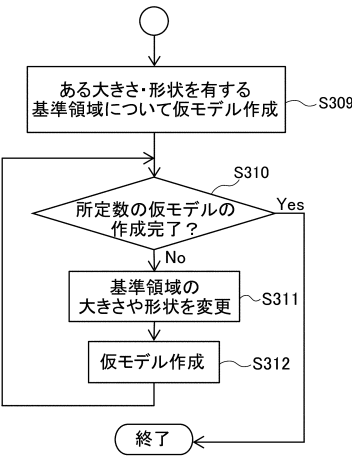
20

【図 1 5】

評価画像	第1のマッチングスコア	第2のマッチングスコア	差分
1	0.95	0.67	0.28
2	0.99	0.55	0.44
3	0.87	0.62	0.25
4	0.98	0.43	0.55
5	0.97	0.59	0.38
平均値	0.952	0.572	1505
最大値	0.99	0.67	
最小値	0.87	0.43	

1501 1502 1503 1504

【図 1 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 0 2 1 6 8 4 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 4 5 2 8 7 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 3 2 7 5 3 (J P , A)
斉藤 文彦, “ 遺伝的アルゴリズムを用いた画素選択テンプレートによる画像マッチング ” ,
電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2001年03月01日, Vol.J84-
D-II, No.3, pp.488-499
Gang Wang et al. , "A template extraction approach for image recognition" , 2012 Internati
onal Symposium on Information Technologies in Medicine and Education , 米国, IEEE , 20
12年08月03日, pp.932-935
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 T 1 / 0 0 , 7 / 0 0 - 7 / 9 0
G 0 6 V 1 0 / 0 0 - 1 0 / 9 8
G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
G 0 1 N 2 1 / 8 8
B 2 5 J 1 3 / 0 8