

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4280706号
(P4280706)

(45) 発行日 平成21年6月17日 (2009. 6. 17)

(24) 登録日 平成21年3月19日 (2009. 3. 19)

(51) Int. Cl.

F I

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

A 6 1 B 5/117 (2006. 01)

G 0 1 B 11/24 (2006. 01)

G 0 6 T 1/00 4 0 0 G

A 6 1 B 5/10 3 2 2

G 0 1 B 11/24 K

G 0 1 B 11/24 B

請求項の数 29 外国語出願 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2004-358162 (P2004-358162)
 (22) 出願日 平成16年12月10日 (2004. 12. 10)
 (65) 公開番号 特開2005-182786 (P2005-182786A)
 (43) 公開日 平成17年7月7日 (2005. 7. 7)
 審査請求日 平成18年1月27日 (2006. 1. 27)
 (31) 優先権主張番号 10358738.1
 (32) 優先日 平成15年12月11日 (2003. 12. 11)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 501042134
 クロス マッチ テクノロジーズ ゲーエ
 ムペーハー
 ドイツ連邦共和国 デー・07743 イ
 ェーナ ウンストルルトヴェーク 4
 (74) 代理人 100091867
 弁理士 藤田 アキラ
 (72) 発明者 ディルク モルゲンアイアー
 ドイツ連邦共和国 デー・07749 イ
 ェーナ マーグヌス・ポーザー・シュトラ
 ーセ 22
 (72) 発明者 アンディー フリートル
 ドイツ連邦共和国 デー・07607 ア
 イゼンベルク アム マッセンタイヒ 3
 O

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ローリングされる指紋の電子記録方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動いている物体の電子記録、特に、記録表面 (2 1) 上でローリングされる指 (1) の記録のための方法であって、前記物体が、その構造とともに、空間分解画像記録ユニットによって、前記動きの間に、一連の独立した画像内で記録され、2次元電子画像として処理される方法において、

前記画像記録ユニット (2) から読み出された独立した画像のうち、少なくとも1つの画像 (3 1) により、前記物体 (1) の位置およびサイズから、物体 (1) を緊密だが完全に取り囲む形 (3 2) が決定され、

許容値 () だけ拡大され、かつ、画像記録ユニット (2) に含まれているセンサ (2 2) の行方向および列方向に平行に向けられた長方形 (3 3) が、予期または認識される物体 (1) の動きを考慮して、物体画像が切り取られないように、取り囲む形 (3 2) から決定され、

拡大された長方形 (3 3) が、引き続き読み出されるセンサ (2 2) の少なくとも1つの画像についてのアクティブなピクセル領域 (2 3) のサイズと位置とを予測および調節するために使用され、それにより、読み出されるアクティブなピクセル領域 (2 3) が、その適合により常に小さく保たれ、センサの読み出しまたはデータ転送においてより高い画像レートが実現され、従って、全体画像 (3) を完全に確実に組み立てるためのより緊密な一連の十分オーバーラップした記録画像 (3 1) が実現されることを特徴とする方法

【請求項 2】

現在記録されている画像(31)の物体画像(11)の取り囲む形(32)が、列方向および行方向の両方の方向のそれぞれに形成された各々のグラディエント画像(81; 82)によって決定され、ここで、各ピクセルについてのグラディエント画像(81; 82)が、行方向または列方向の隣接するグレー値の間の差(83; 84)を取ることににより生成されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

グラディエント画像(81; 82)の各ピクセルについて、隣接するグレー値の間の差(83; 84)が、現在の画像(31)内の行または列の、先行ピクセルおよび後続ピクセルのグレー値から取られることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

10

【請求項 4】

グラディエント画像(81; 82)の各ピクセルについて、隣接するグレー値の差(83; 84)が、現在の画像(31)内の行または列の、先行ピクセルの先行ピクセルおよび後続ピクセルの後続ピクセルのグレー値から取られることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

物体画像(11)の取り囲む形(32)の開始値および終了値が、現在の画像(31)の行および列についての2つのグラディエント画像(81; 82)から決定され、ここで、物体(1)を取り囲む形(32)の前記開始値および終了値を計算するために、各グラディエント画像(81; 82)内で、隣接するグレー値の間の最初の有意差と最後の有意差が判定されることを特徴とする、請求項2に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記有意差が、超過されたしきい値によって判定されることを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

物体(1)の主要な動きの方向に一致する少なくとも1つの次元にてグラディエント画像(81; 82)から決定される前記開始値および終了値から、各々、平均値が計算され、ここで、前記平均値が、物体画像(11)を取り囲む長方形(32)の境界(35; 36)を形成することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項 8】

30

物体(1)の主要な動きの方向に一致する少なくとも1つの次元にてグラディエント画像(81; 82)から決定される前記開始値および終了値から、各々、メジアン値が形成され、ここで、前記メジアン値が、物体画像(11)を取り囲む長方形(32)の境界(35; 36)を形成することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項 9】

物体(1)の主要な動きの方向に一致する少なくとも1つの次元にて、行または列の前記開始値および終了値が、空間ヒストグラム(85、86; 87、88)の各インスタンス内にプロットされ、ここで、前記開始値および終了値の頻度分布が規定の値を取る位置が、物体画像(11)を取り囲む長方形(32)の境界(35; 36)を形成することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

40

【請求項 10】

取り囲む形(32)の境界(35; 36)の位置として、前記頻度分布の最初または最後の有効な値が、空間ヒストグラム(85、86; 87、88)内で使用されることを特徴とする、請求項9に記載の方法。

【請求項 11】

取り囲む形(32)の境界(35; 36)の位置として、所定のしきい値を最初または最後に超過する頻度分布の値が、空間ヒストグラム(85、86; 87、88)内で使用されることを特徴とする、請求項9に記載の方法。

【請求項 12】

取り囲む形(32)の境界(35; 36)の位置として、その値の後または前にて頻度

50

の合計の他のすべての値がしきい値を超過する頻度分布の値が、空間ヒストグラム（８５、８６；８７、８８）内で使用されることを特徴とする、請求項９に記載の方法。

【請求項１３】

取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）の位置として、最大頻度の値が、空間ヒストグラム（８５、８６；８７、８８）内で使用されることを特徴とする、請求項９に記載の方法。

【請求項１４】

グラディエント画像（８１；８２）の選択された行または列の開始値および終了値のみが、取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）を決定するために使用されることを特徴とする、請求項９～１３のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項１５】

拡大された長方形（３３）を生成するための許容値（ ）が、物体画像（１１）の検出された動きの進路に依存してさまざまに決定され、ここで、それぞれの取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）を決定した後の、以前に読み出された少なくとも２つの画像（３１）から、連続する画像（３１）内の取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）の時間変化に基づくさまざまな評価アルゴリズムが適用されることを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項１６】

指（１）が、物体として、記録表面（２１）上でローリングされ、ここで、実際の指紋（１１）が、各読み出し画像（３１）内の物体画像として記録されることを特徴とする、請求項１～１５のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項１７】

指紋から結果として得られる差の値の量が不十分であると判定された場合に、前記許容値（ ）の計算と、それに続くセンサ（２２）のアクティブなピクセル領域（２３）の予測および調節とを停止する、ブットオン認識ルーチン（６１）が、読み出し画像（３１）に適用されることを特徴とする、請求項１６に記載の方法。

【請求項１８】

取り囲む形（３２）の動きが明確に示されていない場合に、取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）の周囲のすべての側において均一な許容値（ ）を決定する、動きの追跡ルーチン（６２）が、読み出し画像（３１）に適用され、許容値（ ）のサイズが、前記物体にとって一般的な程度までの物体（１）の任意の動きの間、少なくとも次の画像（３１）の読み出しの期間内に、拡大された長方形（３３）が物体（１）を切断しないように選択されることを特徴とする、請求項１６に記載の方法。

30

【請求項１９】

規定された量の連続する画像（３１）内で、取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）が、明白な方向に、かなり移動した場合に、動きの追跡ルーチン（６２）が切り換えられて、ローリングの追跡ルーチン（６４）が起動され、ここで、指（１）の動きの方向に移動される取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）のために、許容値（ ）が、連続的に読み出される少なくとも１つの画像（３１）の期間内に、拡大された長方形（３３）が指紋（１１）を切断しないように、移動している境界（３５；３６）の計算された速度から決定されることを特徴とする、請求項１８に記載の方法。

40

【請求項２０】

ローリングの追跡ルーチン（６４）が、ローリングの開始の認識（６３）によって起動され、そして、ローリングの終了の認識（６５）によって終了され、ここで、ローリングの開始の認識（６３）が、同じ方向に進んでいる取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）に、定められた一定数の変位がある場合に、ローリングの追跡ルーチン（６４）を起動し、ローリングの終了の認識は、取り囲む形（３２）の境界（３５；３６）の移動の方向が逆になった場合に、ローリングの追跡ルーチン（６４）を終了させることを特徴とする、請求項１９に記載の方法。

【請求項２１】

50

規定された量の連続する画像(31)内で、取り囲む形(32)の境界(35;36)が、明白な方向に、かなり移動した場合に、ローリングの追跡ルーチン(64)が、読み出された画像(31)に適用され、ここで、指(1)の動きの方向に移動される取り囲む形(32)の境界(35;36)のために、許容値()が、連続的に読み出される少なくとも1つの画像(31)の期間内に、拡大された長方形(33)が指紋(11)を切断しないように、移動される境界(35;36)の計算された速度から決定されることを特徴とする、請求項16に記載の方法。

【請求項22】

記録表面(21)に沿って指(1)がローリングされる場合、ローリングの開始の認識(63)のために使用されるすべての画像(31)のバッファ記憶が、ローリングの開始の認識(63)により実行され、それにより、ローリングの開始の認識(63)のためにすでに読み出された画像(31)が、ローリングされる指(1)の全体画像(3)を完成させるために利用可能なまま維持されることを特徴とする、請求項20に記載の方法。

【請求項23】

動いている物体の一連の2次元の独立した画像を記録するための画像記録ユニット(2)を使用した、動いている物体の電子記録、特に、記録表面(21)上でローリングされる指(1)の記録のための装置であって、前記独立した画像が、動いている物体(1)の全体画像(3)を組み立てるために空間的オーバーラップを有する装置において、

画像記録ユニット(2)によって以前に読み出された少なくとも1つの画像(31)に基づいて、前記物体画像を緊密だが完全に囲む制限された画像領域を連続的に計算するための論理ユニット(51)が、画像記録ユニット(2)の下流に配置され、

プログラム記憶装置(52)、データ記憶装置(53)、プロセッサ(54)、およびインタフェース(55)が論理ユニット(51)に関連付けられ、前記プロセッサ(54)が、データの流れと、画像記録ユニット(2)から読み出される次の画像(31)のためのアクティブなピクセル領域(23)として論理ユニット(51)により計算される制限された画像領域とを制御するために提供され、

ピクセル領域(23)のサイズおよび位置に関して論理ユニット(51)によって規定の方法で制御される画像(31)のデータ転送のためのインタフェースが、外部コンピュータユニット(4)に対して形成され、コンピュータユニット(4)が、時間の経過とともに連続的に記録された画像(31)を組み立てて、全体画像(3)を形成するための画像処理を含むことを特徴とする装置。

【請求項24】

画像記録ユニット(2)が、光電子センサ(22)を有することを特徴とする、請求項23に記載の装置。

【請求項25】

画像記録ユニット(2)が、任意の接触センサ、特に、感熱または容量性センサを含むことを特徴とする、請求項23に記載の装置。

【請求項26】

画像記録ユニット(2)が、超音波センサを有することを特徴とする、請求項23に記載の装置。

【請求項27】

画像記録ユニット(2)が、低画像レートのセンサを有し、ここで、前記低画像レートが、センサ(22)のすべてのピクセルの読み出しのみに関連し、任意にプログラムされることが可能なアクティブなピクセル領域(23)からの画像(31)の読み出しが、遙かに高い画像レートで実施可能であることを特徴とする、請求項23に記載の装置。

【請求項28】

画像記録ユニット(2)が、1つの独立したセンサ読み出しによって、高解像度、低画像レートで完全な足形または手形を実現できる、大面積センサ(22)を有し、前記大面積センサ(22)では、画像記録ユニット(2)の記録表面(21)の規定された部分領域が、個々のローリングされる指(1)を記録するために定められており、ここで、前記

10

20

30

40

50

センサ(22)が、記録表面(21)の規定された部分領域に関連付けられた、制限されたアクティブなピクセル領域(23)内で、ピクセルが減らされた画像(31)を読み出すために制御可能であり、それにより、ローリングされる指紋(11)の記録のための画像レートは大幅に増加されることを特徴とする、請求項27に記載の装置。

【請求項29】

画像記録ユニット(2)が、高画像レートのセンサを有し、ここで、画像(31)の読み出しが、データ記憶装置(53)の任意にアクセス可能なピクセル領域(23)から実行され、それにより、インタフェース(54)を介した転送のデータレートが続いて増加されることを特徴とする、請求項23に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、動いている物体の電子記録のための方法および装置に関し、特に、支持表面上でローリングされる指の記録に関する。本発明は、主として、電子指紋の作成に適用されるが、有利には、位置および/またはサイズに関して調節可能なサンプリングウィンドウのインテリジェントな制御のための物体追跡に使用されてもよい。

【背景技術】

【0002】

犯罪学における指紋採取の使用の基礎は、遺伝されず、胎生4か月目から死後の崩壊まで不変の、皮膚隆線像の一意性にある。元になる像は、指そのもの、インクにより紙の上に作成された指紋、またはトレースフォトグラムであってもよい。後の2つの技術は、主に警察で使用されていたし、現在も使用されている。指紋の特徴を抽出できるパターン認識技術によって、指紋の識別および確認を自動化することが可能である。

【0003】

近年、指の直接記録を可能にする電子システムに、上述の技術が、ますます多く統合されてきている。これにより、記録および評価時間が短縮され、同時に、画像の品質も向上させることが可能になる。したがって、指が正しく記録されない場合は、この指の記録プロセスをただちに繰り返すことができる。

【0004】

指紋の電子画像記録は、通常、CCDまたはCMOS技術に基づくマトリクスセンサまたはラインセンサを使用して実行される。その場合、元になる像としての指紋は、特殊な光学装置およびセンサを通して電子画像に変換され、続いてデジタル化されて、一定の空間およびグレー値解像度を有する画面イメージを形成する。

【0005】

ただし、容量性、感熱、超音波ベース、または感圧性センサが、指紋の電子記録に使用されることもある。

【0006】

警察では、指の平版印捺に加えて、特に、ローリングされた指の像も作成されている。ローリングされた指紋を、インクと紙を使用して作成するための手順は、インクを指に塗布し、次に、紙の上で指をローリングさせるといふ、非常に単純なものである。その際に、指の端における回転、および変形またはこすれは、許容しうるものとして受け入れられる。

【0007】

この手順は、電子システムでは、ある程度、より複雑なものとなる。この場合、(ラインまたはマトリクスを使用して)指が電子的に取得される方法によっては、全体画像が、多くの独立した画像から組み立てられる。これに関しては、インクを使用して紙の上にローリングするのとは異なり、完全な記録は存在せず、情報の損失を含む複数の離散時間サンプルが存在するという問題がある。指の変形と、その結果による、2つの異なる時点における変化の他に、情報の損失の理由は、特に、画像記録ユニットによる指のスキンの継続時間が短すぎるということにある。これは、指が正しく記録されるには、画像記録ユ

10

20

30

40

50

ニットは（使用される組み立て方法によっては）、指をローリングするプロセスの間の擦れまたは滑りなどの、妨害するプロセスを検知できるための、最小画像レートを有していなければならないことを意味する。

【 0 0 0 8 】

ローリングされた指の画像の生成に常に先立って、一連の独立した電子画像の連続的な記録が行われる、不可欠の独立した画像に基づいた、最小のエラーで全体画像に到達するための方法については、これまでに何度も記述されてきている。全体画像は、これらの独立した画像から、多くの異なる方法によって組み立てられ、前記方法では、独立した画像がスライスまたはストリップに分割される。

【 0 0 0 9 】

特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4、および特許文献 5 では、独立した画像のそれぞれからストリップが取得され、これらのストリップから全体画像が組み立てられる。上述の特許は、ストリップを決定し、できるだけ適切に組み立てて、独立した画像の、指の実際の接触面に一致する部分のみを接合する、異なるアルゴリズムによって相互に区別される。

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】米国特許第 4 , 9 3 3 , 9 7 6 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 5 , 2 3 0 , 0 2 5 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6 , 4 8 3 , 9 3 2 号明細書

【特許文献 4】国際公開第 9 7 / 4 1 5 2 8 号パンフレット

【特許文献 5】独国特許発明第 1 9 8 5 1 5 4 4 C 1 号明細書（国際公開第 0 0 / 2 8 4 7 0 号パンフレット）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

上述のすべての引例では、画像記録ユニットから得られるフレームは、一定のサイズの指紋をとり、（クロック発振器またはイベントトリガにより与えられる）設定された時間方式に基づいている。これでは、ローリング速度（および場合によってはローリング速度の変化）と、指の接触面のサイズ（およびローリングプロセス中の後者の実際の変更）とは、画像記録ユニットの読み出し方式には考慮され得ない。

【 0 0 1 2 】

結果画像を正しく計算するには、2つの隣接した指紋ストリップが、当該の方法によって十分に大きな共通部分を有していなければならない。これは、指がローリングされる間、高速な定期サンプリングが実行される場合にのみ実現可能である。現在、これは、25 フレーム / 秒（ f / s ）よりも大きな高画像読み出し速度（フレーム率）を有するセンサによって実施されている。ただし、空間解像度が（例えば、500 dpi から 1000 dpi に）増加される場合、技術的限界が発生する。フレーム率が減少するか（例えば、500 dpi から 1000 dpi に変更する場合、フレーム率は 1 / 4 に減少する）、または、電子機器を含むセンサの価格が法外に高くなる。

【 0 0 1 3 】

したがって、本発明の目的は、高いフレーム率（読み出し速度）を有する高価な画像センサに頼らずに、高解像度の独立した画像と、独立した画像をギャップなしに接合して全体画像を形成するための緊密な画像シーケンスとを可能にする、ローリングされる指紋の電子記録のための新しい可能性を見いだすことである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

動いている物体の電子記録、特に、記録表面上でローリングされる指の記録のための方法（ここで、前記物体は、その構造とともに、空間分解画像記録ユニットによって、前記動きの間に捕捉される一連の画像内で検出され、2次元電子画像として処理される）では、画像記録ユニットから読み出された少なくとも1つの独立した画像内の前記物体の位置

10

20

30

40

50

およびサイズから、前記物体を緊密だが完全に取り囲む形が決定されるという点で、そして、許容値だけ拡大され、画像記録ユニットに含まれるセンサの行方向および列方向に平行に向けられた長方形が、予期または認識される物体の動きを考慮して、物体画像が切り取られないように前記取り囲む形から決定されるという点で、そして、前記拡大された長方形が、引き続き読み出されるセンサの少なくとも1つの画像についてのアクティブなピクセル領域のサイズと位置とを予測および調節するために使用され、それにより、読み出されるアクティブなピクセル領域が、その適合により常に小さく保たれ、センサの読み出しまたはデータ転送においてより高い画像レートが実現され、従って、全体画像を完全に確実に組み立てるためのより緊密な一連の十分オーバーラップした記録画像が実現されるという点で、本発明により上述の目的が達成される。

10

【0015】

現在サンプリングされている画像の物体画像を取り囲む形は、有利には、列方向および行方向に評価されたグラディエント画像によって決定される。各ピクセルについてのグラディエント画像は、行方向または列方向の隣接するグレー値の間の差を取ることににより生成される。

【0016】

行または列の、現在評価されているピクセルの先行ピクセルと後続ピクセルのグレー値の差を取ることでグラディエント値の各ピクセルを生成すると好ましい。

【0017】

指紋の端の信頼性の高い抽出のためには、各ピクセルのグラディエント値は、好ましくは、行または列の現在評価されているピクセルの先行ピクセルの先行ピクセルと後続ピクセルの後続ピクセルのグレー値の差から形成される。

20

【0018】

現在の画像について、物体画像を取り囲む形の開始値および終了値は、有利には、物体の動きの方向を向いた、行または列のうち少なくとも1つのグラディエント画像から決定され、ここで、物体を取り囲む形の開始値および終了値を計算するために、各行または列について、隣接するグレー値の間の最初の有意差と最後の有意差が判定される。

【0019】

前記有意差は、望ましくは、超過されたしきい値によって判定される。

【0020】

物体の主要な動きの方向に一致する少なくとも1つの次元にてグラディエント画像から決定される開始値および終了値から、各々、平均値またはメジアン値を計算することが有利であることが実証済みである。平均値またはメジアン値は、次に、物体画像を取り囲む長方形の直線状の境界を形成する。

30

【0021】

好ましい実施形態では、少なくとも、物体の主要な動きの方向に一致するグラディエント画像からの、開始値および終了値が、空間ヒストグラム内にプロットされ、ここで、積分頻度分布が意味のあるしきい値に到達する位置が、物体画像を取り囲む長方形の境界を形成する。このしきい値は、妥当には、積分頻度分布の5%であってもよい。ただし、頻度分布の最大値を選択することも可能である。

40

【0022】

コンピューティング能力と記憶容量とを節約するために、グラディエント画像の選択された行または列の開始値および終了値のみを使用して、取り囲む四角形の境界を決定することが有利であることが実証済みである。

【0023】

物体画像のトリミングを防止するために、拡大された長方形を生成するためのさまざまな許容値が、望ましくは物体の検出された動きの進路に依存して決定され、ここで、それぞれの取り囲む形の境界を決定した後の、以前に読み出された少なくとも2つの画像から、連続する画像内の取り囲む形の境界の時間変化に基づくさまざまな評価アルゴリズムが適用される。

50

【 0 0 2 4 】

記録表面上でローリングしている指は、好ましくは、物体として取得され、ここで、指紋は、指の即時支持表面としての各読み出し画像内の、物体画像として記録される。

【 0 0 2 5 】

その場合は、以下のステップが、独立した画像の境界を調節するために、読み出し画像のそれぞれに有利に適用される。

- プットオン認識ルーチン。このルーチンは、指紋から結果として得られる差の値の量が不十分であると判定された場合に、許容値の計算と、それに続く画像記録ユニットのアクティブなピクセル領域の予測および調節とを停止する。

- 動きの追跡ルーチン。このルーチンは、指紋を取り囲む形の動きが明確に示されていない場合、取り囲む形の境界の周囲のすべての側において均一な許容値を決定し、許容値のサイズは、前記物体にとって一般的な程度までの前記物体の任意の動きの間、少なくとも次の画像の読み出しの期間内に、拡大された長方形が物体を切断しないように選択される。

- ローリングの追跡ルーチン。このルーチンは、規定された量の連続する画像内で、取り囲む形の境界が、明白な方向に、かなり移動した場合に起動され、ここで、物体の動きの方向に動いている取り囲む形の境界のために、許容値は、連続的に読み出される少なくとも1つの画像の期間内に、拡大された長方形が即時物体画像（指紋）を切断しないように、動いている境界の計算された速度から決定される。

【 0 0 2 6 】

ローリングの追跡ルーチンは、ローリングされる指の完全な指紋を組み立てるための、完全かつ高度に時間分解された一連の独立した画像を提供するために、ローリングされる指の画像記録の中核にあるため、ローリングの追跡ルーチンは、望ましくは、同じ方向に進んでいる取り囲む形の境界に、定められた一定数の変位がある場合に、動きの追跡からローリングの追跡に切り換える、ローリングの開始の認識ルーチンによって起動され、取り囲む形の境界の動きの方向が逆になった場合に、ローリングの追跡ルーチンに割り込む、ローリングの終了の認識ルーチンによって終了される。

【 0 0 2 7 】

記録表面に沿って指がローリングされる場合、有利には、開始の認識のために使用されるすべての画像のバッファ記憶が、ローリングの開始の認識ルーチン内で実行され、それにより、すでに読み出された画像は、続いて、完全なローリングされた指を組み立てるために利用可能なままに維持される。

【 0 0 2 8 】

さらに、動いている物体の一連の2次元の独立した画像を記録するための画像記録ユニットを使用した、動いている物体の電子記録、特に、記録表面上でローリングされる指の記録のための装置（ここで、独立した画像は、動いている物体の全体画像を組み立てるために空間的オーバーラップを有する）では、画像記録ユニットによって以前に読み出された少なくとも1つの画像に基づいて、物体画像を緊密に囲む制限されたピクセル領域を連続的に計算するための論理ユニットが、画像記録ユニットの下流に配置されるという点で、そして、プログラム記憶装置、データ記憶装置、プロセッサ、およびインタフェースが論理ユニットに関連付けられ、プロセッサがデータの流れを制御するために提供されているという点で、そして、ピクセル領域のサイズおよび位置に関して規定されて論理ユニットによって制御される画像のデータ転送のためのインタフェースが、外部コンピュータユニットに対して提供されるという点で（ここで、前記コンピュータユニットは、時間の経過とともに連続的に記録された画像を組み立てて、全体画像を形成するための画像処理を含む）、本発明により上述の目的が達成される。

【 0 0 2 9 】

画像記録ユニットは、好ましくは、光電子センサを有するが、容量性、誘導性、感熱、超音波、またはその他の接触センサを装備していてもよい。（マトリクスまたはライン配列内の）CCDアレイまたはCMOSアレイが、望ましくは、光電子画像記録装置として

10

20

30

40

50

使用される。

【 0 0 3 0 】

画像記録ユニットは、有利には、低画像レート ($< 25 \text{ I/s}$) のセンサも含んでいてもよく、ここで、低画像レートは、センサのすべてのピクセルの読み出しのみを指し、任意にプログラムされることが可能なアクティブなピクセル領域からの画像の読み出しは、遥かに高い画像レートで実現可能である。

【 0 0 3 1 】

本発明の拡張された変形では、画像記録ユニットは、好ましくは、1つの独立したセンサ読み出しによって、高解像度、低画像レートで完全な足形または手形を実現できる、大面積センサを有し、前記大面積センサでは、記録表面の規定された部分領域が、個々のローリングされる指を記録するために定められており、ここで、前記センサは、ローリングされる指のための、記録表面の規定された部分領域に関連付けられた、対応して制限されたアクティブなピクセル領域内で、ピクセルが減らされた画像を読み出すために制御可能であり、それにより、ローリングされる指紋の記録のための画像レートは足形または手形の記録に比較して大幅に増加される。

【 0 0 3 2 】

本発明の修正された変形では、画像記録ユニットは、高画像レート (25 I/s) のセンサであってもよく、その場合は、インタフェースがデータ転送を制限する要因になり、リアルタイムで転送できるのは画像データの小さな部分のみとなる。この場合、本発明による、データが減らされた画像の読み出しが、データ記憶装置の任意のアクセス可能なピクセル領域から実行され、それにより、インタフェースを介した転送のデータレートが続いて増加される。

【 0 0 3 3 】

本発明による、アクティブなピクセル領域の境界を決定するためのプロセスは、有利には、(物体の画像を組み立てるためのコンピューティングユニットの) 上流に配置され、望ましくはFPGA (フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ) である、論理ユニット (ハードウェア) 内で実行される。論理ユニットとしては、PLD (プログラマブル・ロジック・デバイス) またはASIC (特定用途向け集積回路) も使用されてもよい。

【 0 0 3 4 】

論理ユニットのプロセスとデータの流れとを制御するために使用されるプロセッサは、有利には、マイクロプロセッサ (MPU)、デジタル信号プロセッサ (DSP)、またはマイクロコントローラ (MCU) であってもよい。プロセッサは、また、論理ユニット、プログラム記憶装置、または外部コンピューティングユニット内に直接組み込まれていてもよい。

【 0 0 3 5 】

本発明は、関数 $G(x, y)$ として表示可能な、さまざまな表面サイズおよび/または表面構造のグレー値画像を電子的に記録するという考えに基づいており、ここで、 x および y は、画像のそれぞれの画像点の座標を示し、 G はそのグレー値を示す。画像 $G_n(x, y)$ から全体画像 G を形成するために、この種の画像特性を有する動いている物体は、異なる時点 t_n にわたって (ここで、 $t_{n+1} > t_n$)、関数 G_n としてのさまざまな表示を使用して順に記録され、ここで、物体の回転速度の関数としてサイズが変化する、物体表面の関連する断片のみが、画像記録ユニットによって記録される。

【 0 0 3 6 】

本発明による方法の本質は、実際に読み出された各画像から、次のそれぞれの画像のために、適合させられ、制限されたピクセルセクションを規定または予測することにある、前記ピクセルセクションは、取得されるべき指紋を、必要な確実性で完全に含み、それにより、画像記録ユニットの読み出しレート (画像レート) が増加される。これにより、他の方法では、完全な独立した画像を読み出すために必要な高画像レート (25 I/s) を満足することができず、しかし、WOI (ウィンドウ・オブ・インタレスト (Window of Interest)) 調節機能を有し、したがってフル空間解像度を有する

、安価なセンサを使用することが可能になる。CMOS技術では、製造業者によっては、この適用分野は、「ウィンドウ・オブ・インタレスト(window of interest)」、または「リージョン・オブ・インタレスト(region of interest)」、「アクティブ・ウィンドウ(active window)」、および「ウィンドウイング(windowing)」と呼ばれる。CCD技術では、「高速ダンプ」という用語は、行の飛び越しを示すために使用され、「オーバークロッキング」という用語は、不必要な列のオーバークロッキングを示すために使用される。

【発明の効果】

【0037】

本発明により、物体のサイズおよび動きに適合させられた、緊密なシーケンスで高度に分解された画像を生成し、そして、高い信頼性で画像が組み立てられ、全体画像が形成されることを可能にする、ローリングされる指紋の電子記録を、高い画像レートを有する高価な画像センサまたはインタフェースに頼る必要なしに実施することが可能になる。本発明は、画像表面の完全な読み出しに現在使用されている、高解像度センサまたは画像処理インタフェースを使用する場合に可能であるよりも、はるかに高い画像レートを選択することを可能にする。さらに、センサ読み出しウィンドウの電子的調節により、完全な手の記録、および指のローリングなどの応用が、同じ装置内で可能である。

【0038】

本発明を、実施形態の例を参照して、以下でより詳細に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

図1は、指1の表面の指紋像(以下、指紋11と記載する)を電子的に記録するための方法の基本原則を示す。本方法の基礎は、指1が、異なる時点にわたって、異なる、相互にオーバーラップする表示内に順番に記録され、それにより、指の全体画像を、それに続いて組み立てることが可能になるということにある(これは、本発明の主題ではない)。

【0040】

指1をローリングするための上述の規則により、画像記録ユニット2による指表面の記録は、一連の独立した画像として、1つずつ行うことのみが可能である。記録される画像31のサイズと位置は、指1の実際の指紋表面およびローリング速度により異なる。その上、指1の実際の指紋表面およびローリング速度によって、画像記録ユニット2の読み出し内の、適合させられ、制限されたセクションを調節および監視して、高価な画像センサに頼らずに高画像レートを達成できるようにするには、複雑な制御プロセスが示唆される。

【0041】

インクが付けられた指1を紙の上でローリングするのとは異なり、図4に一例として示されているような光電子画像記録装置上でローリングする場合は、ローリングプロセスの連続記録は行われず、その代わりに、離散時間サンプリングが実行される。

【0042】

本発明を明らかにするために、図2および図3に示す従来技術と本発明を比較する。従来の手順によれば、例えば25 I / sでの読み出しが可能な画像記録ユニット2は、3秒間続くローリングプロセスの間に75の画像を取得する。これらの75の画像のそれぞれは、所定の位置(サイズおよび位置)での、規定された時点における、指紋11を含む完全な画像である。これらの独立した画像から、ローリングされた指1の全体画像3を生成するために、結合のための関連情報を含む、読み出し画像の部分を表す、所定の画像スライスまたはストリップ12が、これらの独立した完全な画像から切り取られる。全体画像3の正しい計算を実行するために、2つの隣接した画像ストリップ12は、指紋11の十分に大きな共通部分を有していなければならない。2つの画像ストリップ12を接合するための一般的な方法は、相互相関を行い、端の領域が最も大きく一致する点において、2つの画像ストリップ12のオーバーラップ部分を結合することである。ただし、離散時間サンプリングは、指1の変形と動き、およびその結果による、2つの異なる記録時点にお

ける指紋 1 1 の画像の変化により発生する、情報の損失を含む。画像記録ユニット 2 の画像レートに対して、指 1 のローリング速度が増加した場合、この情報損失は増加する。これは、指 1 が正しく記録されることを確実にするには、ローリングプロセス中の、例えば、擦れまたは滑りなどのプロセスが検出され、訂正されることが可能となるように、画像記録ユニット 2 が、結合のための最小画像レートを満足していなければならないということを意味する。

【 0 0 4 3 】

画像記録ユニット 2 の読み出し速度が遅すぎる場合に発生する問題を説明するために、インクの付いた指 1 を紙の上でローリングする場合に見いだされ、また、独立した画像のシーケンスを結合することにより全体画像 3 として生成されるべき、ローリングされた指 1 の全体画像 3 の結果を、図 2 の左側の部分図に示す。

10

【 0 0 4 4 】

上の行の右側に示されている指 1 の詳細記録によれば、全体画像 3 は、時間間隔ごとの 3 つの画像から組み立てられる。従来技術によれば、指 1 の一連の 3 つの即時記録は、一定の時間方式で、画像記録ユニット 2 全体の完全な画像としてサンプリングされる。次に、情報を含む画像部分が抽出され、それにより、図に示す 3 つの画像ストリップ 1 2 a ~ 1 2 c が得られる。即時記録の間の時間間隔が、指 1 の動きに比較して長すぎる場合（つまり、画像記録ユニット 2 の画像レートが低すぎる場合）は、画像ストリップ 1 2 a ~ 1 2 c の端の領域にオーバーラップが存在していても、ローリングの動きの間に指 1 がずらされると、またはそれに加えて、そのずれの方向に対して横に回転させられると、全体画像 3 を組み立てる際に相関関係の問題が発生する。

20

【 0 0 4 5 】

このスキニングの例では、上の 2 つの乳頭状隆線 1 3 および 1 4 は並進運動を行っており、さらに、一番上の乳頭状隆線 1 3 は回転運動を受けている。右上の拡大された詳細図では、ストリップ 1 2 a からの、乳頭状隆線 1 3 の第 1 セグメント 1 3 1 は、ストリップ 1 2 b からの、上の乳頭状隆線 1 3 の関連する第 2 セグメント 1 3 2 よりも、ストリップ 1 2 c からの、次の乳頭状隆線 1 4 の第 3 セグメント 1 4 3 により近くなっている。これにより、全体画像 3 内で、少なくとも乳頭状隆線 1 3 および 1 4 の、間違っただ組み合わせが発生する可能性があり、したがって、ローリングされた指 1 の構造が誤って解釈される可能性がある。

30

【 0 0 4 6 】

図 2 の詳細図の下の方に示す、より高い画像レートでのスキニングを表す組み合わせは、時間間隔ごとの 5 つの画像が使用されているという点で、明らかに優れている。そこから抽出された 5 つの画像ストリップ 1 2 a ~ 1 2 e により、指 1 のローリングに同時に重ね合わされた、ずれおよび回転運動を検出することが可能になり、したがって、全体画像 3 内でのストリップ 1 2 a ~ 1 2 e の、あいまいでない、正しい組み合わせを実現することが可能になる。これは、1 つの画像ストリップ 1 2 から次の画像ストリップまでの間で省かれる乳頭状隆線は、大幅に制限され、したがって外挿することが可能なためである。

【 0 0 4 7 】

40

ただし、指 1 をローリングするには、画像記録ユニット 2 の比較的広い記録表面 2 1 が必要とされるため、画像レートの任意選択による増加には制限がある。これらの制限は、特に、画像レートの増加に伴い、センサのコストが不釣り合いに上昇することにより発生する。

【 0 0 4 8 】

図 3 は、指紋 1 1 の即時表面が、各インスタンスで、独立した画像読み出しごとに楕円表面を示している点で、画像読み出し速度が遅すぎることに発生する別の問題を示す。実線で示されている楕円 1 5 a、1 5 b、および 1 5 c は、安価な画像センサの従来の読み出しを使用した、時間間隔が空きすぎている指紋画像の内容を示し、他方、追加の中間スキャンにより増加された画像レートは、本発明によれば安価なセンサを使用して実現

50

され、または従来技術によれば非常に高価なセンサを使用することによってのみ実現される、点線で示されている楕円 15 d および 15 e により表されている。

【0049】

1つの独立した画像記録から次の独立した画像記録までの間の最も大きな変化（指の形状により発生する）は、指紋 11 の上と下の端の領域で発生する。したがって、2つの記録の間の共通部分は、端の領域において最も小さくなる。図3に示すように、乳頭状隆線の分岐 161 または乳頭状隆線の終端 162、163、164 のような特徴が、時間的に相互に続いている指紋表面（実線の楕円 15 a ~ c として示されている）の外部に見いだされる場合、乳頭状隆線 16 はしたがって、即時に取り込まれた指紋 11 の、第1の楕円 15 a の隆線の途切れ 16 a が、次の楕円 15 b の隆線の途切れ 16 b および 16 c に、
10
もはや完全に接続されることはできないような方法で、結果の画像内で中断される（図3の右に詳細図を示す）。

【0050】

図3の拡大された詳細図から明らかなように、各インスタンス内には、（即時指紋 11 の図としての）実線で示す2つの隣接した楕円 15 a と 15 b、および 15 b と 15 c の間に、それぞれ、切断領域 17 が存在する。切断領域 17 は、図2に示す切り取られた画像ストリップ 12 の幅全体にわたって拡大されることはないため、乳頭状隆線 16 のいくつかの領域は、楕円 15 a、15 b、および 15 c の接合された全体画像の外側になる。左に示されている円形詳細図内では、画像レートが遅すぎるため、実線の楕円 15 a ~ 15 c のみが含まれる場合を説明するために、2つのそのような領域が選択され、拡大され
20
ている。

【0051】

左上部分の詳細図では、結合された全体画像 3 は、楕円領域 15 a ~ c の最適な相関の後で、ギャップを有するよう見える。指紋領域 15 a ~ c が結合され、したがって破損されている場合、分岐 161 は、1つの部分ではなく、3つの部分（隆線の終端）を有するものとして描かれる。整合性解析を行なった場合でも、これが分岐であるのか、隆線の連続と隆線の終端とであるのか、または実際に3つの終端する隆線であるのかを明確にすることはできない。

【0052】

図3の左下の詳細図は、楕円 15 b と 15 c との間の、ローリングされた指 1 の別の重要な領域を示し、この中では、スキヤンのギャップ内に配置されている2つの乳頭状隆線の終端 162 および 163 と、1つの乳頭状隆線の終端 164 とが、完全な全体画像 3 内に示されている。ギャップを有する、この結合された結果画像は、5つの隆線終端のよう
30
に見える5つの隆線中断 16 a ~ 16 e を示し、それらが何らかの方法で同じ隆線に属するものであるかどうかに関しては、いかなる結論を引き出すことも許可しない。この場合は、整合性解析を使用することにより、隆線中断 16 a ~ 16 e が次のいずれであるかについて推測することのみが可能である。

- 隆線中断 16 a から隆線中断 16 c および 16 d への、または隆線中断 16 b から隆線中断 16 d および 16 e への単純な分岐と、16 b から 16 e への、または 16 a から 16 c への連続隆線、
40
- 隆線中断 16 a から 16 c または 16 d への、あるいは 16 b から 16 d または 16 e への連続隆線と、3つの隆線終端が予想され、あるいは
- 隆線中断 16 a および 16 b から、16 c、16 d、または 16 e への、2つの連続隆線と、隆線中断 16 c ~ 16 e のうちの1つにおける隆線終端。

【0053】

完全に正確な全体画像 3 は、指紋楕円 15 b と 15 c との間の、点線の楕円 15 e として示されている、指 1 の中間スキヤンによって表される、より高い画像レートによってのみ、つまり、画像記録ユニット 2 の画像レートが約 2 倍になった場合にのみ、得ることが可能である。指 1 のこのスキヤン状況は、図3の右下の詳細図に示されており、やはり、従来技術によれば、高い解像度と、かなり高い（例えば 2 倍の）画像レートを有する、非
50

常に高価な画像センサが必要とされる。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、記録表面 2 1 において漏れ全反射の原理を使用する、指 1 の光電子画像記録のための画像記録ユニット 2 を示す。従来の基本構成では、画像記録ユニット 2 は、拡散光照明ユニット 2 4、プリズム 2 5、および撮像光学部品と光電子センサ 2 2 とを有するカメラ 2 6 を含む。この原理によれば、プリズム 2 5 の底面が、実際の記録表面 2 1 である。光は、指 1 が前記底面上に置かれていない場合（つまり、全反射のための臨界角（この場合は、ガラス / 空気）が超過されている場合）に、前記底面において全反射されるような方法で、照明ユニット 2 4 によってプリズム 2 5 内に結合される。したがって、明るく照らされた画像が、カメラ 2 6 内のセンサ 2 2 上にある撮像光学部品によって生成される。指 1 がプリズム 2 5 上に置かれると、指 1 が当てられた点において、ガラスから空気への遷移が、ガラスから皮膚への遷移に変化する。皮膚は空気よりも屈折率が高いので、全反射の臨界角がより大きい。したがって、それらの場所においては全反射が取り消され、光は結合から出される。したがって、指 1 は、カメラ 2 6 内に配置されたセンサ 2 2 上で、黒から白への遷移による画像として描かれる。センサ 2 2 は、これらの光強度を電気信号に変換し、続いて、それらの電気信号はデジタル化され、それにより、規定された空間およびグレー値解像度を有する画像が結果として得られる。

10

【 0 0 5 5 】

指紋 1 1 の光電子画像記録は、CCD または CMOS 技術に基づくマトリクスセンサまたはラインセンサによって、一般性を制限することなく実行される。

20

【 0 0 5 6 】

上で説明した図 4 の装置内では、プリズム 2 5 の下側が、指 1 のための記録表面 2 1 である。以下では、単純化のために、および上で説明した画像記録原理に限定しないために、記録表面 2 1 および画像記録ユニット 2 のみが、本発明を説明する目的で言及される。ローリングされた指 1 は、所望の任意の方法で、画像記録ユニット 2 内で、電子画像に変換され、デジタル形式で読み出される。

【 0 0 5 7 】

光電子センサ 2 2 の代わりに、容量性、感圧性、超音波ベース、または感熱センサを、指紋 1 1 の記録用に適切に設計された画像記録ユニット内で、同等の方法で使用することも可能である。

30

【 0 0 5 8 】

図 5 による装置内で、好ましくはハードウェアとして実施される、本発明の方法は、さまざまな物体表面および物体速度を考慮に入れ、したがって、動いている物体に最適に適合するスキャンを提供する。

【 0 0 5 9 】

図 1 に示すように、ローリングされる指 1 を記録するための方法は、以下の方法ステップに分割される。

- プットオン (put-on) 認識 6 1 (PR ルーチン 6 1)
- 動きの追跡 6 2 (MT ルーチン 6 2)
- ローリングの開始の認識 6 3 (RSR ルーチン 6 3)
- ローリングの追跡 6 4 (RT ルーチン 6 4)
- ローリングの終了の認識 6 5 (RE R ルーチン 6 5)

40

【 0 0 6 0 】

本方法の開始点は、図 1 に示すように、ローリングプロセスが行なわれるということを伝える（任意の形態の）情報である。この情報は、一般に、記録されたデータを処理する外部コンピュータユニット 4 によって伝えられる。ただし、この情報は、インタフェースを介して図 5 の装置と通信を行う、別の外部システムによって与えられてもよい。この伝達された情報を通して、前記装置は、指 1 が間もなく置かれることを理解し、適切な認識ステップを開始する。

【 0 0 6 1 】

50

本方法の以下の認識ステップは、次の起動に基づいて進む。

【0062】

プットオン認識61（PRルーチン）

PRルーチン61の目的は、支持表面21上に有効な指紋11が存在しているかどうかを、画像記録ユニット2により提供される各画像31内で検査することである。その際には、各行または列内の隣接するグレー値ピクセルの間の差を取ることによって、各画像31から、xグラディエント画像71およびyグラディエント画像72が生成される。

【0063】

図6は、「有効な指紋」を認識するための、可能なプログラム実行を示す。このプログラム実行は、各インスタンス内の一連の画像の中の、独立した画像31に関するものである。値 Dx_i, j を有するx方向のグラディエント画像71、および値 Dy_i, j を有するy方向のグラディエント画像72は、グレー値分布 G_i, j を有する、電子的に変換された各画像31から、各行および各列内の記録された隣接するグレー値ピクセルの間の差73および74をそれぞれ取ることににより形成される。差73は、行内で実際に生成されるべき、グラディエント画像71の各ピクセルについて、画像31内の関連するグレー値ピクセルの直接先行ピクセルおよび直接後続ピクセルから取ることが可能であり、または、感度を向上するために、先行ピクセルの先行ピクセルおよび後続ピクセルの後続ピクセルから取ることが可能である。列方向の差74については、対応する方法でこれが実行される。

【0064】

この方法で生成されたグラディエント画像71および72は、所定のグレー値のしきい値 SwA を超える差の値73および74について検索される。グレー値のしきい値 SwA は、その値を超えると先行および後続のグレー値ピクセルから形成された差の値73または74が「有効」と見なされる、差の値の量を規定する。このグレー値のしきい値 SwA は、厳密に規定される必要はなく、変化させること（1つの画像から他の画像への変更すること）もでき、したがって、入力画像31の画像品質により良く適合させることが可能である。

【0065】

差が有効な場合、xグラディエント画像71の行について差カウンタ75内で規定されている変数 $CountR_j$ 、またはyグラディエント画像72の列について差カウンタ76内で規定されている変数 $CountC_i$ の、カウントが1つ増加される。

【0066】

条件の検査、および差カウンタ75および76のカウントの増加は、列または行の最後に到達するまで行なわれる。次に、差カウンタ75および76内のそれぞれのカウントが、最小しきい値を超えているかどうかを検査される。その際には、差カウンタ75および76内で決定された有効な差の値73および74の量が、しきい値 SwB または SwC を超えているため、有効な行または列であることを表す行または列が、すべての有効な行については行カウンタ77内で（ $RowCount$ ）、またはすべての有効な列については列カウンタ78内で（ $ColumnCount$ ）合計される。

【0067】

しきい値 SwB および SwC は、同じサイズを有することが可能である（ただし、同じサイズである必要はない）。画像記録ユニット2の行方向で指1をローリングするプロセスの間、画像31ごとの有効な差73の量は、行方向で急激に変化する。この量は、ローリングプロセスの開始時と終了時には、ローリングプロセスの中間部分での量の約半分になる。他方、列方向の有効な差74の量は、ローリングプロセスの間、比較的一定しており、行方向での、ローリングプロセスの中間部分の間の有効な差73の量と同程度の大きさである。したがって、しきい値 SwC は、しきい値 SwB よりも大きくなるように選択されてもよい。本例では、指1の配置に対してより高感度になるように、両方のしきい値 SwC および SwB が同程度であるように選択されている。

【0068】

グラディエント画像 7 1 および 7 2 のすべての行および列について、有効な行および列が調べられ、行カウンタ 7 7 および列カウンタ 7 8 内で合計されたら、有効な列についての列カウンタ 7 8 のカウント値 (Column Count) または有効な行についての行カウンタ 7 7 のカウント値 (Row Count) が、しきい値 S_{wD} または S_{wE} を超えているかどうかについての比較が行なわれる。この比較では、より高感度な検査のためには、しきい値 S_{wD} および S_{wE} について同じ値が選択される。ただし、純粋に形式的な点では、しきい値 S_{wB} と S_{wC} の場合と同様に、しきい値 S_{wE} は、しきい値 S_{wD} よりも大きくなるように選択されてもよい。有効な指があるかどうかについての決定は、また、行カウンタ 7 7 および列カウンタ 7 8 のうちの 1 つだけがしきい値 S_{wD} または S_{wE} を超えるということに制限されてもよい。指 1 が行方向にローリングされる場合は、例えば、列カウンタ 7 8 が、この目的に最適である。行カウンタ 7 7 および / または列カウンタ 7 8 の出力値が、しきい値 S_{wD} または S_{wE} を超える場合は、有効な指が記録表面 2 1 上に存在し、そして、動きの追跡 6 2 が開始されてもよい。

10

【0069】

動きの追跡 6 2 (MTルーチン) :

図 7 に示す MTルーチン 6 2 は、指 1 のローリングの動きの結果として位置が連続的に変化する、実際の指紋 1 1 (指紋表面) の位置を追跡するために役立つ。

【0070】

MTルーチン 6 2 による評価の開始点は、また、コントロールパネル内のスイッチ、フットスイッチ、または外部装置 (例えば、コンピューティングユニット 4) により与えられてもよい。

20

【0071】

MTルーチン 6 2 を最初に通して実行する際には、画像記録ユニット 2 の画像 3 1 の読み出しは、センサ 2 2 のアクティブな表面全体のサイズを有しており、したがって完全な画像である。それに続いて MTルーチン 6 2 を通して実行する際には、計算された領域サイズによっては、センサ 2 2 の 1 つの選択されたアクティブなピクセル領域 2 3 のみが読み出され、それにより、読み出し画像 3 1 は、センサ表面全体に対して部分的な画像となる。

【0072】

図 7 と、図 8 の概略図とを参照して機能が説明される、MTルーチン 6 2 は、指 1 が有効な指として認識された後の、指 1 の規定されたローリングのための準備として、動いている指 1 を追跡するために役立つ。画像記録ユニット 2 から続いて読み出される、適合させられた各画像 3 1 について、適切な情報を有する画像 3 1 のセクションの位置およびサイズが再計算され、センサ 2 2 のピクセルセクタ 2 3 として決定される。

30

【0073】

図 7 のフローチャートとして示されている MTルーチン 6 2 で、グレー値 $D_{x_i, j}$ を有する x 方向のグラディエント画像 8 1、および $D_{y_i, j}$ を有する y 方向のグラディエント画像 8 2 は、グレー値分布 $G_{i, j}$ を有する各画像 3 1 から計算されるか、または、PRルーチン 6 1 からグラディエント画像 7 1 および 7 2 が直接引き継がれる。PRルーチン 6 1 と同様に、差の値はピクセル環境 (例えば、決定されるべきピクセルの先行ピクセルの先行ピクセルと、後続ピクセルの後続ピクセルとの間の差) から取られる。

40

【0074】

所定のグレー値のしきい値 S_{wA} を超える有効な差の値 8 3 および 8 4 が、これらのグラディエント画像 8 1 および 8 2 内で探される。グレー値のしきい値 S_{wA} は、PRルーチン 6 1 と同様に規定される。

【0075】

各行または列内で、最初と最後の有効な差の値 8 3 および 8 4 が、それぞれ、これらの有効な差の値 8 3 および 8 4 から決定され、Start X または Start Y、および End X または End Y として一時的に記憶される。行または列の最後に達したら、開始値 Start X または Start Y のピクセル位置におけるそれぞれの空間ヒストグラム 8

50

5 と 8 6、および終了値 E n d X または E n d Y のピクセル位置におけるそれぞれの空間ヒストグラム 8 7 と 8 8 の中で、前記開始値および終了値が使用され、それにより、図 7 のヒストグラムボックス内で指定されている式に従って、その位置におけるカウントが 1 つ増やされる。

【 0 0 7 6 】

例えば、(x グラディエント画像 8 1 から) 画像 3 1 のピクセル番号 3 1 2 が行の開始値であると判定された場合、開始値ヒストグラム 8 7 (H i s t o S t a r t X) の点 3 1 2 におけるカウント値が 1 つ増やされる。すべてのヒストグラム (開始値ヒストグラム 8 5 と 8 6、および終了値ヒストグラム 8 7 と 8 8) が決定された場合は、x 方向で決定するために、行の最後に達しており、また、y 方向で決定するために、列の最後に達しており、ヒストグラム 8 5 ~ 8 8 が評価される。

10

【 0 0 7 7 】

4 つのヒストグラム 8 5 ~ 8 8 から、有効な開始値および終了値を見つけるには、いくつかの可能性がある。

- 1 . それぞれのヒストグラム内で発生するすべての値の平均値。
- 2 . それぞれのヒストグラム内で発生するすべての値のメジアン値 (頻度順にすべての値を並べ、その平均を取った値) 。
- 3 . 重心、例えば、面積の中心 (頻度 H_i とそれらの位置 i との積のすべての和を、すべての頻度の和で割った商) 。

【 数 1 】

20

$$W = \frac{\sum_i H_i \cdot i}{\sum_i H_i} ;$$

4 . ヒストグラムの行または列内で有効な値が見いだされる、最小位置 (開始値について) または最大位置 (終了値について) 。

5 . 有効な値がしきい値を超える、ヒストグラム内の最小位置 (開始値について) または最大位置 (終了値について) 。

6 . ヒストグラム内で最も頻繁に発生する値の位置。

30

7 . ヒストグラム内で、有効な値の最小量に達する前の位置。

8 . 有効な値の最小量がしきい値を超える前の、ヒストグラム内の位置。

9 . 有効な値の最初の発生から開始した、頻度分布曲線の積分が、所定のしきい値のパーセンテージを超える前の位置。

(有効な開始値または終了値の位置がカウントされる方法 4 ~ 9 では、カウントは、開始値については 0 位置から上に向かって進み、終了値については最大位置から下に向かって進む) 。

【 0 0 7 8 】

計算を減らすために、上に列挙した方法から選択される方法は、各画像 3 1 の列および行の一部のみに適用して、計算時間を短縮することが望ましい。

40

【 0 0 7 9 】

これにより決定される開始値および終了値は、指紋 1 1 を完全に含む、好ましくは長方形の取り囲む形 3 2 の境界を形成する。ただし、楕円または類似した平面図形が、取り囲む形 3 2 として使用されてもよい。

【 0 0 8 0 】

指 1 のローリングの方向に対して横の方向では、記録表面 2 1 がほぼ全体にわたって使用されるため、取り囲む形 3 2 の計算に意味がない場合は、図 1 0 a および 1 0 b で長方形として示されている取り囲む形 3 2 は、図 1 1 a ~ 1 1 c に示されているように、左の開始境界 3 5 (S t a r t X) および右の終了境界 3 6 (E n d X) の決定に限定されてもよい。

50

【 0 0 8 1 】

いかなる状況でも指紋 1 1 がトリミングされないことを保証するには、上述の方法のうち、第 4 の方法を使用しなければならない。ただしこれは、記録表面 2 1 上のわずかな外乱によっても長方形 3 3 が大きくなりすぎ、それにより、読み出し速度が制限される結果になるという欠点を有する。

【 0 0 8 2 】

図 5 の光電子画像記録ユニット 2 に関連しては、上述の方法のうち、第 9 の方法が特に有利であることが実証済みである。指紋 1 1 のトリミングを大部分除外するために、見いだされた開始値から減算され、終了値に加算される、許容領域が導入される。同じ許容領域が、後で、画像 3 1 を組み立てる場合に、(画像の端から減算される) 境界領域を形成してもよく、それにより、計算が実行されなくても切り抜く際の端の問題が防止される。

10

【 0 0 8 3 】

許容領域は、長方形 3 3 を維持したまま、ローリングしている指 1 が、後の 3 つの画像 3 1 でも、トリミングされずに長方形 3 3 内に依然として配置されるような方法で選択されなければならない。

【 0 0 8 4 】

カメラ 2 6 のセンサ 2 2 が、例えば、20 I / s で読み出され、通常のローリングプロセスが 2 秒間継続される場合、この時間内に 40 の画像が記録される。図 8 a および 8 b の長方形 3 3 の (左) 開始境界 3 5 を示す S t a r t X 線が、この時間内に 400 ピクセルだけ移動すると仮定すると、その移動が均一な動き (加速なし) である場合、S t a r t X 線は、2 つの連続する画像 3 1 の間で 10 ピクセルだけ移動する。指 1 が、さらに 3 つの画像 3 1 で、この長方形 3 3 内に配置されることが望ましい場合、許容領域は、少なくとも 30 ピクセルのサイズを有していなければならない。この許容領域は、指 1 が (ローリングされる方向に関係なく) この長方形 3 3 内に、各場合に配置されることを保証する。

20

【 0 0 8 5 】

許容領域を計算する際の第 2 の問題は、長方形 3 3 のサイズが異なる場合の読み出し速度の変化である。アクティブなピクセル領域 2 3 を決定することにより、使用されるセンサ 2 2 内で読み出し速度を増加することが可能な場合 (例えば、米国ナショナル・セミコンダクターズ社 (N a t i o n a l S e m i c o n d u c t o r s , I n c . , U S A) の「ウィンドウイング」機能を有する L M 9 6 3 8) は、許容領域も変更することが役に立つ。

30

【 0 0 8 6 】

上の例で述べたように、アクティブな表面が完全に読み出される場合に毎秒約 20 画像を読み出すことができ、画像から画像への中で開始境界 3 5 (左の境界 = アクティブなピクセル領域 2 3 の S t a r t X 線) が 10 ピクセル動く、このタイプのセンサ 2 2 では、アクティブなピクセル領域 2 3 のサイズが、例えば、アクティブなセンサ表面の半分に制限されている場合は、毎秒 40 画像を読み出し可能であり、アクティブなセンサ表面の 3 分の 1 に制限されている場合は、66 I / s の画像レートを実現可能である。したがって、前記線の動きは、画像ごとに 10 ピクセルではなく、画像ごとに 5 または 3 . 33 ピクセルとなり、許容領域は 15 または 10 ピクセルに制限されることが可能である。

40

【 0 0 8 7 】

長方形 3 3 は指紋 1 1 が常に収まるだけの十分な大きさ有し、そして、アクティブなピクセル領域 2 3 により与えられる、少なくとも次の画像 3 1 でもこれが同様であることが保証されている場合は、M T ルーチン 6 2 内での動きの追跡のために、固定された長方形サイズが使用されてもよい。長方形 3 3 は、次の 2 つの方法で配置されてもよい。

- 指紋 1 1 の重心 (好ましくは、面積の中心) に、固定されたサイズの長方形 3 3 の中心を配置。

- 上述の 9 つの方法のうちの 1 つに従って、取り囲む形 3 2 の開始値および終了値を計算し、固定された長方形 3 3 の中心が、開始値および終了値から計算された平均値に設定

50

されるように、固定された長方形 3 3 をこれらの境界の周囲に配置する。

【 0 0 8 8 】

長方形 3 3 の境界が許容領域とともに決定されたら、見いだされた値が、画像記録ユニット 2 のセンサ 2 2 のレジスタに入力され、画像記録ユニット 2 は、その後、次の画像 3 1 が読み出される際に、この領域のみを記録および再生成する。

【 0 0 8 9 】

ローリングの開始の認識 6 3 (R S R ルーチン 6 3) :

M T ルーチン 6 2 が現在の画像 3 1 を評価し、形 3 2 の新しいサイズを判定した後は、R S R ルーチン 6 3 を実行することにより、形 3 2 の位置が、前の画像 3 1 の形 3 2 の位置と比較される。

【 0 0 9 0 】

右に向けての、および左に向けてのローリングプロセスは、それぞれ、図 8 a および図 8 b に示されている。上の断面図では、指 1 を正しく配置して、記録表面 2 1 上で指紋 1 1 の全体がローリングされるために便利のように、記録表面 2 1 が、3 分の 1 ずつ 3 つに分割されている。この目的のために、指 1 は、好ましくは、前記 3 分割の 2 番目に配置され、前記 3 分割の 1 番目または 3 番目にローリングされる。そのようにする場合、重心 3 4 と、長方形 3 3 の境界 3 5 および 3 6 (S t a r t X および E n d X) とが変化するように、ローリングの動きはすでに実行されている。

【 0 0 9 1 】

目的が、例えば左から右に、ローリングプロセスを実行することである場合、完全なローリングプロセスのためには、指 1 が、前記 3 分割の 2 番目にある、支持表面 2 1 の中心に配置され、開始点に向けて左にローリングされる。重心、長方形 3 3 の開始境界 3 5 (左) および終了境界 3 6 (右) も、同様に、左に移動する。支持表面 2 1 の、前記 3 分割の 1 番目にある開始点に達したら、右に向けて指 1 をローリングすることにより、ローリングプロセスが開始されてもよい。ローリングプロセスの開始点およびこのイベントの開始が、この情報を必要とするすべてのシステム構成要素に伝えられる際には、終了境界 3 6 (右) の移動方向の変化が、好ましくは検出される。

【 0 0 9 2 】

開始点の検出は、また、重心の変位によって、あるいは、終了境界 3 6 および重心 3 4 の動きの反転の組み合わせによって判定されてもよい。後者の場合、重心 3 4 の変位方向の変化、および長方形 3 3 の終了境界 3 6 (E n d X 線) の変位方向の変化が、指標としての役割を果たす。この変種は、最初の 2 つよりも堅牢である。

【 0 0 9 3 】

本方法をより堅牢にするために、さらに、画像 3 1 の規定された (大きな) 量を超えて、重心 3 4 および / または終了境界 3 6 (長方形の右の境界) が、最初の方向とは反対の同一方向に一貫して移動された後にのみ、ローリングプロセスが行なわれているかどうかの決定を行うことも可能である。しかしこれは、読み出し画像 3 1 を処理するためには、ローリングプロセスの実際の開始点から、開始点が確立された後の画像 3 1 までのすべての画像 3 1 が一時的に記憶される、一種のリングバッファ記憶装置 4 1 が必要とされることを意味している (図 9 を参照) 。したがって、少なくとも、ローリングプロセスの開始を決定するために必要とされる画像 3 1 の量 p が、リングバッファ記憶装置 4 1 に収まらなければならない。

【 0 0 9 4 】

開始点が決定されたら、リングバッファ記憶装置 4 1 から、すべての画像 3 1 が最初に読み出され、処理のために転送される。

【 0 0 9 5 】

上述の考慮のすべては、ローリングが左に向かって進む場合にも、まったく同じ方法で適用される (ただし、右の境界の代わりに開始境界 3 5 (長方形 3 3 の左の境界) が考慮されることを除く) 。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

上述の条件のうちの1つに従ってローリングプロセスが開始された場合、これは、処理ユニット5によって画像記録ユニット2に接続された外部コンピューティングユニット4（例えば、PC）に信号で伝えられる。さらに、コンピューティングユニット4には、ローリングプロセスを判定するために使用された画像31の数も通知され、それによりコンピューティングユニット4は、画像記録ユニット2のアクティブなピクセル領域23を準備するためにすでに使用された画像31が一時的に記憶されたバッファ記憶装置から、それらの画像を取り入れて、全体画像3を組み立てる。この目的のために、制御ハードウェアとして構成された処理ユニット5内、または外部コンピューティングユニット4内のいずれかに、図9のリングバッファ記憶装置41が提供される。RSRルーチン4のために必要とされる画像31が、このリングバッファ記憶装置41内に一時的に記憶される。これは、バッファメモリ41内の記憶位置の量は、ローリングの開始を判定するために使用される画像31の量よりも1つ大きくなければならないということを意味している。

10

【0097】

ローリングプロセスの開始点が検出された場合は、図1のループ2が終了され、ループ3が開始される。これは、指1が予期せずに持ち上げられた場合に、ローリングプロセスの記録を終了するために、再びプットオン（put-on）テスト（PRルーチン61を参照）により開始される。有効な指紋11が提供されている場合は、ローリングの追跡が開始される。

【0098】

ローリングの追跡64（RTルーチン64）

20

RTルーチン64は、規定されたローリングの間、指1を追跡するために使用される。RTルーチン64は、動きの追跡62と同様に、指紋11の重心34および境界35と36を判定するだけでなく、重心34の速度および/または長方形33のそれぞれの境界35と36の速度を単独に計算することにより、ローリングプロセスの速度も判定する。さらに、ローリング速度の一時的な変化を検出するために、指の重心34および/またはそれぞれの長方形境界35と36の加速度も判定される。

【0099】

ローリングプロセスの速度および加速度は既知であり、ローリングの方向は、ローリングプロセスの間、変化しないままなので、指紋11の取り囲む形23と、拡大された長方形33の境界35および36との間の、選択された許容値は、MTアルゴリズム62に比較して、小さくすることが可能である。

30

【0100】

複数の画像31の間でローリングの方向が変化した場合、または、画像31内で指1が持ち上げられた場合、これは、RERアルゴリズム65またはPRアルゴリズム61によって検出され、ローリングの終了として解釈される。

【0101】

ローリングプロセスの間、支持表面21上を、指1がローリング手法で動かされ、支持表面21上では、使用される物理的原理に関係なく、さまざまな時点において指紋11が記録される。指1の形と弾力性により、指紋11の幅および高さは変化する。

【0102】

40

これに関連して、図10aおよび図10bは、異なる連続しない時点において記録される、2つの指紋11を示す。指紋11の幅は異なっており、取り囲む形32も、幅 $S(n) = E(n) - A(n)$ から $S(m) = E(m) - A(m)$ に変化していることがわかる。指紋11の周囲の形32の幅が減少すると、アクティブなピクセル領域23がより狭く調節された結果として、画像記録ユニット2の画像レートが増加されることが可能となる。

【0103】

MTルーチン62に関連して、固定された許容値を、開始値から減算し、そして、終了値に加算することにより、有効な開始値および終了値を求める方法については、すでに説明した。MTルーチン62内での許容領域のサイズは、ローリングプロセスの最大発生速

50

度に適応させられるため、厳密に規定される。その結果として、選択される許容範囲は比較的大きくなくてはならず、したがって、画像読み出し時間は浪費される。MTルーチン62では、記録される指紋11は視覚化のために使用されるだけなので、これは問題とはならない。しかし、ローリングプロセスでは、読み出し速度が増加されるたびに、全体画像3の正しい組み立ての向上がもたらされるため、毎秒の読み出し画像31の数をできるだけ多くする必要がある。したがって、開始済みのローリングプロセスに関する以前に得られた知識によって、読み出し時間がかなり減らされてもよい。

【0104】

第1に、ローリングの方向は、ローリングの開始の認識63を介して知られており、つまり、許容領域は1方向のみで最大値を有する必要がある。第2に、ローリングの方向が一定していることにより、速度および可能な加速度が計算されることが可能であり、また、指紋11を取り囲む形32の境界と、したがって、必要な長方形33の境界との、より正確な予測を行なうことが可能である。速度を判定するプロセスを、図11a~11cに示す。x方向のローリングの間は、重心（例えば、指紋の面積の中心、取り囲む形32の境界35と36のx方向での差として計算された重心）のx方向での速度、および2つの境界のx方向での速度という、3つの速度が主に関連する。ローリングがy方向に実行される場合は、y方向の速度について、類似した方法で同じことが当てはまる。速度は、対象として含まれる距離と、サイクル時間（可能な最大の積分時間）とから計算される。速度は、物理的に、次により定義される。

【数2】

$$v = \frac{ds}{dt} \approx \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

sは、対象として含まれる距離であり、例えば、次により計算される取り囲む形32の開始境界である。

【数3】

$$\Delta s(n) = A(n) - A(n-1) \quad (2)$$

インデックスnは、値の範囲0 ≤ n ≤ N - 1の、画像31の記録の任意選択の時点を表し、ここで、Nは、すべての記録される画像31の合計量である。したがって、n - 1は先行の時であり、n + 1は後続の時である。tは、CCDおよびCMOSセンサを使用している場合のサイクル時間、つまり、アクティブなピクセル領域23と、したがって、制限された画像31とを読み出すために必要とされる時間である。

【0105】

読み出し速度を画像サイズの関数として制御する可能性を提供しないセンサは、完全な画像の読み出しに関連する一定のサイクル時間を有するため、計算を単純にするために、

tによる除算は省かれてもよい。米国ナショナル・セミコンダクターズ社(National Semiconductors, Inc., USA)によるLM9638などのセンサでは、使用されるアクティブなピクセル領域23のサイズによって、サイクル時間は変更されることが可能であり、サイクル時間は次のように計算される。

【数4】

$$\Delta t = T(n) = T_{\text{Integration}} = \frac{N_{\text{Rows}} \cdot (N_{\text{Column}} + R_{\text{opcycle}} + R_{\text{itime}})}{f_{\text{PixelClock}}} \quad (3)$$

センサ22の12~27MHzのピクセルクロックは、 $f_{\text{PixelClock}}$ により表されている。個々のピクセルは、このピクセルクロックを使用して読み出される。 N_{Rows} および N_{Column} は、センサ22のアクティブなピクセル領域23内の必要な行

および列の量である。R o p c y c l e は、固定された整数値 140 である。これは、センサ 22 の行を読み出す前および後のすべての中間ステップを実行するために必要とされる時間である。

【0106】

適合させられた長方形 33 が、アクティブなピクセル領域 23 (ウィンドウズ・オブ・インタレスト (Windows of Interest)) として読み出される場合、R i t i m e は固定された整数 34 であり、それ以外の場合、R i t i m e は 0 である。これにより、例えば、ピクセル周波数 25 MHz、および 1280 × 1024 ピクセルでのセンサ 22 の完全な読み出しにおいては、16.8 画像 / 秒の画像レートが与えられる。R T ルーチン 64 が終了したばかりの場合、画像 31 の幅はそれにより半分 (640 × 1024 ピクセル) に減少するため、画像レート 30 I / s (画像 / 秒) が実現される。

10

【0107】

長方形 33 の次の境界 35 または 36 の予測を計算するためのもう 1 つの物理量は、加速度である。これは、速度のあらゆる変化を、計算の中で考慮に入れる。加速度は、次のように計算される。

【数 5】

$$a = \frac{dv}{dt} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_A(n+1) - v_A(n)}{T(n+1)} \quad (4)$$

20

【0108】

加速度は、2 つの先行する速度から決定されるため、最初の予測は加速度の計算なしで実行される。

【0109】

ローリングシーケンスの実験により、取り囲む形 32 の境界 35 および 36 (つまり、ローリングの方向での、指紋 11 の x 方向での開始および終了) の、一定のサイクル時間における移動は、t a n h 関数に類似しており、次の式により近似できることが示されている。

【数 6】

$$s_n = F \left[1 + \tanh \left(\pi \cdot \frac{n - \frac{N}{2}}{N} \right) \right] + Z \quad [\text{pixels}] \quad (5)$$

30

【0110】

パラメータ F および Z は、関数を実際のローリングプロセスに適合させるために役立つ、例えば、時間 t = 0 における開始値、およびローリングプロセスの最後 t = における開始値を考慮することにより、次のように計算できる。

【数 7】

$$F = \frac{\text{Start}_\infty - \text{Start}_0}{2 \cdot \tanh\left(\frac{\pi}{2}\right)}; \quad z = \text{Start}_0 - F \cdot \left[1 + \tanh\left(-\frac{\pi}{2}\right) \right] \quad (6)$$

40

【0111】

例えば、値 F = 132 および Z = 128 が、所定のローリングプロセスについてもたらされた。このようにして、図 12 a に示すような曲線を得ることができる。図 12 a で、s (n) は、画像記録ユニット 2 の支持表面 21 上でローリングされる指 1 によって反転されるピクセルを表す。最大の変化は、n = 18 と n = 24 との間で発生することがわか

50

る。

【0112】

この変化は、ローリングプロセスの速度を示す図12bにも反映されている。時間サイクルは一定なので、時間による除算は省略されている。したがって、 $v(n)$ は、それぞれの時間におけるピクセルの変化（次の画像31の前にいくつのピクセルが反転されるか）を表している。 $n=22$ において最大速度に達する（9.2ピクセル/画像）、つまり、ローリングの中央で速度は最大になる。したがって、この領域内では、画像記録ユニット2はできるだけ迅速に読み出されることが、特に重要である。

【0113】

ローリングプロセスの加速度は、図12cにプロットされている。この場合も、一定のサイクル時間が選択されたため、サイクル時間による除算は省略されている。したがって、 $a(n)$ は、2つの連続する画像31の間のピクセル変化の偏差を表す。加速度 $a(n)$ は $v(n)$ の微分なので、 v の最大（ $n=22$ ）において $a(n)$ の値は0に等しくなる。関数 $a(n)$ は、さらに、 $n=13$ の場合と $n=31$ の場合に、2つの極値（0.5および-0.5ピクセル/画像）を有する。これらの両方の点において、2つの読み出し画像31の間の速度の変化は最大になる、つまり、これらの点において、間違っただけ計算の可能性が最大になるので、より大きなアクティブピクセル領域23を調節する目的で長方形33を拡張するための、追加の許容値を省くことはできない。

【0114】

長方形33の境界35および36のより正確な予測が実施されるルーチンを、以下に示す。基本的な条件は、上に示したRTルーチン64の後に、指紋11またはそれを取り囲む形32の、正確な境界35および36が決定されており、そして、初期条件として2つの仮定が行われているということである。

【0115】

速度を判定するには、少なくとも2つの画像31が必要なので、仮定を行わなければならない。なぜなら、そうしないと、第2の画像31の境界の位置を決定するための予測を行うことができないからである。

【0116】

したがって、RSRルーチン63によって、ローリングプロセスが開始されたと認識された場合、第1の画像31の開始境界35の位置は、第2の画像31の開始境界35の位置と同じであると仮定される。この仮定を行うことが可能な理由は、ローリングの際に指1は開始位置から離れて行くため、指紋11が切断され得ないことは確実だからである。

【0117】

第2の画像31内の終了境界36の位置については、第1の画像31からの終了境界36の位置に固定値が追加され、それにより、第2の画像31内の指紋11が依然として終了境界36の前に配置されていることが保証される。

【0118】

第2の仮定は、加速度を予測するために必要である。この目的のためには、少なくとも3つの画像31が、予測を行うために必要である。したがって、第3の画像31が記録されるために、速度が2倍に増加されると仮定することが好ましい。

【0119】

長方形33の次の境界35および36の正確な予測が実施される手順を、以下で説明する。図13は、この方法の結果を示し、ここで、 $s(n)$ は開始境界35の位置の移動であり、 $e(n)$ は終了境界36の位置の移動である。図13aおよび図13bの表示は、各画像記録ユニット2の、ピクセル0における起点から最大値までのローリングの動きを表している。

【0120】

図13aは、開始境界35の位置の移動を示し、ここで、実線は、長方形33の開始境界35の予測位置351を表し、点線は、実際に到達された、イメージを取られた指紋11の位置352を表す。開始境界35の移動の間、実際に到達された位置352は、計算

10

20

30

40

50

された位置 3 5 1 の実線よりも下にあることはなく、これは、それ以外の場合には指紋 1 1 のトリミングが発生するためである。

【 0 1 2 1 】

図 1 3 b による、終了境界 3 6 の位置の動きでは、これは逆になる。この場合、計算された位置 3 6 1 は、実際に到達された位置 3 6 2 よりも上にある。

【 0 1 2 2 】

反対方向、つまり、画像記録ユニット 2 のアクティブなピクセル領域 2 3 の可能な最大位置からピクセル 0 への、ローリングの動きの間、開始境界 3 5 および終了境界 3 6 の位置の移動に関する主張は、それに応じた同等のものとなる。原則として、開始境界 3 5 および終了境界 3 6 のそれぞれの位置 3 5 1、3 6 1 は、次の式によって事前に計算できる

10

【数 8】

$$x'(n+1) = \frac{a_x(n)}{2} \cdot \Delta t^2 + v_x(n) \cdot \Delta t + x(n) \quad (7)$$

【 0 1 2 3 】

この場合、 $x'(n+1)$ は、計算されるべき開始境界 $s'(n+1)$ の位置、または終了境界 $e'(n+1)$ の位置のいずれかである。アポストロフィは、その値が、次の値の後の値の計算に使用されることはできない、予測される量であることを意味している。量 $a_x(n)$ は加速度を表し、 $v_x(n)$ は速度を表す（現在の時刻における開始値（ a_s 、 v_s ）または終了値（ a_e 、 v_e ）の）。現在の位置は、 $x(n)$ により表される。

20

【 0 1 2 4 】

取り囲む形 3 2 の境界の次の値の位置は、速度と加速度とは変化しないという仮定のもとで、式 (7) により計算される。ただし、この仮定は現実に対応しておらず、より正確に言えば、ローリングプロセス中のピクセル位置の変化は、図 1 2 a ~ c を参照して上ですでに説明したように、 \tanh 関数をほぼ描いている。したがって、指紋 1 1 を取り囲む長方形 3 3 の境界 3 5 および 3 6 の正確な位置を予測するには、いくつかの安全措置を取らなければならない。これらの安全措置は、やはり、指紋 1 1 の境界を含み、指紋 1 1 が形 3 2 を囲む拡大された長方形の内部に常に配置されることを保証する、許容値を定義

30

【 0 1 2 5 】

ローリングの方向が既知であるため、この場合に選択されるべき許容値は、MT ルーチン 6 2 の場合よりも小さい。リスク評価を実行すること、つまり、開始値（境界 3 5）の位置における最小値評価および終了値（境界 3 6）の位置における最大値評価が、計算された位置 3 5 1 または 3 6 1 と、実際に到達された位置 3 5 2 または 3 6 2 との間で実行されることが、有用であることが実証済みである。それにより、追加の確実性が組み込まれる。

【 0 1 2 6 】

より小さなピクセル位置からより大きなピクセル位置へのローリングについての、開始値および終了値（境界 3 5 および 3 6）のための可能な式は、次のとおりである。

40

【数 9】

$$\text{開始値} : s'(n+1) = \frac{a(n)}{2} \cdot \Delta t^2 + v(n) \cdot \Delta t + \text{MIN}[s(n), s'(n)] - \text{Tol1} \quad (8)$$

$$\text{終了値} : e'(n+1) = \frac{a(n)}{2} \cdot \Delta t^2 + v(n) \cdot \Delta t + \text{MAX}[e(n), e'(n)] + \text{Tol2}$$

Tol1 は、左から右にローリングする場合の開始値の許容値である。これは、終了値の許容値 Tol2 より小さくてもよく、その理由は、時間 n における開始境界 3 5 の位置 3

50

5 2 は、時間 $n + 1$ における開始境界 3 5 の位置 3 5 2 よりも明らかに小さいからである。したがって、時間 n における開始境界 3 5 の実際の位置 3 5 2 は、理論的に、時間 $n + 1$ における開始境界 3 5 の予測された位置 3 5 1 として解釈されてもよく、そして、 $Tol1$ の値は 0 であると仮定されてもよい。ただし、ローリング終了の検出は、ローリングシーケンス内で発生し、方向の変化はローリング終了の特徴であるため、所定の量が、許容値 $Tol1$ のために使用されなければならない。

【0127】

反対のローリング方向では、式 (8) は、次のように変わる。

【数10】

$$\text{開始値} : s'(n-1) = \frac{-a(n)}{2} \cdot \Delta t^2 - v(n) \cdot \Delta t + \text{MIN}[s(n), s'(n)] - Tol2$$

(9)

$$\text{終了値} : e'(n-1) = \frac{-a(n)}{2} \cdot \Delta t^2 - v(n) \cdot \Delta t + \text{MAX}[e(n), e'(n)] + Tol1$$

【0128】

この場合、 $Tol1$ は $Tol2$ より小さくてもよく、その理由は、ローリングプロセスは右から左に実行されるため、時間 n における終了境界 3 6 は、時間 $n + 1$ における終了境界 3 6 の位置 3 6 2 よりも明らかに大きいからである。

【0129】

長方形 3 3 の境界 3 5 および 3 6 を予測するには、 \tanh 関数の使用を含む、他の多くの計算のための可能性がある。

【0130】

さらに、固定されたサイズの長方形 3 3 を対象とし、ここに示されたアルゴリズムを使用して、指紋 1 1 を取り囲む形 3 2 の境界 3 5 および 3 6 を見だし、固定された値を使用した長方形 3 3 の位置を、取り囲む形 3 2 の変更された位置に適合させることも可能である。つまり、通常のオブジェクトの動きの間に、指紋 1 1 が長方形 3 3 によってトリミングされないことを保証するために、どれだけの最大長方形幅が必要であるかは、現在の画像 3 1 内に描かれた指紋 1 1 に基づいて決定される。取り囲む形 3 2 の境界 3 5 および 3 6 の次の位置は、上で説明したのと同様に、続いて導き出される。これらの値は、次の長方形 3 3 の位置を与え、固定された長方形サイズは、計算された取り囲む形 3 2 の周囲に、取り囲む形 3 2 の最小開始値および最大終了値からの境界からの、長方形 3 3 の境界の距離が、すべての側において同一になるような方法で配置されなければならない。それにより得られる、固定された長方形 3 3 の位置は、次の画像 3 1 のためのアクティブなピクセル領域 2 3 として、画像記録ユニット 2 内にプログラムされる。上述のように、常に同じサイズの長方形 3 3 の位置決めも、例えば、指紋 1 1 の面積中心を調べて、固定された長方形 3 3 をその周囲に配置するなどの、重心アルゴリズムによって実行されてもよい。ただし、その結果として、指紋 1 1 のトリミングを除外することはできなくなる。

【0131】

完全なセンサ 2 2 の読み出しにおけるデータレートが十分である場合、指紋 1 1 を含む拡大された長方形 3 3 の切り抜きは、画像記録ユニット 2 の外部で実行されてもよいが、必要なデータレートを規定する要素は、転送チャネルである。この場合、本発明による方法は、計算が、もはや選択されたアクティブなピクセル領域 2 3 に基づくのではなく、画像 3 1 としての完全な画像に基づくというを除き、同じ方法で適用される。また、画像 3 1 は画像記録ユニット 2 の完全な画像として入手できるため、次の開始境界 3 5 または終了境界 3 6 がどこに配置されるかを予測する必要はなく、したがって、速度および加速度の計算は省かれてもよい。これは、より高い画像レートを有する画像記録ユニット 2 によって、完全な画像が、(図5の)処理ユニット 5 に読み込まれることを意味する。処理ユニット 5 は、指紋 1 1 の境界 3 5 および 3 6 (取り囲む形 3 2) と、拡大された長方形とを決定し、現在決定されている拡大された長方形 3 3 の内容に対応する、完全な画像

10

20

30

40

50

の部分のみを、外部コンピューティングユニット4に、インタフェース55を介して伝える。予測の間のすべての安全措置（許容値）にもかかわらず、ローリングプロセス中に指紋11のトリミングが発生する場合は、例えば左から右にローリングする場合、2つの可能な場合について、以下の方法で進める必要がある。

1．長方形33の開始境界35による指のトリミング

指1が予測よりも遅く動いたことにより発生する、このエラーの場合、開始境界35は、速度または加速度を再計算することなしに、入力値として維持され、許容値が増加される。

2．長方形33の終了境界36による指のトリミング

このエラーの原因は、指1が予測よりも速く動いたということなので、取り囲む長方形33の次の位置を、同じ速度を仮定して計算する場合に、2倍の許容値が使用される。これにより、次の画像31内の指紋11が、長方形33の開始境界35および終了境界36の内側に配置されることが保証される。

【0132】

図1からわかるように、RTルーチン64は、プットオン認識61と、ローリングの終了の認識65（RE Rルーチン）との間に挟まれている。PRルーチン61およびRE Rルーチン65は、指1が、ローリングプロセス中に持ち上げられたかどうか、または、指1が、一連の画像31にわたって、検出されたローリング方向とは逆の方向に移動されたかどうかを検査する。指1が、ローリング中に持ち上げられた場合、これはPRルーチン61によって検出され、ローリングの終了として解釈される。RTルーチン64の終結のためのその他の可能性は、以下で説明する、ローリングの終了の認識65により引き起こされる。

【0133】

ローリングの終了の認識65（RE Rルーチン65）

RE Rルーチン65は、ローリングプロセスが終了したかどうかを判定する。RTルーチンにより決定された、長方形33の開始境界35および終了境界36の位置が、この目的のために使用される。ローリングプロセスの間に、ユーザがローリングプロセスを終了したい場合、ユーザは、最初のローリング方向とは逆の方向に指1をローリングさせる必要がある。したがって、RTアルゴリズムにより決定された境界35および36は、方向が、（例えば、3つよりも多くの画像31にわたって）最初のローリング方向とは逆に変化。これは、ローリングの終了として、最終的に判定されてもよい。RE Rルーチン65を堅牢にするために、ローリングプロセスが終了したことを保証するには、5つの画像が必要とされるようにすることが望ましい。

【0134】

上述のPRルーチン61により判定される、指1の持ち上げも、同様に、ローリングの終了として評価される。ローリングの終了が検出されると、適合させられた長方形33がセンサ22のアクティブなピクセル領域23として記憶されたレジスタが消去され、それにより、センサ表面全体が再びアクティブになる。

【0135】

完全な足形または手形を記録するために、画像記録ユニット2の大きなアクティブ表面を使用しなければならず、そして、指1のローリングを記録するために、同じセンサ表面の領域の小さな部分のみが必要とされる場合にも、上述のプロセスを適用することが可能である。「ウィンドウイング（windowing）」という特殊な可能性を有するセンサ22を使用すれば、必要な解像度による大面積記録、および指1のローリングの高速な一連の画像を記録するためのかなり高い画像レートが、センサ22のアクティブなピクセル領域23の、本発明による制御により実現可能である。

【0136】

図1に示すプロセスを実施するには、連続的に読み出される画像31を組み立てることを目的とした画像処理のために提供されるコンピューティングユニット4が、アクティブなピクセル領域23を制御するための計算ルーチンのすべてによって負荷をかけられない

10

20

30

40

50

ようにするために、高速な制御ハードウェアを処理ユニット5として有する必要がある。図5は、画像記録ユニット2に続いて、論理ユニット51、プロセッサ54、プログラム記憶装置52、データ記憶装置53、およびインタフェース55を有する装置を示し、ここで、論理ユニット51およびプロセッサ54は、データ処理ユニットまたはコンピューティングユニットとして、組み合わせられてもよい。プログラム記憶装置52およびデータ記憶装置53も、1つの記憶装置内に組み合わせられてもよい。また、外部コンピューティングユニット4のCPUは、プロセッサ54として使用されてもよい。論理ユニット51、プロセッサ54、およびインタフェース55は、ローリングに関する情報を、制御バス56を介して交換する。さらに、論理ユニット51とインタフェース55は、画像データを伝送するための、画像データバス57により相互に接続されている。

10

【0137】

CMOSまたはCCD技術に基づくセンサを有する画像記録ユニット2は、好ましくは、制御回路およびアナログ-デジタル変換器を含む。したがって、指紋11は、画像記録ユニット2の出力において、2次元デジタル画像31として存在する。これは、論理ユニット51によって、データ記憶装置53に書き込まれる。上述のアルゴリズムおよび処理ルーチンは、処理ユニット5内で実行される。論理ユニット51は、FPGA（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）、PLD（プログラマブル・ロジック・デバイス）、またはASIC（特定用途向け集積回路）によって実施されてもよい。マイクロコントローラ（MCU）、マイクロプロセッサ（MPU）、またはデジタル信号プロセッサ（DSP）が、プロセッサ54として使用されてもよい。

20

【0138】

論理ユニット51が、それ自体で、インタフェース55との通信を含むすべての機能を実行できる場合、プロセッサ54は完全に省かれてもよい。逆に、プロセッサ54が、論理ユニット51のすべてのタスクを実施できる場合は、論理ユニット51が省略されてもよい。この目的のためには、画像データバス57が、プロセッサ54からインタフェース55に導かれていなければならない。そして、プロセッサ54とデータ記憶装置53との間に直接リンクがなければならない。インタフェース55は、任意のタイプ（例えば、USB2.0、IEEE1394、イーサネット）であってもよい。高性能インタフェース55、つまり、高いデータ転送レートを有するインタフェースを使用する場合、処理ルーチン61~65は、部分的に、または完全に、例えば図5に示す外部コンピューティングユニット4を使用して、外部で実行されてもよく、そして、画像記録ユニット2のレジスタ内のアクティブなピクセル領域23の調節は、インタフェース55（および場合によっては論理ユニット51）を介して制御されてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0139】

【図1】本発明による方法の概略図である。

【図2】独立した画像のサンプリング密度が不十分なため、ローリングされる指の独立した画像を組み立てるための、従来技術を示す。

【図3】ローリングされる指の乳頭状隆線を組み立てる際の、独立した画像のオーバーラップが失われていることによる、従来技術の問題を示す。

40

【図4】記録表面上でローリングされる指の指紋を取得するための、光電子装置の概略図を示す。

【図5】実際の指紋を間違いなく囲む、適合させられた画像を読み出すための、アクティブなピクセル領域を準備するための、本発明による制御ハードウェアの基本配置を示す。

【図6】プットオン認識ルーチンのフローチャートを示す。

【図7】空間ヒストグラムによって、動いている指を取り囲む形を決定するための、動きの追跡ルーチンのフローチャートを示す。

【図8】指のローリングのための開始位置の決定、および記録表面の区分けを示す概略図である。

【図9】ローリングの開始の認識のために使用された、後で組み合わせて全体画像を形成

50

するための、読み出し画像を保存する、データバッファ記憶装置の概略図である。

【図 1 0】さまざまなサイズの指紋、取り囲む形、および拡大された長方形を説明するための、指のローリングを示す概略図である。

【図 1 1】指紋を取り囲む形の境界の速度および加速度の決定を明らかにするための、指のローリングのプロセスを示す概略図である。

【図 1 2】スキャンされた多数のセンサピクセルにわたって取り囲む形の境界の、経路、速度、および加速度の関数曲線を示す。

【図 1 3】後続の画像内での指紋のトリミングを防止するための、次の画像読み出しのための、アクティブなピクセル領域としての長方形の境界位置の許容値の監視を示す概略図である。

10

【符号の説明】

【 0 1 4 0 】

- 1 指
- 1 1 指紋
- 1 2、1 2 a ~ e 画像ストリップ
- 1 3、1 4、1 6 乳頭状隆線
- 1 3 1 ~ 1 3 3 (イメージを取られた)セグメント
- 1 4 1 ~ 1 4 3 セグメント
- 1 5 a ~ c 実線の楕円
- 1 5 d、1 5 e 点線の楕円
- 1 6 a ~ e 隆線の中断
- 1 6 1 隆線の分岐
- 1 6 2 ~ 1 6 4 乳頭状隆線の終端
- 1 7 切断領域
- 2 画像記録ユニット
- 2 1 記録表面
- 2 2 センサ
- 2 3 アクティブなピクセル領域
- 2 4 照明ユニット
- 2 5 プリズム
- 2 6 カメラ
- 3 全体画像
- 3 1 画像
- 3 2 取り囲む形
- 3 3 拡大された長方形
- 3 4 重心
- 3 5 開始境界
- 3 6 終了境界
- 4 (外部)コンピューティングユニット
- 4 1 リングバッファ記憶装置
- 5 処理ユニット
- 5 1 論理ユニット
- 5 2 プログラム記憶装置
- 5 3 データ記憶装置
- 5 4 プロセッサ
- 5 5 インタフェース
- 5 6 制御バス
- 5 7 画像データバス
- 6 1 プットオン認識 (P R ルーチン)
- 6 2 動きの追跡 (M T ルーチン)

20

30

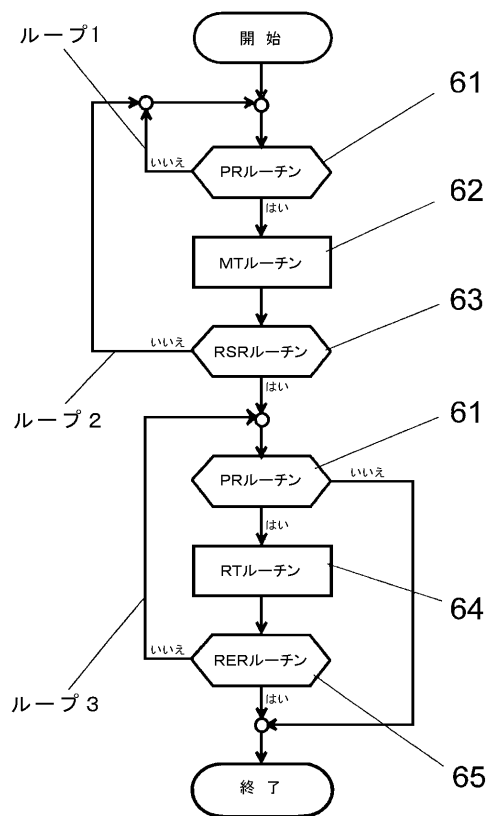
40

50

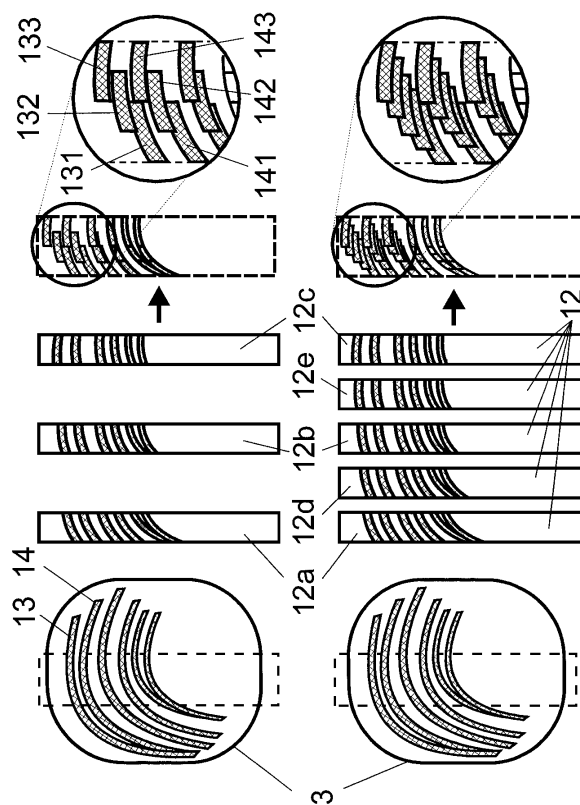
- 6 3 ローリングの開始の認識 (R S R ルーチン)
- 6 4 ローリングの追跡 (R T ルーチン)
- 6 5 ローリングの終了の認識 (R E R ルーチン)
- 7 1、7 2 グラディエント画像
- 7 3、7 4 差の値
- 7 5、7 6 差カウンタ
- 7 7 行カウンタ
- 7 8 列カウンタ
- 8 1、8 2 グラディエント画像
- 8 3、8 4 差の値
- 8 5、8 6、8 7、8 8 空間ヒストグラム

10

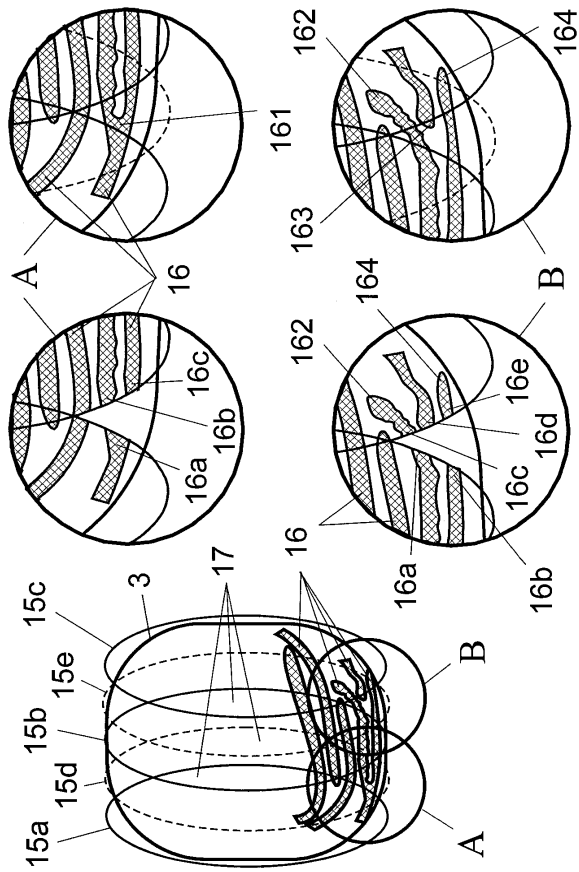
【図 1】



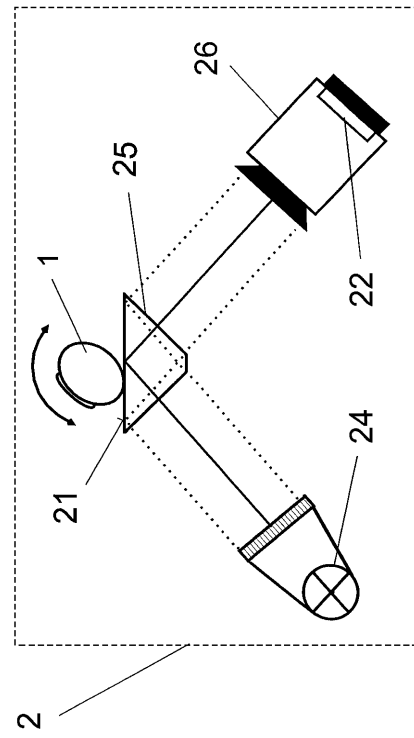
【図 2】



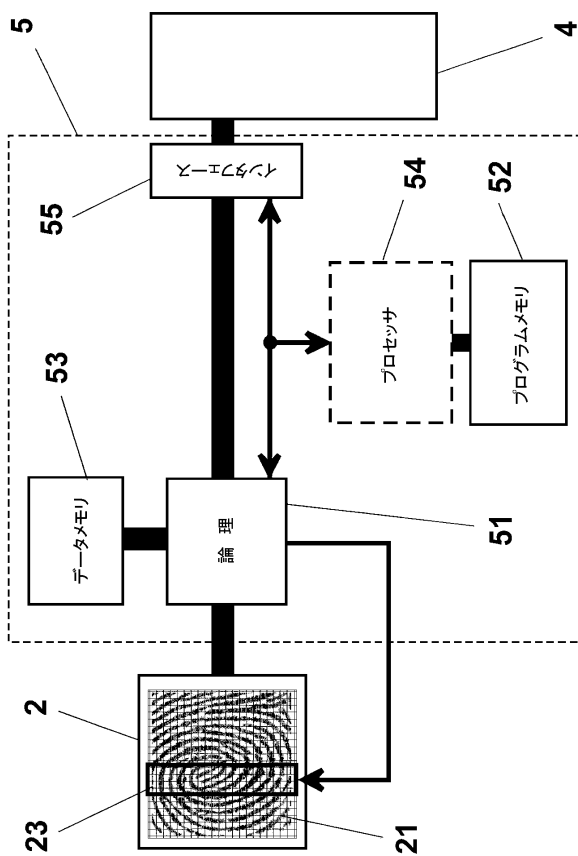
【図3】



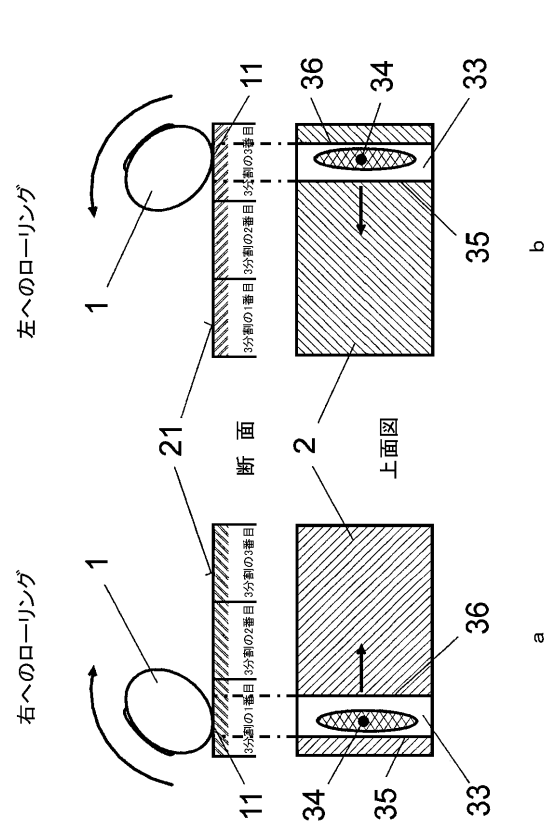
【図4】



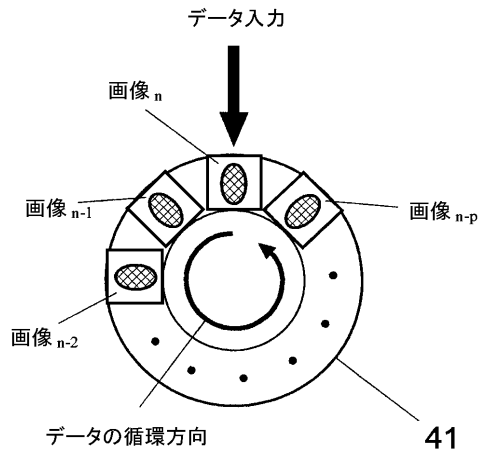
【図5】



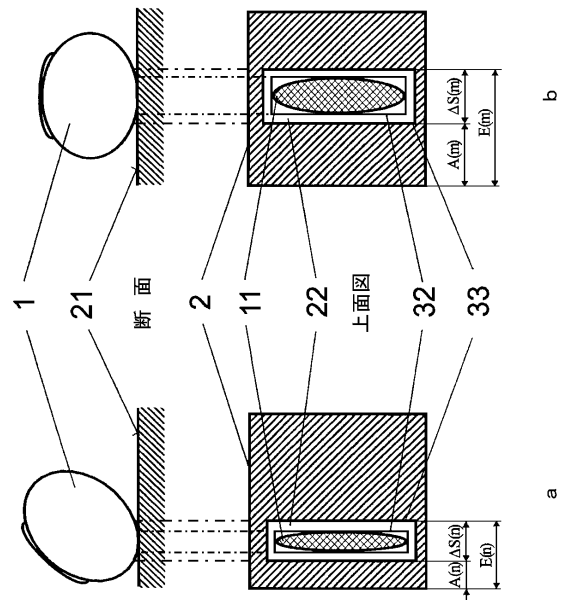
【図8】



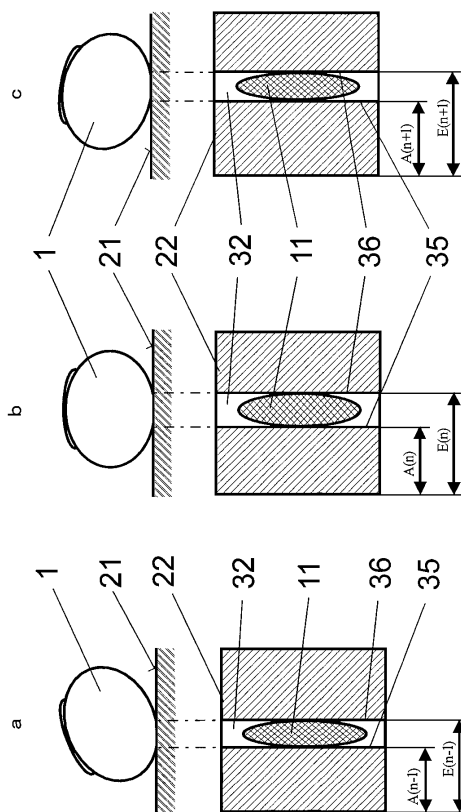
【図 9】



【図 10】



【図 11】

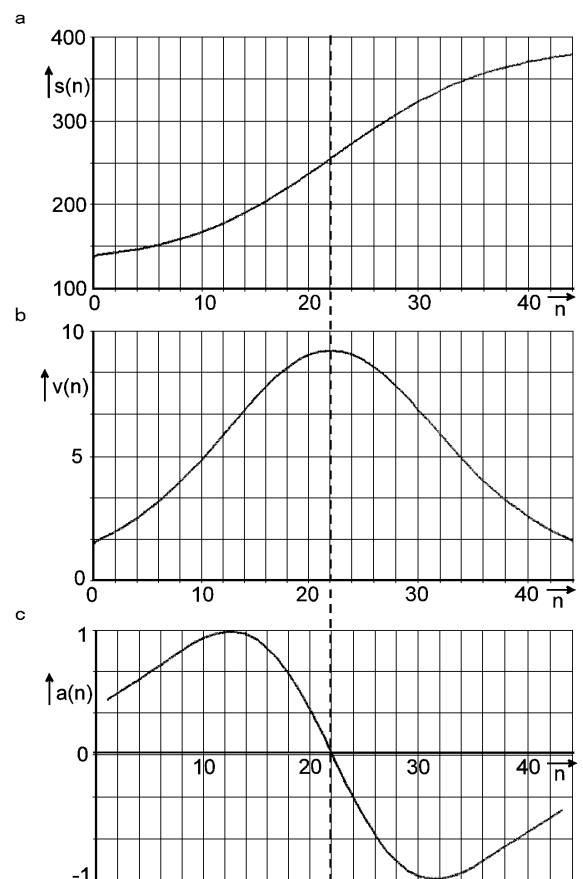


$$a_s(n) = \frac{v_s(n+1) \cdot v_s(n)}{T(n+1)} \quad a_e(n) = \frac{v_e(n+1) \cdot v_e(n)}{T(n+1)}$$

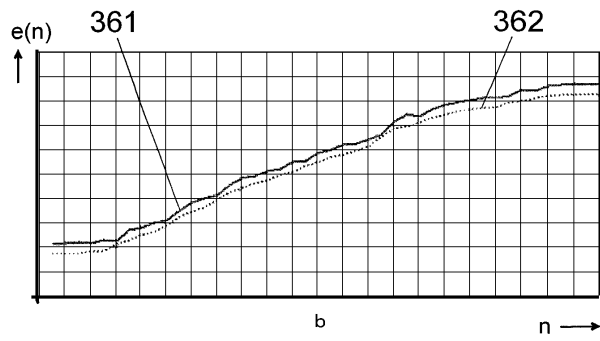
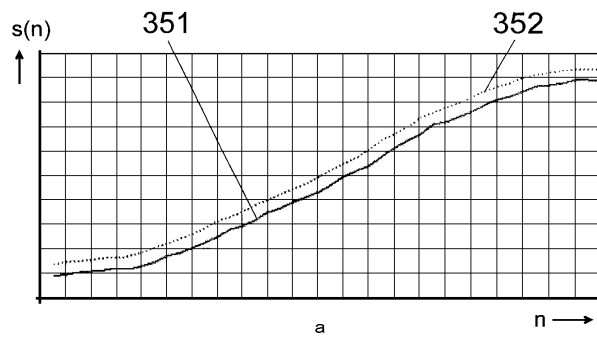
$$v_s(n+1) = \frac{A(n+1) - A(n)}{T(n+1)} \quad v_e(n+1) = \frac{E(n+1) - E(n)}{T(n+1)}$$

$$v_s(n) = \frac{A(n) - A(n-1)}{T(n)} \quad v_e(n) = \frac{E(n) - E(n-1)}{T(n)}$$

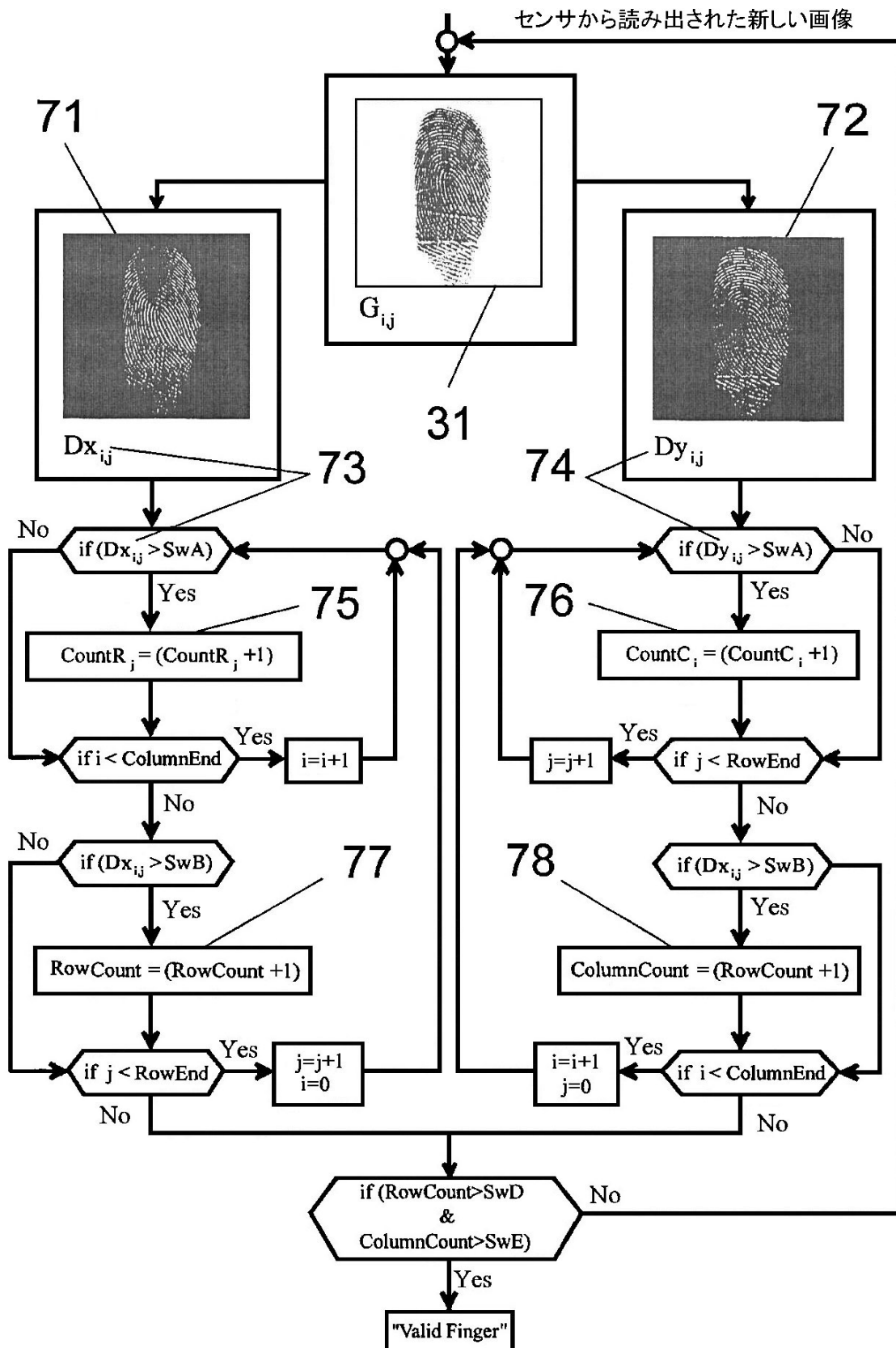
【図 12】



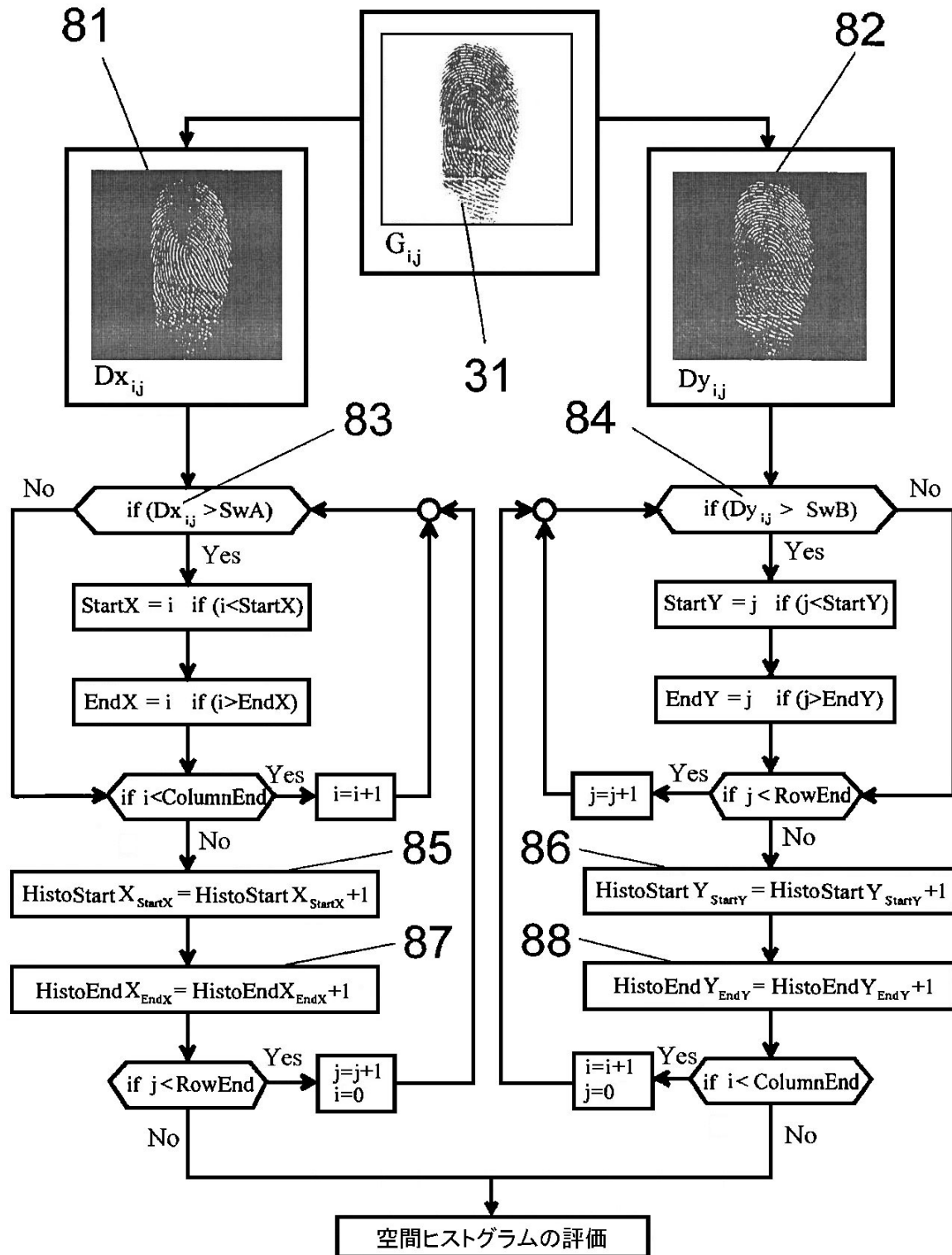
【図 13】



【図 6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 トーステン アイヒホルン
ドイツ連邦共和国 デー・07743 イェーナ グリートガッセ 6
- (72)発明者 イェルク シュタンダウ
ドイツ連邦共和国 デー・07743 イェーナ メルゼブルガー シュトラーセ 54 アー
- (72)発明者 トーステン ゲルリンク
ドイツ連邦共和国 デー・07751 イェーナ ドラッケンドルフ イン デン シュタインゲ
レンゲン 3 ベー イルムニッツ

審査官 広 島 明芳

- (56)参考文献 特開平9-69146(JP,A)
特開2005-182786(JP,A)
特開2003-46715(JP,A)
特表2003-507822(JP,A)
特表2002-515145(JP,A)
特開平7-98764(JP,A)
特開平5-101168(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G06T | 1/00 |
| A61B | 5/117 |
| G01B | 11/24 |