

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6115214号  
(P6115214)

(45) 発行日 平成29年4月19日(2017.4.19)

(24) 登録日 平成29年3月31日(2017.3.31)

(51) Int.Cl.

G 0 6 T 7/13 (2017.01)

F 1

G 0 6 T 7/60 2 5 0 B

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-54193 (P2013-54193)  
 (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)  
 (65) 公開番号 特開2014-197243 (P2014-197243A)  
 (43) 公開日 平成26年10月16日 (2014.10.16)  
 審査請求日 平成28年1月15日 (2016.1.15)  
 (31) 優先権主張番号 特願2012-116992 (P2012-116992)  
 (32) 優先日 平成24年5月22日 (2012.5.22)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2013-43522 (P2013-43522)  
 (32) 優先日 平成25年3月5日 (2013.3.5)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006747  
 株式会社リコー  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (72) 発明者 内山 幸央  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 (72) 発明者 長谷川 史裕  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 審査官 真木 健彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パターン処理装置、パターン処理方法、パターン処理プログラム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

パターン要素が配置された入力画像データからエッジ画素を抽出する抽出部と、  
 抽出された前記エッジ画素のうち、前記エッジ強度が第3閾値未満の画素を除去するとともに、前記エッジ画素のエッジ強度が勾配方向に沿って隣接する画素のうちで最大か否かを判定し、最大でない前記エッジ画素を除外するエッジ除外部と、

前記エッジ除外部における処理後の前記エッジ画素の近傍領域に含まれる近傍画素の輝度と第1閾値の比較結果に応じて、前記近傍画素の種類を判定するための評価値を求める評価部と、

前記評価値を、第2閾値と比較することにより、前記近傍画素の種類を判定する判定部と、

を備えることを特徴とするパターン処理装置。

## 【請求項 2】

前景画素であると判定された画素のうち、隣接する前記画素同士を連結し、連結成分として抽出する抽出部を更に有する、

ことを特徴とする請求項1に記載のパターン処理装置。

## 【請求項 3】

前記評価部は、前記エッジ画素を基点に前記パターン要素の予め設定されたサイズを用いて算出された範囲を、前記近傍領域として設定する

ことを特徴とする請求項1または2に記載のパターン処理装置。

## 【請求項 4】

前記評価部は、前記エッジ画素、及びエッジ強度の勾配方向において前記エッジ画素と隣接する画素のそれぞれの画素値の中間値を前記第1閾値として算出することを特徴とする請求項1または2に記載のパターン処理装置。

## 【請求項 5】

前記抽出部は、前記連結成分の重心の座標を算出し、前記重心の座標を前記パターン要素の代表座標として設定するパターン変換部を更に備えることを特徴とする請求項2に記載のパターン処理装置。

## 【請求項 6】

前記抽出部は、前記入力画像データにおける前記パターン要素の画素の輝度を0(黒)～255(白)の範囲で持つ、グレースケール画像に変換したあとに、画素ごとのエッジ強度を算出して、エッジ画素を抽出する

ことを特徴とする請求項2に記載のパターン処理装置。

## 【請求項 7】

パターン要素が配置された入力画像データからエッジ画素を抽出する抽出ステップと、抽出された前記エッジ画素のうち、前記エッジ強度が第3閾値未満の画素を除去するとともに、前記エッジ画素のエッジ強度が前記勾配方向に沿って隣接する画素のうちで最大か否かを判定し、最大でない前記エッジ画素を除外するエッジ除外ステップと、

前記エッジ除外ステップにおける処理後の前記エッジ画素の近傍領域に含まれる近傍画素の輝度と第1閾値の比較結果に応じて、前記近傍画素の種類を判定するための評価値を求める評価ステップと、

前記評価値を、第2閾値と比較することにより、前記近傍画素の種類を判定する判定ステップと、

を含むことを特徴とするパターン処理方法。

## 【請求項 8】

前景画素であると判定された画素のうち、隣接する前記画素同士を連結し、連結成分として抽出する抽出ステップを更に含む、

ことを特徴とする請求項7に記載のパターン処理方法。

## 【請求項 9】

前記評価ステップにおいて、前記エッジ画素を基点に前記パターン要素の予め設定されたサイズを用いて算出された範囲を、前記近傍領域として設定する

ことを特徴とする請求項7または8に記載のパターン処理方法。

## 【請求項 10】

コンピュータに、

パターン要素が配置された入力画像データからエッジ画素を抽出する抽出ステップと、抽出された前記エッジ画素のうち、前記エッジ強度が第3閾値未満の画素を除去するとともに、前記エッジ画素のエッジ強度が前記勾配方向に沿って隣接する画素のうちで最大か否かを判定し、最大でない前記エッジ画素を除外するエッジ除外ステップと、

前記エッジ除外ステップにおける処理後の前記エッジ画素の近傍領域に含まれる近傍画素の輝度と第1閾値の比較結果に応じて、前記近傍画素の種類を判定するための評価値を求める評価ステップと、

前記評価値を、第2閾値と比較することにより、前記近傍画素の種類を判定する判定ステップと、

を実行させるためのパターン処理プログラム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、パターン処理装置、パターン処理方法、パターン処理プログラムに関する。

## 【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【0002】

通常、プロジェクタからスクリーンへ投影される画像には、プロジェクタとスクリーンの相対的な位置関係により台形歪みが生じる。また、投影されるスクリーンの局所的な凹凸やねじれによる非線形歪みが見られる場合もある。

## 【0003】

こうした歪みを補正するために、特許文献1においては、特定の図形配列からなる校正用のパターン画像を投影したスクリーンをデジタルカメラ等で撮像し、図形配列にもとづいて撮像画像上で抽出される特徴点の理想的な位置と実際の抽出位置とのずれから歪みの程度を算出し、算出された歪みを解消するように補正された画像をプロジェクタから投影する技術を開示している。

10

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

校正用画像の投影・撮像にかかる作業は出来る限り、手間や時間をかけないで行えるようになることが望ましい。しかしながら、特許文献1では撮像画像を一律の固定閾値で二値化するため、室内照明やスクリーン面の状態に由来する局所的な照明ムラがあると適切な二値化結果を得ることができず、特徴点の抽出に失敗する場合がある。そこで校正作業の間だけ室内を消灯したり、成功するまで撮像を繰り返したりすると手間や時間がかかってしまうこととなる。

## 【0005】

20

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、少ない手間で歪みの校正を行うことができ、投影時のムラがあっても特徴点の抽出を高い精度で行うことができるパターン処理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】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、パターン要素が配置された入力画像データからエッジ画素を抽出する抽出部と、抽出された前記エッジ画素のうち、前記エッジ強度が第3閾値未満の画素を除去するとともに、前記エッジ画素のエッジ強度が勾配方向に沿って隣接する画素のうちで最大か否かを判定し、最大でない前記エッジ画素を除外するエッジ除外部と、前記エッジ除外部における処理後の前記エッジ画素の近傍領域に含まれる近傍画素の輝度と第1閾値の比較結果に応じて、前記近傍画素の種類を判定するための評価値を求める評価部と、前記評価値を、第2閾値と比較することにより、前記近傍画素の種類を判定する判定部と、を備えることを特徴とする。

30

## 【発明の効果】

## 【0007】

本発明によれば、少ない手間で歪みの校正を行うことができ、投影時のムラがあっても特徴点の抽出を高い精度で行うことができるという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1-1】図1-1は、第1の実施形態における投影される校正用パターン画像のデータの一例を示す図である。

40

【図1-2】図1-2は、第1の実施形態における実際に投影された校正用パターン画像の一例を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施の形態にかかるパターン処理装置の構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、第1の実施形態にかかるパターン処理の流れを示すフロー図である。

【図4】図4は、第1の実施形態にかかるSobelフィルタの一例を示す図である。

【図5】図5は、第1の実施形態にかかる輝度勾配方向と方向コードとの対応関係を示す図である。

【図6】図6は、第1の実施形態にかかるエッジ除外の処理の流れを示すフロー図である

50

。

【図7】図7は、第1の実施形態にかかる方向コードと非最大抑制閾値の対応関係を示す図である。

【図8】図8は、第1の実施形態にかかるエッジ細線化処理が実施された後の、1つのパターン要素である円周辺の画素に割り当てられた方向コードを示す図である。

【図9】図9は、第1の実施形態にかかる方向コードごとの図地分離閾値を算出する式をまとめた表である。

【図10】図10は、第1の実施形態にかかる画素が前景画素か、背景画素かを判定するための値である図地評価値を算出する処理の流れを示すフロー図である。

【図11】図11は、第1の実施形態にかかるパターン要素を構成する画素毎に図地評価値が割り当てられた状態を示した図である。

【図12】図12は、第1の実施形態にかかる画素を二値化処理した後の状態を示す図である。

【図13】図13は、第1の実施形態にかかるラベリング処理がなされた画素連結成分を示す図である。

【図14-1】図14-1は、第2の実施形態にかかる画素連結成分の形状特徴を満たさない一例を示す図である。

【図14-2】図14-2は、第2の実施形態にかかる画素連結成分の形状特徴を満たさない一例を示す図である。

【図14-3】図14-3は、第2の実施形態にかかる画素連結成分の形状特徴を満たさない一例を示す図である。

【図15】図15は、第3の実施形態にかかる画素連結成分の重心を代表座標とする場合を示す図である。

【図16】図16は、パターン処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に添付図面を参照して、パターン処理装置の実施の形態を詳細に説明する。実施形態においては、パターン処理装置をプロジェクトに具体化した例を示す。プロジェクトにより投影された校正用のパターン画像がデジタルカメラによって撮影され、撮影された画像が再度プロジェクトに入力されて、歪み補正用の校正用パターンが生成される。なお、プロジェクト自体に投影された画像を撮影する機能が付加されていてもよい。

【0010】

(第1の実施の形態)

図1-1は、壁やスクリーンなどに投影される校正用パターン画像のデータの一例を示しており、図1-2は、実際にある投影面に投影されて歪みが生じている校正用パターン画像の一例を示している。校正用パターン画像は、 $M \times N$ の黒丸によって示されるパターン要素がグリッド状に配置された画像である。この校正用パターン画像のデータが投影されると、投影面の状態により、図1-2に示されるような歪みが発生する。そこで、上述したデジタルカメラにより、図1-2に示される校正用パターン画像が撮影されて、本発明にかかるパターン処理装置に入力される。本実施形態においては、パターン処理装置はプロジェクトと一体型で構成されているが、これは別のハードに実装されていてもよい。

【0011】

図2は、第1の実施の形態にかかるパターン処理装置の構成の一例を示すブロック図である。図2に示されるように、パターン処理装置1は、入力部100、抽出部101、評価部102、二値化処理部103、連結成分生成部104、パターン変換部105、エッジ除外部106、及び記憶部120を備えている。なお、以下に示すこれらの各部位の機能は、ソフトウェアによって実現されても、電子回路などのハードウェアにより実現されていてよい。

【0012】

入力部100は、デジタルカメラなどにより撮影されたパターン画像が入力される。入

10

20

30

40

50

力されたパターン画像は、以降入力画像として、記憶部 120 の入力画像バッファ 121 に記憶される。なお、入力画像バッファ 121 に記憶される入力画像は、撮影されたデータそのものでなくともよく、サイズ変換や、色補正などの画像処理を施されたものであってもよい。また、パターンとは実施形態で説明するような黒い丸のみを指すわけではなく、その他のパターンとして利用可能であり、このパターンに限るものではない。例えば、白地に黒丸、黒地に白丸、または白地に黒い矩形や三角、星の形状（黒地に白い矩形や三角、星の形状）のように、背景と明確に異なる明るさ・色を持つ図形・画像であれば、どのようなものもパターンとして利用することが可能である。本実施形態においては、入力画像は、撮影された画像における各パターン要素の画素の輝度を 0（黒）～255（白）の範囲で持つ、グレースケール画像に変換される。以下、入力された入力画像は図 3 において示されるパターン処理を実施されて歪みを校正するための校正用のパターン画像が生成される。このように生成された校正用のパターン画像と、もともとの歪みのないパターン画像とを比較することにより、歪み補正処理のための補正值が算出される。

## 【0013】

まず、抽出部 101 は、入力画像バッファ 121 から入力画像を取得し、入力画像におけるエッジ画素、及びエッジ画素の勾配方向をそれぞれ抽出するエッジ抽出フィルタを適用する（ステップ S301）。抽出部 101 は、入力画像を構成する各画素  $P(x, y)$  ( $0 \leq x \leq M - 1, 0 \leq y \leq N - 1$ ) に対して、図 4 に示す Sobel フィルタを適用することで、以下の式 1 に基づき各画素  $P(x, y)$  と対応する輝度勾配の強さ  $E(x, y)$  と勾配方向  $(x, y)$  とを以下の式に基づき、算出する。

## 【0014】

## 【数 1】

$$E(x, y) = \text{SQRT} \{ Sx(x, y)^2 + Sy(x, y)^2 \}$$

$$\theta(x, y) = \arctan(Sy(x, y)/Sx(x, y))$$

ここで、

$$Sx(x, y) = P(x + 1, y - 1) - P(x - 1, y - 1) \\ + 2 * \{P(x + 1, y) - P(x - 1, y)\} + P(x + 1, y + 1) - P(x - 1, y + 1)$$

$$Sy(x, y) = P(x - 1, y + 1) - P(x - 1, y - 1) \\ + 2 * \{P(x, y + 1) - P(x, y - 1)\} + P(x + 1, y + 1) - P(x + 1, y - 1) \\ (\text{SQRT} \{ \ } \text{は平方根})$$

## 【0015】

続いて、抽出部 101 は、各画素ごとに算出した勾配方向 の値に基づき、図 5 を参照して、画素ごとに割り当てられる方向コードの値を決定する（図 3：ステップ S302）。図 5 における輝度勾配方向の角度は、一般的な画像処理手法にしたがい、画像の左上隅を原点とし、垂直下向きを正の y 軸方向、時計回りを正の角度とする座標系を用いる。図 5 に示されるように、 $(x, y)$  の値が 67.5 度以上、又は -67.5 度以下の場合は、方向コードとして画素に  $D(x, y) = 1$  が割り当てられる。「1」は、垂直であることを示す方向コードである。また、 $(x, y)$  の値が 22.5 度より大きく、67.5 度より小さい場合は、方向コードとして画素に  $D(x, y) = 2$  が割り当てられる。「2」は、方向が右下がりであることを示す方向コードである。 $(x, y)$  の値が -22.5 度以上であり、22.5 度以下の場合は、方向コードとして画素に  $D(x, y) = 3$  が割り当てられる。「3」は、水平であることを示す方向コードである。 $(x, y)$  の値が -67.5 度より大きく -22.5 度より小さい場合は、方向コードとして画素に  $D(x, y) = 4$  が割り当てられる。「4」は、勾配方向が右上がりであることを示す方向コードである。これらの方向コード  $D(x, y)$  は、画素  $P(x, y)$  それぞれに対応付

10

20

30

40

50

けられて、記憶部 120 のエッジ方向コードバッファ 122 に記憶される。なお、方向コードが付与されるのは、エッジ画素として抽出された画素のみであることから、エッジ画素ではない画素には方向コードとしては「0」が割り当てられる。

#### 【0016】

ついで、エッジ除外部 106 は、エッジのノイズ除去のためのエッジ細線化処理を行う（ステップ S303）。具体的な処理の流れを図 6 を用いて説明する。図 6 に示されるように、まず、エッジ除外部 106 は、ある座標（ $x, y$ ）の画素を選択し、この画素  $P(x, y)$  の輝度勾配の強さである  $E(x, y)$  が予め定められた所定の閾値  $T_1$ （第 3 閾値に相当）以下であるか否かを判定する（ステップ S101）。 $E(x, y)$  が予め定められた所定の閾値  $T_1$  以下であると判定された場合（ステップ S101：Yes）、エッジ除外部 106 は、 $P(x, y)$  の方向コードである  $D(x, y)$  を 0 とする（ステップ S102）。本実施形態においては、以降の処理で方向コードが「0」でないものをエッジとして認識して処理を行うため、方向コードを 0 とすることで、その画素がエッジとして除外されることとなる。なお、方向コードではなく、輝度勾配の強さ  $E(x, y)$  に基づいて、以降の処理を行う場合は、 $E(x, y)$  を 0 とする処理を代わりに行ってよい。

#### 【0017】

一方、 $E(x, y)$  が予め定められた所定の閾値  $T_1$  より大きいと判定された場合（ステップ S101：No）、エッジ除外部 106 は、ついで  $E(x, y)$  が所定の閾値  $T_2$ （ $x, y$ ）以下であるか否かを判定する（ステップ S103）。閾値  $T_2$  は、輝度勾配の強さ  $E(x, y)$  が勾配方向に沿って隣接する画素のうちで最大であるか否かを判定するための非最大抑制閾値であり、図 7 に示す式に基づき算出される。

#### 【0018】

図 7 に示されるように、方向コードが  $D(x, y) = 1$  の場合は、閾値  $T_2$  は  $\text{Max}\{E(x, y+1), E(x, y-1)\}$  により求められる。 $\text{Max}\{A, B\}$  は、 $A, B$  のうち大きい値を取得する関数である。この式の場合、上下に隣接する画像のうち輝度勾配の強さが大きい方の値が取得される。方向コードが  $D(x, y) = 2$  の場合は、閾値  $T_2$  は  $\text{Max}\{E(x+1, y+1), E(x-1, y-1)\}$  により求められる。この式の場合、右下と左上方向に隣接する画像のうち輝度勾配の強さが大きい方の値が取得される。方向コードが  $D(x, y) = 3$  の場合は、閾値  $T_2$  は  $\text{Max}\{E(x+1, y), E(x-1, y)\}$  により求められる。この式の場合、左右方向に隣接する画像のうち輝度勾配の強さが大きい方の値が取得される。方向コードが  $D(x, y) = 4$  の場合は、閾値  $T_2$  は  $\text{Max}\{E(x-1, y+1), E(x+1, y-1)\}$  により求められる。この式の場合、左下と右上方向に隣接する画像のうち輝度勾配の強さが大きい方の値が取得される。

#### 【0019】

エッジ除外部 106 は、上述のように算出された閾値  $T_2$  を用いて判定を行い、 $E(x, y)$  が所定の閾値  $T_2$ （ $x, y$ ）以下である場合（ステップ S103：Yes）、エッジ除外部 106 は、 $P(x, y)$  の方向コードである  $D(x, y)$  を 0 とする（ステップ S102）。一方、 $E(x, y)$  が所定の閾値  $T_2$ （ $x, y$ ）より大きい場合（ステップ S103：No）、エッジ除外部 106 は処理を行わず処理を終了する。以上の処理を通じて、画素のエッジが細線化される。図 8 は、エッジ細線化処理が実施された後の、1 つのパターン要素である円周辺の画素に割り当てられた方向コードを示した図である。

#### 【0020】

図 8 に示されるように、各画素のうち、輝度勾配の強さの小さい画素や、エッジの勾配方向において最大値となっていない画素は、方向コードが 0 となるため、円形の輪郭に沿って、「0」でない方向コードを割り当てられた幅 1 のエッジの線分が示されるようになる。

#### 【0021】

ついで、評価部 102 は、方向コードが割り当てられた画素のうち、方向コードに応じ

10

20

30

40

50

て画素ごとに定められる閾値  $Q(x, y)$  (第1閾値に相当) を決定する図地分離閾値決定処理を行う (図3、ステップS311)。図地分離閾値とは、画素が前景画素 (図画素) と、背景画素 (地画素) とのいずれであるかを判別するための閾値である。図8において、方向コードが0でない画素は、輝度勾配方向において輝度勾配の強度が最大となっていることから、勾配方向において隣接する2つの画素同士は画素値  $P(x, y)$  が大きく乖離しており、一方が前景画素、他方が背景画素となっている。したがって、本実施形態では、隣接する2つの画素の画素値  $P(x, y)$  の中間値を図地分離閾値とすることで、画素が背景画素と前景画素のいずれであるかを判別できるようになる。図9は、方向コードごとの図地分離閾値を算出する式をまとめた表である。

## 【0022】

図9に示されるように、方向コード  $D(x, y)$  が1の画素  $P(x, y)$  の場合、図地分離閾値  $Q(x, y)$  は、 $\{P(x, y - 1) + P(x, y + 1)\} / 2$  で示される、上下の隣接する2つの画素の中間輝度となる。また、方向コード  $D(x, y)$  が2の画素  $P(x, y)$  の場合、図地分離閾値  $Q(x, y)$  は、 $\{P(x - 1, y - 1) + P(x + 1, y + 1)\} / 2$  で示される、左上と右下の隣接する2つの画素の中間輝度となる。また、方向コード  $D(x, y)$  が3の画素  $P(x, y)$  の場合、図地分離閾値  $Q(x, y)$  は、 $\{P(x - 1, y) + P(x + 1, y)\} / 2$  で示される、左と右の隣接する2つの画素の中間輝度となる。また、方向コード  $D(x, y)$  が4の画素  $P(x, y)$  の場合、図地分離閾値  $Q(x, y)$  は、 $\{P(x + 1, y - 1) + P(x - 1, y + 1)\} / 2$  で示される、左下と右上の隣接する2つの画素の中間輝度となる。

## 【0023】

続いて、評価部102は、画素  $P(x, y)$  が前景画素か、背景画素かを判定するための値である図地評価値  $C(x, y)$  を算出する図地評価値算出処理を行う (図3:ステップS312)。以下、上述のように算出された図地分離閾値  $Q(x, y)$  を用いて、画素  $P(x, y)$  が前景画素か、背景画素かを判定するための値である図地評価値  $C(x, y)$  を算出する処理の流れを図10により説明する。図10に示されるように、まず評価部102は、図地評価値  $C(x, y)$  を初期化する (ステップS201)。また、評価部102は、注目画素 (方向コードが0ではない画素のうちの1つ) を選択するポインタである  $n$  の値を1に初期化するとともに、 $r$  の値にパターン要素である円の半径を代入する。本実施形態においては、画素  $P(x, y)$  を評価する際に、画素  $P(x, y)$  だけではなく、その近傍領域までを含めた範囲を対象に、図地分離閾値  $Q(x, y)$  による評価を行う。

## 【0024】

図8で示した、パターン要素の輪郭付近だけが前景画素か背景画素であるかの評価を受けた場合、パターン要素の中心部は評価を受けられることになってしまう。したがってパターン要素サイズ (ここでは円半径) を反映した領域を近傍領域とすることが望ましい。本実施形態では、パターン要素である円の半径  $r$  を用い、始点:  $(x_0 - r, y_0 - r)$  ~ 終点:  $(x_0 + r, y_0 + r)$  で定められる矩形領域を近傍領域とする。なお近傍領域の設定は、注目画素を中心として上下左右に円の半径  $r$  に等しい広がりを持つ矩形領域に限定されるものではない。例えば円と同じ面積となるような一辺長さ ( $= \text{SQR}(r) * r$ ) を持つ矩形領域や、 $1.5 \times r$  に等しい半径を持つ円形領域等を近傍領域と設定することができる。

## 【0025】

評価部102は、注目画素を  $n$  番目の画素に設定する (ステップS202)。そして、評価部102は、代表座標のY座標を注目画素の  $y_0$  から  $r$  を減算した座標とともに (ステップS203)、代表座標のX座標を注目画素の  $x_0$  から  $r$  を減算した座標とする (ステップS204)。そして、評価部102は、近傍領域に属する画素の画素値  $P(x, y)$  が図地分離閾値  $Q(x_0, y_0)$  よりも小さいか否かを判定する (ステップS205)。画素の画素値  $P(x, y)$  が図地分離閾値  $Q(x_0, y_0)$  よりも小さい (暗い) と判定された場合 (ステップS205: Yes)、画素  $P(x, y)$  と対応する図地評

10

20

30

40

50

価値  $C(x, y)$  が 1 カウントアップされる (ステップ S 206)。画素値  $P(x, y)$  が図地分離閾値  $Q(x_0, y_0)$  よりも大きい (明るい) と判定された場合 (ステップ S 205: No)、ステップ S 206 はスキップされる。

#### 【0026】

次いで、座標  $X$  が近傍領域において最も大きい  $X$  座標である  $x_0 + r$  であるか否かが判定される (ステップ S 207)。座標  $X$  が近傍領域において最も大きい  $X$  座標である  $x_0 + r$  でないと判定された場合 (ステップ S 207: No)、評価部 102 は  $X$  を 1 加算して (ステップ S 208)、次の座標についての図地評価値  $C(x, y)$  を計測する。一方、座標  $X$  が近傍領域において最も大きい  $X$  座標である  $x_0 + r$  であると判定された場合 (ステップ S 207: Yes)、座標  $Y$  が近傍領域において最も大きい  $Y$  座標である  $y_0 + r$  であるか否かが判定される (ステップ S 209)。座標  $y$  が近傍領域において最も大きい  $Y$  座標である  $y_0 + r$  でないと判定された場合 (ステップ S 209: No)、評価部 102 は  $Y$  を 1 加算して (ステップ S 210)、ステップ S 204 から、次の座標についての図地評価値  $C(x, y)$  を計測する。一方、座標  $Y$  が近傍領域において最も大きい  $Y$  座標である  $y_0 + r$  であると判定された場合 (ステップ S 209: Yes)、注目画素がまだ残っているか否かの判定が行われる (ステップ S 211)。注目画素がまだ残っていると判定された場合 (ステップ S 211: Yes)、評価部 102 は  $n$  を 1 加算して (ステップ S 212)、ステップ S 202 からの処理を繰り返す。一方、注目画素が残っていないと判定された場合 (ステップ S 211: No)、処理は終了する。

#### 【0027】

図 11 は、以上の処理を経てパターン要素を構成する画素毎に図地評価値  $C(x, y)$  が割り当てられた状態を示した図である。このように、各々の円の内部領域にある画素に対する図地評価値  $C(x, y)$  が高くなる。円の内部領域側においては、方向コードが 0 ではないそれぞれの画素において、近傍領域の範囲に入ることから、結果として評価値の値が高くなるためである。評価部 102 は、各画素に割り当てた図地評価値  $C(x, y)$  の値を図地評価値バッファ 123 に記憶する。

#### 【0028】

次いで、二値化処理部 103 は、二値化処理を実施する (図 3: ステップ S 321)。二値化処理部 103 は、図地評価値バッファ 123 に記憶された図地評価値  $C(x, y)$  とあらかじめ定められた正の閾値  $T_3$  (第 2 閾値に相当) を用いて、次式にしたがって二値画像  $B(x, y)$  を算出する。

#### 【0029】

$$\begin{aligned} C(x, y) < T_3 &\text{ ならば } B(x, y) = 0 \\ C(x, y) \geq T_3 &\text{ ならば } B(x, y) = 1 \end{aligned}$$

#### 【0030】

閾値  $T_3 = 4$  を用いて二値化した結果を図 12 に示す。以下では  $B(x, y) = 0$  にあたる画素を「背景画素」、 $B(x, y) = 1$  にあたる画素を「前景画素」と呼ぶ。図 12 に示されるように、パターン要素の円形にそって、前景画素と認識される画素が配置されている。二値化した  $B(x, y)$  の値は、座標とともに二値画像バッファ 124 に記憶される。

#### 【0031】

続いて、連結成分生成部 104 は、二値画像  $B(x, y)$  に対して上下左右に隣り合う図画素同士を 1 つのグループとして統合するラベリング処理を行う (図 3: ステップ S 331)。二値画像に対するラベリング処理としては、既存のラベリング方法を用いる。本実施形態においては、図 12 において、「1」で示される画素が、全て連結されて 1 つの円形のパターン要素の形状に対応する連結成分が生成される。ラベリングによって各々固有のラベルを付けられた図画素連結成分が得られる。図 13 に示すように、個々の図画素連結成分が 1 つの円に対応すると考えられるので、第  $i$  番目の図画素連結成分を第  $i$  番目のパターン要素 (円) として出力する。出力されるラベリング結果は、ラベリング結果バッファ 125 に記憶される。その際、1 つの円の代表座標 ( $x_c, y_c$ ) として、本実施

10

20

30

40

50

形態ではその円に対応する図画素連結成分の外接矩形の始点：(  $x_s, y_s$  )と終点：(  $x_e, y_e$  )の中点を用いることとする。代表座標 (  $x_c, y_c$  ) は以下の式により算出される。

【 0 0 3 2 】

$$x_c = (x_s + x_e) / 2$$

$$y_c = (y_s + y_e) / 2$$

【 0 0 3 3 】

そして、パターン変換部 105 は、生成された画素連結成分をそれぞれパターン要素として変換し、パターン要素により構成される校正用のパターン画像が取得される。こうして 1 枚の入力画像をもとに、パターン画像を構成するパターン要素の円が画素連結成分として抽出され、それぞれの円の代表座標が取得される。このようにして取得された構成用のパターン画像に基づいて、理想的なパターン画像との間で歪みを算出し、投影を補正するための処理が実施される。歪み補正のための処理は既存の方法を用いることができる。

【 0 0 3 4 】

以上に示したパターン処理装置 1 においては、パターン要素を構成する画素を輝度の絶対値ではなく、パターンの背景画素と、前景画素との間の相対的な輝度の差に基づくエッジの勾配強度に基づいて二値化処理を行う。このため、照明ムラなどにより、輝度の絶対値が変化して、適切に校正用のパターン画像を取得できないといった問題が発生しにくくなり、高い精度で特徴点の抽出を行うことができる。

【 0 0 3 5 】

また、パターン画像の取得のために、照明を消したり、複数の画像を投影したりといったことも必要ないため、パターン取得のための手間もかからない。

【 0 0 3 6 】

また、エッジ画素のうち、ノイズや極大となっていない画素を除外するようにしたため、より精度の高い抽出が可能となる。さらには、近傍領域を設定する際に、パターン要素の円形の半径を近傍領域の範囲を設定する際の値として用いたため、エッジ画素を基点としてパターン要素を構成する画素を適切に評価範囲に含めることができるようになる。

【 0 0 3 7 】

( 第 2 の実施形態 )

パターン処理装置の第 2 の実施形態について説明する。本実施形態においては、ラベリング処理により得られた図画素連結成分の形状特徴が予め定められたパターン要素の特徴と一致するかを判定する処理を行う。具体的には、図画連結成分の外接矩形の幅  $w$ 、及び高さ  $h$  に対し、閾値  $T_4$ 、 $T_5$ 、及び  $T_6$  を用いて、次式による基準を満たすかどうかをチェックする ( $T_4 < T_5$ 、かつ  $T_6 > 1$  )。

【 0 0 3 8 】

$$(1) T_4 \leq w \leq T_5 \quad \text{かつ} \quad T_4 \leq h \leq T_5$$

$$(2) 1 / T_6 \leq w / h \leq T_6$$

【 0 0 3 9 】

閾値  $T_4$ 、及び  $T_5$  は、図画連結成分の外接矩形の幅、及び高さの最小値、及び最大値を示す値である。本実施形態では、パターン要素が円形であるため、幅と高さの最大値は同じ値である。また、閾値  $T_4$ 、及び  $T_5$  は、パターン要素の予め設定されたサイズに基づいて設定される。また、閾値  $T_6$  は、外接矩形のアスペクト比が  $T_6 : 1 \sim 1 : T_6$  以内で方形に近い形状となるように設定されている。これらの図画素連結成分の形状特徴は、元となるパターン要素の形状によって異なることから閾値の値は形状に応じて適宜設定される。

【 0 0 4 0 】

条件 (1) (2) のうち少なくとも 1 つが満たされないとき、形状特徴を満たさない図画素連結成分は校正用のパターン画像からは除外される。結果として、図 14-1 ~ 図 14-3 において示されたような形状の図画素連結成分は除去される。この図画素連結成分は、例えばスクリーン枠やプロジェクタ本体等といった背景オブジェクトの写りこみや撮

10

20

30

40

50

像過程で入りこむ微小なノイズに由来するものであり、本来抽出すべきパターン要素である円に対応する図画素連結成分だけを取得することができる。

【0041】

(第3の実施形態)

第1の実施形態では抽出されたパターン要素の代表座標( $x_c, y_c$ )として、その円に対応する図画素連結成分の外接矩形の始点:( $x_s, y_s$ )と終点:( $x_e, y_e$ )の中点を用いたが、本実施形態では図画素連結成分を構成する図画素の重心を用いる。

【0042】

すなわち、注目する図画素連結成分を構成するN個の図画素のうち、第i番目の座標を( $x_i, y_i$ )とすると、

【数2】

$$x_c = \sum_{i=1}^N x_i / N$$

$$y_c = \sum_{i=1}^N y_i / N$$

により、算出される $x_c$ 、及び $y_c$ を代表座標とする。

【0043】

もし撮像時に手ブレが発生したり、スクリーンの汚れからくるノイズが混入したりして、例えば図15のように図画素連結成分が細長いひげ状の突起を持ってしまった場合、外接矩形の中点は突起の存在に敏感に反応してしまい、突起のない理想的な場合に比べて中点の位置がかなりずれてしまう。

【0044】

一方、重心については図画素総数Nが十分大きければひげ状突起の画素による重心を算出する際の影響度は小さいため、突起のない理想的な場合とほぼ同じ位置が得られるようになる。

【0045】

なお、パターン処理にかかるプログラムはコンピュータ上のプログラムに実行させることもできる。図16は一般的なコンピュータの構成を示すハードウェア構成図であり、CPU201、ハードディスク202、ディスプレイ203、通信装置204、CD-ROMドライブ205、メモリ206、及びキーボード/マウス207を備えている。例えば、CD-ROM等の記録媒体に記録されたパターン処理プログラムを、CD-ROMドライブ205を通じて読み込み、実行時にはメモリ206上にロードされ、CPU201からの指令によってプログラムの処理ステップが順次実行されるようにしてよい。入力画像は、あらかじめハードディスク202上に蓄えられるか、または実行時に図示しないデジタルカメラを通じて取り込まれた後、メモリ206上にロードされて参照される。パターン抽出の結果はメモリ206に保存された後、利用の必要に応じてメモリ206から読み出され、ハードディスク202に書き出されたり、ディスプレイ203に出力されたり、通信装置204を介してネットワーク上へ送出されたり、あるいは図示しないプリンタを通じて紙上に印字されたりする。

【0046】

また、上記の実施形態においては、エッジ勾配のある注目画素の近傍領域に含まれる画素の画素値が所定の閾値を超える場合に図地評価値を加算することとしたが、画素値が所定の閾値よりも低い場合に、図地評価値を減算するようにすることもできる。すなわち、近傍領域に含まれる画素を絶対値ではなく数値的に判断して算出できる評価値を用いることができれば、二値化をより高い精度で行うことができるようになる。

【符号の説明】

【0047】

1 0 0 入力部  
 1 0 1 抽出部  
 1 0 2 評価部  
 1 0 3 二値化処理部  
 1 0 4 連結成分生成部  
 1 0 5 パターン変換部  
 1 0 6 エッジ除外部  
 1 2 0 記憶部  
 1 2 1 入力画像バッファ  
 1 2 2 エッジ方向コードバッファ  
 1 2 3 図地評価値バッファ  
 1 2 4 二値画像バッファ  
 1 2 5 ラベリング結果バッファ  
 2 0 2 ハードディスク  
 2 0 3 ディスプレイ  
 2 0 4 通信装置  
 2 0 5 C D - R O M ドライブ  
 2 0 6 メモリ  
 2 0 7 キーボード / マウス

【先行技術文献】

10

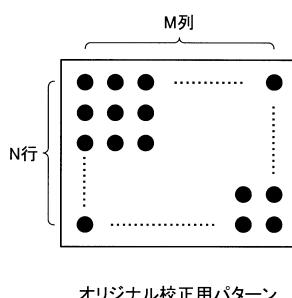
【特許文献】

【0 0 4 8】

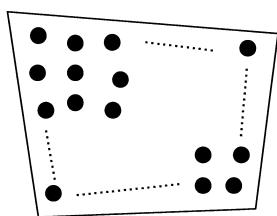
【特許文献1】特開2010-028411号公報

20

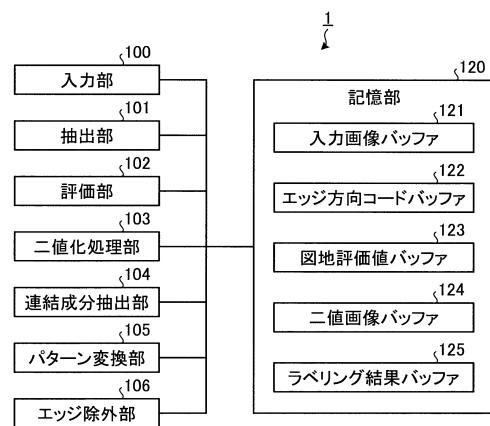
【図1-1】



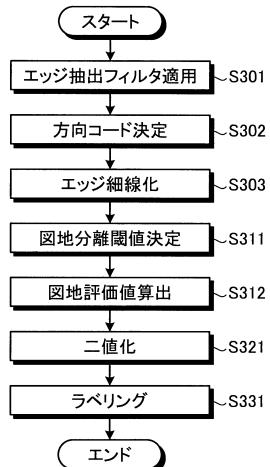
【図1-2】



【図2】



【図3】



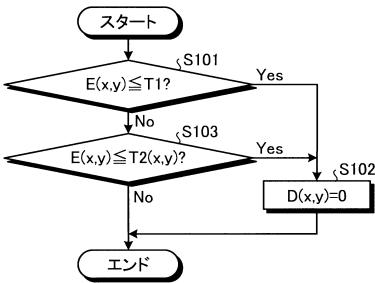
【図4】

$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
(a) X方向… $S_x$	(b) Y方向… $S_y$

輝度勾配方向	方向コード
$\theta(x,y) \geq 67.5^\circ$ または $\theta(x,y) \leq -67.5^\circ$	$D(x,y)=1$
$22.5^\circ < \theta(x,y) < 67.5^\circ$	$D(x,y)=2$
$-22.5^\circ \leq \theta(x,y) \leq 22.5^\circ$	$D(x,y)=3$
$-67.5^\circ < \theta(x,y) < -22.5^\circ$	$D(x,y)=4$

↓ 垂直  
右下がり  
→ 水平  
↗ 右上がり

【図5】



【図7】

方向コード	非最大抑制閾値
$D(x,y)=1$	$T2(x,y)=\text{Max}[E(x,y+1), E(x,y-1)]$
$D(x,y)=2$	$T2(x,y)=\text{Max}[E(x+1,y+1), E(x-1,y-1)]$
$D(x,y)=3$	$T2(x,y)=\text{Max}[E(x+1,y), E(x-1,y)]$
$D(x,y)=4$	$T2(x,y)=\text{Max}[E(x-1,y+1), E(x+1,y-1)]$

※Max[A,B]はA,Bのうち大きい方の値

【図8】

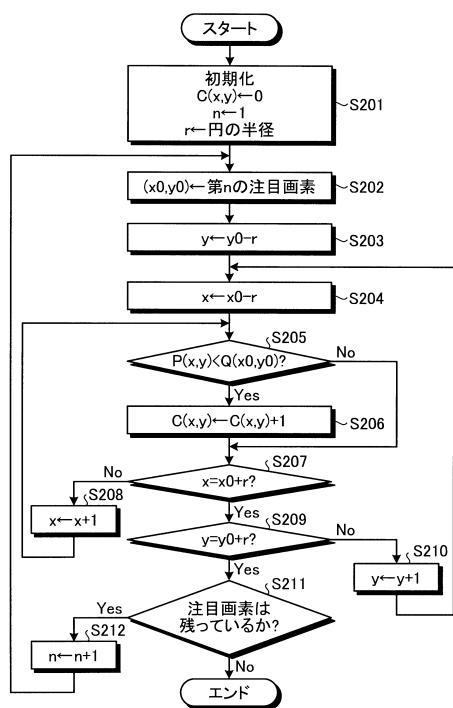
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

方向コード	図地分離閾値
$D(x,y)=1$	$Q(x,y)=[P(x,y-1)+P(x,y+1)]/2$
$D(x,y)=2$	$Q(x,y)=[P(x-1,y-1)+P(x+1,y+1)]/2$
$D(x,y)=3$	$Q(x,y)=[P(x-1,y)+P(x+1,y)]/2$
$D(x,y)=4$	$Q(x,y)=[P(x+1,y-1)+P(x-1,y+1)]/2$

上・下隣接画素の中間輝度  
左上・右下隣接画素の中間輝度  
左・右隣接画素の中間輝度  
左下・右上隣接画素の中間輝度

【図9】

【図10】



【図11】

0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	6	7	0	0	0
0	0	7	8	7	7	0	0
0	7	8	11	11	9	8	2
0	7	9	10	12	9	7	1
0	0	7	9	10	8	1	0
0	0	0	8	8	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

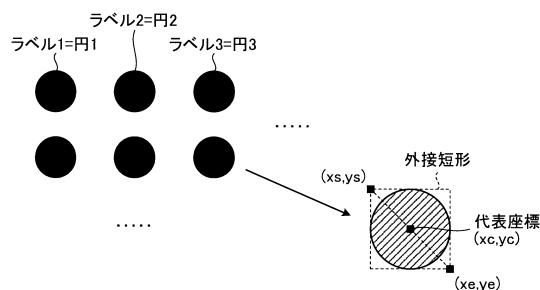
図地評価値C(x,y)

【図12】

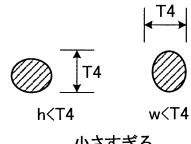
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

二値画像B(x,y)  
※C(x,y)≥4ならばB(x,y)=1

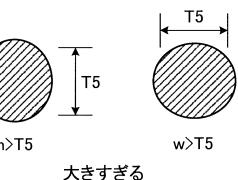
【図13】



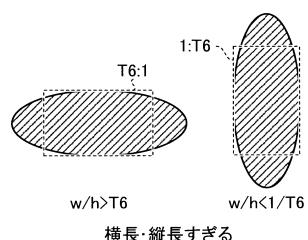
【図14-1】



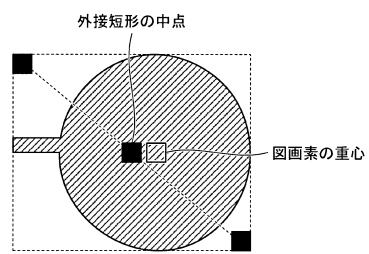
【図14-2】



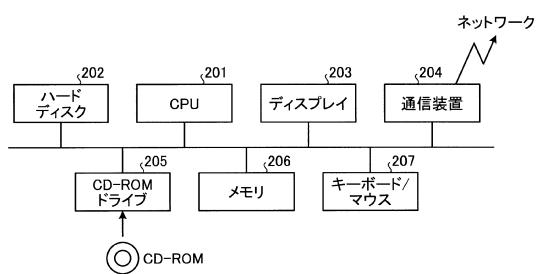
【図14-3】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-191020(JP, A)  
特開2010-183416(JP, A)  
特開2007-233798(JP, A)  
特開平07-225847(JP, A)  
特開2007-172397(JP, A)  
特開2002-314790(JP, A)  
特開2010-118030(JP, A)  
特表2006-507579(JP, A)  
特開2010-028411(JP, A)  
米国特許出願公開第2011/0293191(US, A1)  
広岡 慎一郎, 任意形状表面への自己補正投影システム, 情報処理学会研究報告 Vol.2003 No.41  
日本, 社団法人情報処理学会, 2003年 5月 8日, 2003-CVIM-138, P.51-58, ISSN 091  
9-6072

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 06 T 7 / 00 - 7 / 90