

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293334

(P2005-293334A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

G06T 7/00

F I

G06T 7/00 300G

テーマコード (参考)

5L096

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-108749 (P2004-108749)

(22) 出願日 平成16年4月1日(2004. 4. 1)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

(72) 発明者 阿部 啓之

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 5L096 AA02 AA06 FA15 FA34 FA37

FA55 GA40 JA03 JA09 JA11

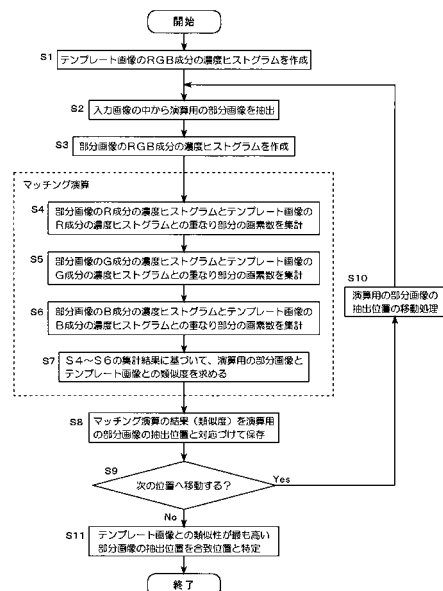
(54) 【発明の名称】 テンプレートマッチング装置

(57) 【要約】

【課題】 入力信号に幾何学的変化があっても正確に合致位置を特定できるテンプレートマッチング装置およびテンプレートマッチング方法を提供する。

【解決手段】 複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成し (S1)、複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出し (S2)、部分信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成し (S3)、テンプレート信号の各色成分のヒストグラムと部分信号の各色成分のヒストグラムとに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、テンプレート信号と部分信号との類似度を求める (S4~S7)。そして、入力信号の各位置で求められた類似度を大小比較することにより、入力信号の中のテンプレート信号との合致位置を特定する (S11)。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成する第 1 の作成手段と、

前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された前記部分信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成する第 2 の作成手段と、

前記テンプレート信号の各色成分の前記ヒストグラムと前記部分信号の各色成分の前記ヒストグラムとに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、 10

前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えた

ことを特徴とするテンプレートマッチング装置。

【請求項 2】

複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の強度の慣性モーメントを各色成分ごとに算出する第 1 の算出手段と、

前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された前記部分信号の強度の慣性モーメントを各色成分ごとに算出する第 2 の算出手段と、 20

前記テンプレート信号の各色成分の前記慣性モーメントと前記部分信号の各色成分の前記慣性モーメントとに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、

前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えた

ことを特徴とするテンプレートマッチング装置。

【請求項 3】

既知のテンプレート信号の予め定めた第 1 範囲と第 2 範囲との各々における平均強度の差を算出する第 1 の算出手段と、 30

入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された前記部分信号の前記第 1 範囲と前記第 2 範囲との各々における平均強度の差を算出する第 2 の算出手段と、

前記テンプレート信号の前記平均強度の差と前記部分信号の前記平均強度の差とに基づいて、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、

前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えた

ことを特徴とするテンプレートマッチング装置。

【請求項 4】

複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の予め定めた第 1 範囲と第 2 範囲との各々における平均強度の差を各色成分ごとに算出する第 1 の算出手段と、 40

前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された前記部分信号の前記第 1 範囲と前記第 2 範囲との各々における平均強度の差を各色成分ごとに算出する第 2 の算出手段と、

前記テンプレート信号の各色成分の前記平均強度の差と前記部分信号の各色成分の前記平均強度の差とに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、

前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えた 50

ことを特徴とするテンプレートマッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像情報または音声情報などを含む入力信号に対してテンプレートマッチングを行うテンプレートマッチング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

テンプレートマッチングは、入力信号の中から既知のテンプレート信号に合致する部分信号（ターゲット）を探索して、ターゲットの位置（合致位置）を特定する処理である。この処理では、入力信号の中から抽出した演算用の部分信号と既知のテンプレート信号とのマッチング演算が、演算用の部分信号の抽出位置を少しずつ移動させながら、繰り返行われる。そして、入力信号の中の各位置でのマッチング演算の結果を大小比較することで、合致位置が特定される。

【0003】

また、マッチング演算には、周知の相互相関法や残差逐次検定法などが用いられる（例えば特許献1を参照）。これらの方法は、演算用の部分信号とテンプレート信号との対応位置どうして信号強度の演算を行い、その結果を信号全体で集計するものである。

【特許文献1】特開平5 - 81433号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、演算用の部分信号とテンプレート信号との対応位置どうして信号強度の演算を行う上記の方法には、次の問題があった。例えば、画像情報を含む二次元の入力信号の場合、入力信号に幾何学的変化（回転や縮尺の変化など）があると、合致位置の特定を正確に行えるとは限らず、疑似マッチングやマッチング不可能になることがある。また、音声情報を含む一次元の入力信号の場合は、入力信号に幾何学的変化（縮尺の変化など）があると、同様に疑似マッチングやマッチング不可能になることがある。

【0005】

本発明の目的は、入力信号に幾何学的変化があっても正確に合致位置を特定できるテンプレートマッチング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1に記載のテンプレートマッチング装置は、複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成する第1の作成手段と、前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された前記部分信号の強度のヒストグラムを各色成分ごとに作成する第2の作成手段と、前記テンプレート信号の各色成分の前記ヒストグラムと前記部分信号の各色成分の前記ヒストグラムとに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えたものである。

【0007】

請求項2に記載のテンプレートマッチング装置は、複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の強度の慣性モーメントを各色成分ごとに算出する第1の算出手段と、前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された前記部分信号の強度の慣性モーメントを各色成分ごとに算出する第2の算出手段と、前記テンプレート信号の各色成分の前記慣性モーメントと前記部分信号の各色成分の前記慣性モーメントとに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、

前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えたものである。

【0008】

請求項3に記載のテンプレートマッチング装置は、既知のテンプレート信号の予め定めた第1範囲と第2範囲との各々における平均強度の差を算出する第1の算出手段と、入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された前記部分信号の前記第1範囲と前記第2範囲との各々における平均強度の差を算出する第2の算出手段と、前記テンプレート信号の前記平均強度の差と前記部分信号の前記平均強度の差とに基づいて、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えたものである。

10

【0009】

請求項4に記載のテンプレートマッチング装置は、複数の色成分を含む既知のテンプレート信号の予め定めた第1範囲と第2範囲との各々における平均強度の差を各色成分ごとに算出する第1の算出手段と、前記複数の色成分を含む入力信号の中の異なる複数の位置から演算用の部分信号を抽出する抽出手段と、前記抽出手段により抽出された前記部分信号の前記第1範囲と前記第2範囲との各々における平均強度の差を各色成分ごとに算出する第2の算出手段と、前記テンプレート信号の各色成分の前記平均強度の差と前記部分信号の各色成分の前記平均強度の差とに基づいて、同じ色成分どうしを比較することにより、前記テンプレート信号と前記部分信号との類似度を求める演算手段と、前記入力信号の各位置で求められた前記類似度を大小比較することにより、前記入力信号の中の前記テンプレート信号との合致位置を特定する特定手段とを備えたものである。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、入力信号に幾何学的変化があっても正確に合致位置を特定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

30

(第1実施形態)

ここでは、第1実施形態のテンプレートマッチング装置および方法について、図1に示す観察装置10を例に説明する。観察装置10には、ステージ11と光学系12とカメラ13と画像処理部14とが設けられる。ステージ11は、試料10Aを支持する。光学系12は、試料10Aの局所領域の光像を形成する。カメラ13は、不図示の撮像素子により試料10Aの光像を撮像し、撮像信号を画像処理部14に出力する。

【0012】

画像処理部14は、カメラ13から撮像信号を取り込むと、これを所定ビット(例えば8ビット)のデジタル画像に変換し、入力画像として不図示のメモリに記憶させる。そして、入力画像に対して後述のテンプレートマッチングを行う。試料10Aは、例えば、半導体ウエハや液晶基板、プリント基板、生物標本(例えば細胞)などである。観察装置10を用いて、試料10Aの観察や検査や位置合わせなどが行われる。

40

【0013】

次に、画像処理部14におけるテンプレートマッチングについて説明する。テンプレートマッチングは、例えば図2に示す入力画像21の中から既知のテンプレート画像22に合致する部分画像(ターゲット23)を探索して、ターゲット23の位置(以下「合致位置(X_1, Y_1)」という)を特定する処理である。第1実施形態のテンプレートマッチングは、図3に示すフローチャートの手順(ステップS1~S11)にしたがって行われる。

【0014】

図3の処理では、入力画像21の中から抽出した演算用の部分画像24とテンプレート

50

画像 2 2 とのマッチング演算 (S 4 ~ S 7) が、部分画像 2 4 の抽出位置 (X₂, Y₂) を少しずつ移動させながら、繰り返し行われる。マッチング演算 (S 4 ~ S 7) は、後述の濃度ヒストグラムに基づいて、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度を求める演算である。類似度は、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との「類似性に関する指標」の 1 つであり、「類似性に関する正確な指標」である。

【 0 0 1 5 】

また、図 3 の処理では、入力画像 2 1 と演算用の部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 が、各々、3 つの色成分 (つまり加色の三原色または光の三原色と呼ばれる R G B 成分) を含むとする。R G B 成分を含む画像 (2 1, 2 4, 2 2) はカラー画像である。なお、入力画像 2 1 は、「画像情報を含む入力信号」に対応する。テンプレート画像 2 2 は、「画像情報を含むテンプレート信号」に対応する。演算用の部分画像 2 4 は、「画像情報を含む演算用の部分信号」に対応する。

10

【 0 0 1 6 】

図 3 の処理 (S 1 ~ S 1 1) について順に説明する。

ステップ S 1 において、画像処理部 1 4 は、テンプレート画像 2 2 の全体から R G B 成分の濃度ヒストグラム H₂₂ を各色成分ごとに作成する (図 4 (a) 参照)。濃度ヒストグラム H₂₂ の作成は、テンプレート画像 2 2 の全画素の濃度値を調べ、各濃度値ごとに画素数を計数することにより行われる。テンプレート画像 2 2 が 8 ビットの場合、画素の濃度値は 2 5 6 段階 (0 ~ 2 5 5) となる。濃度ヒストグラム H₂₂ は、テンプレート画像 2 2 の中に各濃度値の画素が現れる頻度 (画素数) を表した濃度のヒストグラム (度数分布) である。濃度ヒストグラム H₂₂ の横軸は濃度値、縦軸は画素数である。

20

【 0 0 1 7 】

次に (ステップ S 2)、画像処理部 1 4 は、入力画像 2 1 の中から演算用の部分画像 2 4 を抽出する。演算用の部分画像 2 4 は、テンプレート画像 2 2 と縦横各々同じ大きさ (画素数) の矩形形状である。演算用の部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 は、共に、入力画像 2 1 より小さい (画素数が少ない)。

次に (ステップ S 3)、画像処理部 1 4 は、ステップ S 2 で抽出した演算用の部分画像 2 4 の全体から R G B 成分の濃度ヒストグラム H₂₄ を各色成分ごとに作成する (図 4 (b) 参照)。この濃度ヒストグラム H₂₄ の作成も、上記したテンプレート画像 2 2 の濃度ヒストグラム H₂₂ と同様にして行われる。濃度ヒストグラム H₂₄ も、横軸は濃度値、縦軸は画素数である。

30

【 0 0 1 8 】

次に (ステップ S 4)、画像処理部 1 4 は、部分画像 2 4 の R 成分の濃度ヒストグラム H₂₄ (図 4 (b) 参照) と、テンプレート画像 2 2 の R 成分の濃度ヒストグラム H₂₂ (図 4 (a) 参照) とを比較し、2 つの R 成分の濃度ヒストグラム H₂₄, H₂₂ の重なり部分 (図 5 の斜線部分) の画素数を集計する。この重なり部分 (図 5 の斜線部分) の総画素数 K_R は、R 成分の濃度ヒストグラム H₂₄, H₂₂ の類似性に関する指標である。重なり部分 (図 5 の斜線部分) とは、2 つの濃度ヒストグラム H₂₄, H₂₂ の同じ濃度値どうしで画素数を比較したときの小さい方の画素数に相当する。

【 0 0 1 9 】

同様に、ステップ S 5 では、部分画像 2 4 の G 成分の濃度ヒストグラム H₂₄ と、テンプレート画像 2 2 の G 成分の濃度ヒストグラム H₂₂ とを比較し、2 つの G 成分の濃度ヒストグラム H₂₄, H₂₂ の重なり部分の画素数を集計する (総画素数 K_G)。さらに、ステップ S 6 では、部分画像 2 4 の B 成分の濃度ヒストグラム H₂₄ と、テンプレート画像 2 2 の B 成分の濃度ヒストグラム H₂₂ とを比較し、2 つの B 成分の濃度ヒストグラム H₂₄, H₂₂ の重なり部分の画素数を集計する (総画素数 K_B)。

40

【 0 0 2 0 】

次に (ステップ S 7)、画像処理部 1 4 は、上記ステップ S 4 の集計結果 (R 成分の重なり部分の総画素数 K_R) と、ステップ S 5 の集計結果 (G 成分の重なり部分の総画素数 K_G) と、ステップ S 6 の集計結果 (B 成分の重なり部分の総画素数 K_B) との和を求め、

50

その値を「部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度」とする。

ステップ S 7 で求めた類似度 ($= K_R + K_G + K_B$) は、傾向として、その値が大きいほど、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似性が高く、部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) が合致位置 (X_1, Y_1) に近いことを表す。

【 0 0 2 1 】

上記のマッチング演算 (S 4 ~ S 7) が終了すると、画像処理部 1 4 は、次のステップ S 8 において、マッチング演算の結果である類似度 ($= K_R + K_G + K_B$) を、部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) と対応づけてメモリに保存する。これらのステップ S 2 ~ S 8 の処理を経て、入力画像 2 1 の中の 1 つの抽出位置 (X_2, Y_2) に対する処理が終わる。そして、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を次の位置へ移動させる場合には (ステップ S 9 が Yes)、ステップ S 10 の処理に進む。

10

【 0 0 2 2 】

ステップ S 10 の処理は、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) の移動処理である。画像処理部 1 4 は、部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を現在の位置から次の位置へ移動させる。その後、ステップ S 2 の処理に戻り、新たな抽出位置 (X_2, Y_2) において、演算用の部分画像 2 4 の抽出 (S 2) RGB 成分の濃度ヒストグラムの作成 (S 3) マッチング演算 (S 4 ~ S 7) 結果保存 (S 8) を繰り返す。

【 0 0 2 3 】

このようにして、ステップ S 2 ... S 10 S 2 ... の処理を繰り返すことにより、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を少しずつ移動させながら、各々の位置で部分画像 2 4 を順に抽出し、部分画像 2 4 を抽出する毎に、RGB 成分の濃度ヒストグラム H_{24}, H_{22} に基づいてマッチング演算 (S 4 ~ S 7) を行うことができる。

20

そして、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) が終点に到達し、そこでのステップ S 2 ~ S 8 の処理が終了すると、画像処理部 1 4 は、次の位置への移動を行わずに (S 9 が No)、ステップ S 11 の処理に進む。ステップ S 11 では、入力画像 2 1 の中の異なる複数の位置で求められた類似度 ($= K_R + K_G + K_B$) を大小比較することにより、その値が最も大きく、テンプレート画像 2 2 との類似性が最も高い部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を合致位置 (X_1, Y_1) と特定する。以上で入力画像 2 1 に対するテンプレートマッチングの処理は終了となる。

【 0 0 2 4 】

上記のように、第 1 実施形態のテンプレートマッチングでは、RGB 成分の濃度ヒストグラム H_{24}, H_{22} に基づいて、同じ色成分どうしを比較することによりマッチング演算 (S 4 ~ S 7) を行い、その結果である類似度 ($= K_R + K_G + K_B$) を大小比較する。RGB 成分の濃度ヒストグラム H_{22} は、テンプレート画像 2 2 の RGB 成分それぞれの特徴量であり、RGB 成分の濃度ヒストグラム H_{24} は、演算用の部分画像 2 4 の RGB 成分それぞれの特徴量である。このように、特徴量が画素の位置に依存しない量として求められるので、入力画像 2 1 に幾何学的変化 (回転や縮尺の変化など) があっても、正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定することができる。

30

【 0 0 2 5 】

また、演算用の部分画像 2 4 の濃度範囲とテンプレート画像 2 2 の濃度範囲とを一致させることにより (正規化処理)、入力画像 2 1 のコントラストの変化やノイズにも対応でき、正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定することができる。

40

さらに、第 1 実施形態のテンプレートマッチングでは、各々の画像 (2 1, 2 4, 2 2) に含まれる全ての色成分 (つまり RGB 成分) を用いてマッチング演算 (S 4 ~ S 7) を行う。このため、多くの情報量を確保でき、より正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定できる。

【 0 0 2 6 】

なお、上記した第 1 実施形態では、図 3 のステップ S 7 において、ステップ S 4 ~ S 6 の集計結果の和 ($= K_R + K_G + K_B$) を求め、その値を「部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度」としたが、本発明はこれに限定されない。ステップ S 4 ~ S 6 の集計結果の平均値 ($= [K_R + K_G + K_B] / 3$) を求め、その値を「部分画像 2 4 とテンプレート

50

画像 2 2 との類似度」としてもよい。平均値 $(= [K_R + K_G + K_B] / 3)$ の場合でも、その値が大きいほど、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似性が高く、部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) が合致位置 (X_1, Y_1) に近いことを表す。

【 0 0 2 7 】

また、上記した第 1 実施形態では、図 3 のステップ S 4 ~ S 6 において、図 5 に示すような濃度ヒストグラム H_{24}, H_{22} の重なり部分 (斜線部分) の画素数を集計したが、本発明はこれに限定されない。その他、濃度ヒストグラム H_{24}, H_{22} の差分の絶対値 (図 6 の斜線部分) の画素数を集計してもよい。この場合、ステップ S 4 ~ S 6 の R G B 成分の集計結果 (濃度ヒストグラム H_{24}, H_{22} の差分の絶対値の総画素数 K_R', K_G', K_B') の和または平均値は、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度に相当し、その値が小さいほど、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似性が高く、抽出位置 (X_2, Y_2) が合致位置 (X_1, Y_1) に近いことを表す。

10

【 0 0 2 8 】

さらに、上記した第 1 実施形態では、3 つの色成分 (つまり R G B 成分) を含む画像 (2 1, 2 4, 2 2) の例で説明したが、本発明はこれに限定されない。色成分の数が 2 つであっても 4 つ以上であっても本発明を適用できる。つまり複数の色成分を含む場合に本発明を適用できる。

(第 2 実施形態)

ここでは、演算用の部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 とのマッチング演算を、後述の濃度慣性モーメントに基づいて行う場合を説明する。第 2 実施形態のテンプレートマッチングは、図 3 のステップ S 1, S 3 において“濃度ヒストグラム”の代わりに“濃度慣性モーメント”を算出し、図 3 のステップ S 4 ~ S 7 に代えて図 7 のステップ S 2 1 ~ S 2 4 の処理を実行するものである。第 2 実施形態でも、R G B 成分を含む画像 (2 1, 2 4, 2 2) を例に説明する。

20

【 0 0 2 9 】

まず (図 3 の S 1 のタイミングで)、画像処理部 1 4 は、テンプレート画像 2 2 の全体から R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{22} を各色成分ごとに算出する。例えば、R 成分の濃度慣性モーメント M_{22} は、テンプレート画像 2 2 の R 成分 (図 8) の位置 (x, y) における濃度値 A_i を用い、次の式 (1) により算出される。濃度値 A_i の“i”は、テンプレート画像 2 2 の中での画素番号である。

30

【 0 0 3 0 】

$$M_{22} = (x_i^2 + y_i^2) A_i \dots (1)$$

式 (1) の濃度慣性モーメント M_{22} は、原点 (画像中心) まわりの濃度の慣性モーメントであり、X 軸まわりの濃度の慣性モーメント ($M_x = x_i^2 A_i$) と、Y 軸まわりの濃度の慣性モーメント ($M_y = y_i^2 A_i$) との和に相当する。R 成分の他、G 成分、B 成分の濃度慣性モーメント M_{22} は、各々、テンプレート画像 2 2 の G 成分、B 成分の全体から、上記の式 (1) と同様の式により算出される。

【 0 0 3 1 】

また、画像処理部 1 4 は、入力画像 2 1 の中から演算用の部分画像 2 4 を抽出すると、図 3 の S 3 のタイミングで、演算用の部分画像 2 4 の全体から R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} を各色成分ごとに算出する。例えば、R 成分の濃度慣性モーメント M_{24} の算出は、部分画像 2 4 の R 成分の全体から上記した式 (1) と同様の式により行われる。G 成分、B 成分も同様である。

40

【 0 0 3 2 】

そして次に (図 7 のステップ S 2 1)、画像処理部 1 4 は、部分画像 2 4 の R 成分の濃度慣性モーメント M_{24} と、テンプレート画像 2 2 の R 成分の濃度慣性モーメント M_{22} とを比較し、2 つの R 成分の濃度慣性モーメント M_{24}, M_{22} の差分の絶対値を出力する。この場合の出力値 O_R は、R 成分の濃度慣性モーメント M_{24}, M_{22} の類似性に関する指標である。

【 0 0 3 3 】

50

同様に、ステップ S 2 2 では、部分画像 2 4 の G 成分の濃度慣性モーメント M_{24} と、テンプレート画像 2 2 の G 成分の濃度慣性モーメント M_{22} とを比較し、2 つの G 成分の濃度慣性モーメント M_{24} , M_{22} の差分の絶対値を出力する（出力値 O_G ）。さらに、ステップ S 2 3 では、部分画像 2 4 の B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} と、テンプレート画像 2 2 の B 成分の濃度慣性モーメント M_{22} とを比較し、2 つの B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} , M_{22} の差分の絶対値を出力する（出力値 O_B ）。

【0034】

次に（ステップ S 2 4）、画像処理部 1 4 は、上記したステップ S 2 1 の R 成分の出力値 O_R と、ステップ S 2 2 の G 成分の出力値 O_G と、ステップ S 2 3 の B 成分の出力値 O_B との和を求め、その値を「部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度」とする。

10

ステップ S 2 4 で求めた類似度（ $= O_R + O_G + O_B$ ）は、傾向として、その値が小さいほど、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似性が高く、部分画像 2 4 の抽出位置（ X_2, Y_2 ）が合致位置（ X_1, Y_1 ）に近いことを表す。

【0035】

第 2 実施形態のテンプレートマッチングによれば、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置（ X_2, Y_2 ）を少しずつ移動させながら、各々の位置で部分画像 2 4 を順に抽出し、部分画像 2 4 を抽出する毎に、R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} , M_{22} に基づいてマッチング演算（S 2 1 ~ S 2 4）を行うことができる。そして、入力画像 2 1 の中の異なる複数の位置で求められた類似度（ $= O_R + O_G + O_B$ ）を大小比較することにより、その値が最も小さく、テンプレート画像 2 2 との類似性が最も高い部分画像 2 4 の抽出位置（ X_2, Y_2 ）を合致位置（ X_1, Y_1 ）と特定することができる。

20

【0036】

上記のように、第 2 実施形態のテンプレートマッチングでは、R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} , M_{22} に基づいて、同じ色成分どうしを比較することによりマッチング演算（S 2 1 ~ S 2 4）を行い、その結果である類似度（ $= O_R + O_G + O_B$ ）を大小比較する。R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{22} は、テンプレート画像 2 2 の R G B 成分それぞれの特徴量であり、R G B 成分の濃度慣性モーメント M_{24} は、演算用の部分画像 2 4 の R G B 成分それぞれの特徴量であり、このような特徴量を同じ色成分どうしで比較するため、入力画像 2 1 に幾何学的変化（回転や縮尺の変化など）があっても、正確に合致位置（ X_1, Y_1 ）を特定することができる。

30

【0037】

さらに、第 2 実施形態のテンプレートマッチングでは、各々の画像（2 1, 2 4, 2 2）に含まれる全ての色成分（つまり R G B 成分）を用いてマッチング演算（S 2 1 ~ S 2 4）を行う。このため、多くの情報量を確保でき、より正確に合致位置（ X_1, Y_1 ）を特定できる。

なお、上記した第 2 実施形態では、3 つの色成分（つまり R G B 成分）を含む画像（2 1, 2 4, 2 2）の例で説明したが、本発明はこれに限定されない。色成分の数が 2 つであっても 4 つ以上であっても本発明を適用できる。つまり複数の色成分を含む場合に本発明を適用できる。

（第 3 実施形態）

40

ここでは、演算用の部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 とのマッチング演算を、後述の領域濃度差に基づいて行う場合を説明する。第 3 実施形態のテンプレートマッチングは、図 3 のステップ S 1, S 3 において“濃度ヒストグラム”の代わりに“領域濃度差”を算出し、図 7 のステップ S 2 1 ~ S 2 4 において“濃度慣性モーメント”の代わりに“領域濃度差”を用いるものである。第 3 実施形態でも、R G B 成分を含む画像（2 1, 2 4, 2 2）を例に説明する。

【0038】

まず（図 3 の S 1 のタイミングで）、画像処理部 1 4 は、テンプレート画像 2 2 の全体から R G B 成分の領域濃度差 D_{22} を各色成分ごとに算出する。例えば、R 成分の領域濃度差 D_{22} は、テンプレート画像 2 2 の R 成分（図 9）の予め定めた中央領域 2 A と周辺領域

50

2 B との各々における平均濃度の差により算出される (式 (2))。なお、中央領域 2 A と周辺領域 2 B は、請求項の「第 1 範囲」と「第 2 範囲」に対応する。

【0039】

$$D_{22} = (\text{中央領域 2 A の平均濃度}) - (\text{周辺領域 2 B の平均濃度}) \dots (2)$$

式 (2) の領域濃度差 D_{22} は、周辺領域 2 B に対する中央領域 2 A の平均的な濃度差を表している。このため、例えば図 10 (a) に示すように、テンプレート画像 2 2 の R 成分が、暗い背景 (濃度値が最小) の中央に明るい点 (濃度値が最大) を含むような場合、濃度値を 256 段階 (0 ~ 255) とすると、中央領域 2 A は大きな平均濃度 (例えば 205)、周辺領域 2 B は小さな平均濃度 (例えば 21) となり、式 (2) の領域濃度差 D_{22} は大きなプラスの値 (例えば 184) となる。逆に中央領域 2 A が暗く周辺領域 2 B が明るい場合、領域濃度差 D_{22} はマイナスの値になる。

10

【0040】

また、例えば図 10 (b) に示すように、テンプレート画像 2 2 の R 成分が、暗い背景 (濃度値が最小) の中に分散して多数の明るい点 (濃度値が最大) を含むような場合、中央領域 2 A は中間的な平均濃度 (例えば 123)、周辺領域 2 B も中間的な平均濃度 (例えば 108) となり、式 (2) の領域濃度差 D_{22} は小さな値 (例えば 15) となる。

また、画像処理部 1 4 は、入力画像 2 1 の中から演算用の部分画像 2 4 を抽出すると、図 3 の S 3 のタイミングで、演算用の部分画像 2 4 の全体から R G B 成分の領域濃度差 D_{24} を各色成分ごとに算出する。例えば、R 成分の領域濃度差 D_{24} の算出は、部分画像 2 4 の R 成分の全体から、テンプレート画像 2 2 と同じ中央領域 2 A、周辺領域 2 B (図 9) を用い、上記した式 (2) と同様の式により行われる。G 成分、B 成分も同様である。

20

【0041】

そして次に (図 7 のステップ S 2 1 のタイミングで)、画像処理部 1 4 は、部分画像 2 4 の R 成分の領域濃度差 D_{24} と、テンプレート画像 2 2 の R 成分の領域濃度差 D_{22} (図 10 (a) の場合は 184) (図 10 (b) の場合は 15) とを比較し、2 つの R 成分の領域濃度差 D_{24} 、 D_{22} の差分の絶対値を出力する。この出力値 P_R は、R 成分の領域濃度差 D_{24} 、 D_{22} の類似性に関する指標である。

【0042】

同様に (図 7 のステップ S 2 2 のタイミングで)、部分画像 2 4 の G 成分の領域濃度差 D_{24} と、テンプレート画像 2 2 の G 成分の領域濃度差 D_{22} とを比較し、2 つの G 成分の領域濃度差 D_{24} 、 D_{22} の差分の絶対値を出力する (出力値 P_G)。さらに (ステップ S 2 3 のタイミングで)、部分画像 2 4 の B 成分の領域濃度差 D_{24} と、テンプレート画像 2 2 の B 成分の領域濃度差 D_{22} とを比較し、2 つの B 成分の領域濃度差 D_{24} 、 D_{22} の差分の絶対値を出力する (出力値 P_B)。

30

【0043】

次に (ステップ S 2 4 のタイミングで)、画像処理部 1 4 は、上記した R 成分の出力値 P_R と、G 成分の出力値 P_G と、B 成分の出力値 P_B との和を求め、その値を「部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似度」とする。この類似度 ($= P_R + P_G + P_B$) は、傾向として、その値が大きいほど、部分画像 2 4 とテンプレート画像 2 2 との類似性が高く、部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) が合致位置 (X_1, Y_1) に近いことを表す。

40

【0044】

第 3 実施形態のテンプレートマッチングによれば、演算用の部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を少しずつ移動させながら、各々の位置で部分画像 2 4 を順に抽出し、部分画像 2 4 を抽出する毎に、R G B 成分の領域濃度差 D_{24} 、 D_{22} に基づいてマッチング演算を行うことができる。そして、入力画像 2 1 の中の異なる複数の位置で求められた類似度 ($= P_R + P_G + P_B$) を大小比較することにより、その値が最も大きく、テンプレート画像 2 2 との類似性が最も高い部分画像 2 4 の抽出位置 (X_2, Y_2) を合致位置 (X_1, Y_1) と特定することができる。

【0045】

上記のように、第 3 実施形態のテンプレートマッチングでは、R G B 成分の領域濃度差

50

D_{24} , D_{22} に基づいて、同じ色成分どうしを比較することによりマッチング演算 ($S_{21} \sim S_{24}$) を行い、その結果である類似度 ($= P_R + P_G + P_B$) を大小比較する。RGB成分の領域濃度差 D_{22} は、テンプレート画像 22 の RGB 成分それぞれの特徴量であり、RGB 成分の領域濃度差 D_{24} は、演算用の部分画像 24 の RGB 成分それぞれの特徴量である。このように、特徴量が画素の位置に依存しない量として求められるので、入力画像 21 に幾何学的変化 (回転や縮尺の変化など) があっても、正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定することができる。

【0046】

また、演算用の部分画像 24 の濃度範囲とテンプレート画像 22 の濃度範囲とを一致させることにより (正規化処理)、入力画像 21 のコントラストの変化やノイズにも対応でき、正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定することができる。

10

さらに、第3実施形態のテンプレートマッチングでは、各々の画像 (21, 24, 22) に含まれる全ての色成分 (つまり RGB 成分) を用いてマッチング演算 ($S_{21} \sim S_{24}$) を行う。このため、多くの情報量を確保でき、より正確に合致位置 (X_1, Y_1) を特定できる。

【0047】

なお、上記した第3実施形態では、3つの色成分 (つまり RGB 成分) を含む画像 (21, 24, 22) の例で説明したが、本発明はこれに限定されない。色成分の数が2つであっても4つ以上であっても本発明を適用できる。つまり複数の色成分を含む場合に本発明を適用できる。

20

また、画像 (21, 24, 22) が複数の色成分を含まない場合、つまり単色の濃淡画像である場合にも、本発明を適用できる。この場合、部分画像 24 の1つの領域濃度差 D_{24} と、テンプレート画像 22 の1つの領域濃度差 D_{22} とを比較し、領域濃度差 D_{24} , D_{22} のうち小さい方の値、または、領域濃度差 D_{24} , D_{22} の差分の絶対値を「部分画像 24 とテンプレート画像 22 との類似度」とすればよい。

【0048】

さらに、上記した第3実施形態では、領域濃度差 D_{24} , D_{22} を算出するための領域として図9に示す中央領域 2A と周辺領域 2B とを予め定めたが、本発明はこれに限定されない。領域の設定が、例えば左側領域と右側領域のように、上記とは異なる位置や形状の場合でも、同様の効果を得ることができる。

30

(変形例)

なお、上記した実施形態では、濃度ヒストグラム H_{24} , H_{22} に基づくマッチング演算の例と、濃度慣性モーメント M_{24} , M_{22} に基づくマッチング演算の例と、領域濃度差 D_{24} , D_{22} に基づくマッチング演算の例をそれぞれ説明したが、本発明はこれに限定されない。任意の2種類を組み合わせるマッチング演算を行う場合にも、本発明を適用できる。あるいは相互相関や最小残差と濃度ヒストグラムなどを組み合わせてもよい。

【0049】

また、上記した実施形態では、演算用の部分画像 24 とテンプレート画像 22 の形状が矩形状である例を説明したが、本発明はこれに限定されない。部分画像 24 とテンプレート画像 22 は、矩形状である必要はない。他の形状でも本質的な処理は同じである。

40

さらに、上記した実施形態では、図1の観察装置 10 のような光学顕微鏡装置を例にテンプレートマッチングの説明を行ったが、本発明はこれに限定されない。その他、試料の局所領域を電子線で走査して画像を取り込む電子顕微鏡装置にも、本発明を適用できる。試料の局所領域の画像に限らず、試料の全面の画像を一括で取り込む装置にも、本発明を適用できる。観察装置 10 などに接続された外部のコンピュータを用いた場合でも、同様の効果を得ることができる。

【0050】

また、上記した実施形態では、図1の観察装置 10 のカメラ 13 から取り込んだ入力画像 (画像情報を含む二次元の入力信号) に対してテンプレートマッチングを行う例について説明したが、本発明はこれに限定されない。その他、音声情報を含む一次元の入力信号

50

(入力音声)に対してテンプレートマッチングを行う場合(信号処理)にも、本発明を適用できる。一次元の入力信号を対象とする場合、上述の「画像の濃度」を「信号の強度」に置き換えて考えればよい。「平均濃度」は「平均強度」に対応する。一次元の入力信号の場合には、入力信号に幾何学的変化(縮尺の変化など)があっても正確に合致位置を特定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】観察装置10の概略図である。

【図2】入力画像21,テンプレート画像22,ターゲット23,演算用の部分画像24を説明する図である。

10

【図3】第1実施形態のテンプレートマッチングの処理手順を示すフローチャートである。

【図4】テンプレート画像22のRGB成分の濃度ヒストグラム H_{22} を説明する図である。

【図5】RGB成分の濃度ヒストグラム H_{24} , H_{22} の重なり部分に基づくマッチング演算について説明する図である。

【図6】RGB成分の濃度ヒストグラム H_{24} , H_{22} の差分に基づくマッチング演算について説明する図である。

【図7】第2実施形態のテンプレートマッチングにおける処理手順の一部を示すフローチャートである。

20

【図8】R成分の濃度慣性モーメント M_{22} について説明する図である。

【図9】第3実施形態において領域濃度差 D_{24} , D_{22} を算出するための領域について説明する図である。

【図10】テンプレート画像22のR成分の一例について説明する図である。

【符号の説明】

【0052】

10 観察装置

11 ステージ

12 光学系

13 カメラ

14 画像処理部

21 入力画像

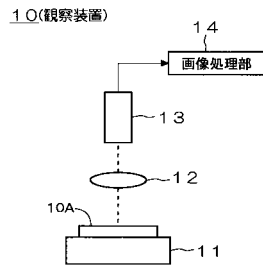
22 テンプレート画像

23 ターゲット

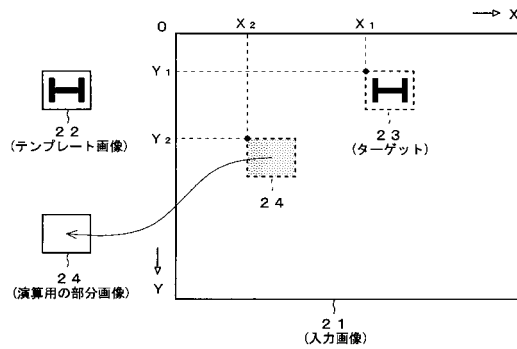
24 演算用の部分画像

30

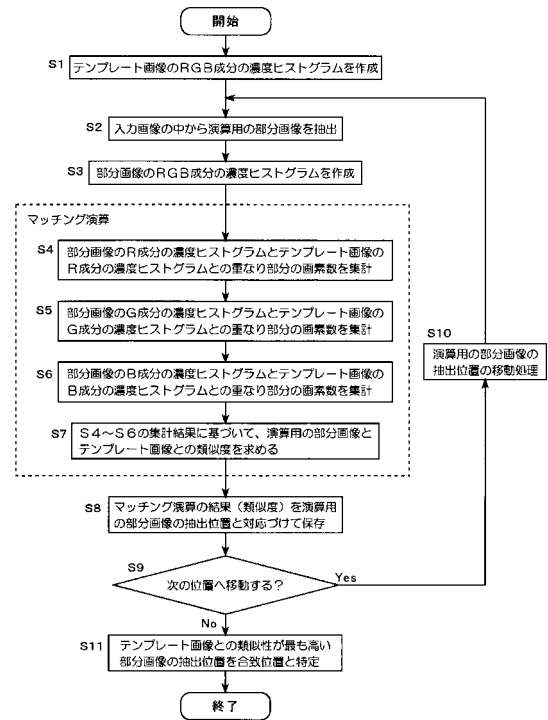
【図 1】



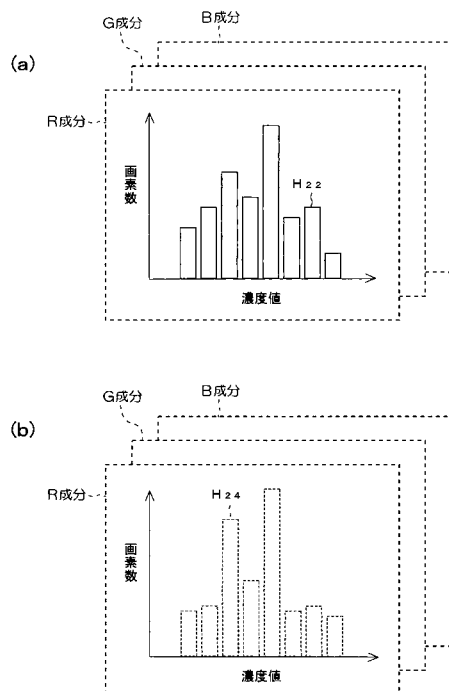
【図 2】



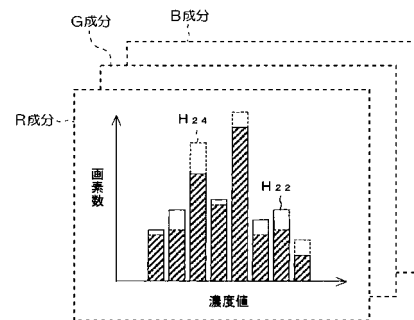
【図 3】



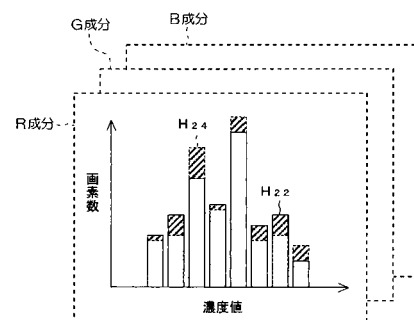
【図 4】



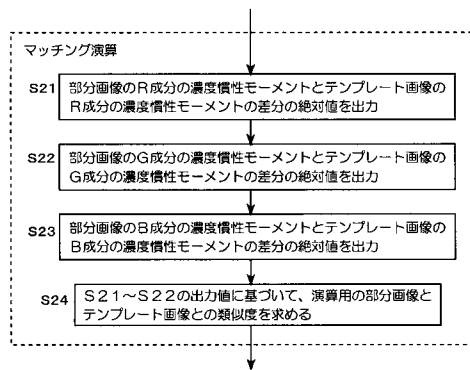
【図 5】



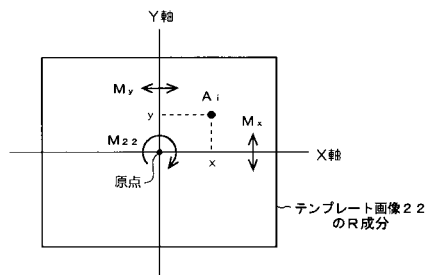
【図 6】



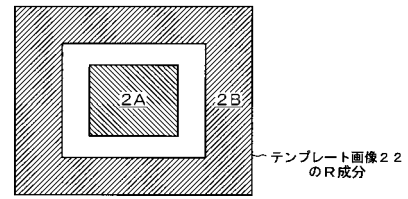
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

