

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4699564号
(P4699564)

(45) 発行日 平成23年6月15日 (2011.6.15)

(24) 登録日 平成23年3月11日 (2011.3.11)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 T 7/20 (2006.01)

G 0 6 T 7/20 2 0 0 B

G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 2 8 0

請求項の数 19 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-515449 (P2010-515449)	(73) 特許権者	500029925
(86) (22) 出願日	平成20年6月16日 (2008.6.16)		ユニベルシテ・ド・リエージュ
(65) 公表番号	特表2010-532898 (P2010-532898A)		UNIVERSITE DE LIEGE
(43) 公表日	平成22年10月14日 (2010.10.14)		ベルギー国、4031 アングルール、ア
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/057563		ヴニユ・プレーエリー 4
(87) 国際公開番号	W02009/007198		Avenue Pre-Aily, 4, B
(87) 国際公開日	平成21年1月15日 (2009.1.15)		-4031 Angleur, Belgi
審査請求日	平成23年1月27日 (2011.1.27)		um
(31) 優先権主張番号	07112011.7	(74) 代理人	100110423
(32) 優先日	平成19年7月8日 (2007.7.8)		弁理士 曾我 道治
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100084010
早期審査対象出願			弁理士 古川 秀利
		(74) 代理人	100094695
			弁理士 鈴木 憲七

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視覚背景抽出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像装置によってキャプチャされてそれぞれが複数のピクセルのセットによって形成される複数の関連画像の中から選択された画像内の背景を検出する方法であって、

- 前記複数の画像内の確定されたピクセル位置について、複数のアドレスを含む背景履歴を、各アドレス内にサンプルピクセル値が格納されるように構築するステップと、

- 前記選択された画像内の前記確定されたピクセル位置に対応するピクセル値を、前記背景履歴と比較するステップと、

前記選択された画像の前記ピクセル値が前記背景履歴の少なくとも所定数のサンプルピクセル値に実質的にマッチする場合に、

- 前記確定されたピクセル位置を、画像背景に属するものとして分類するステップと、

- 前記背景履歴のサンプルピクセル値のうちの1つを、前記選択された画像の前記ピクセル値と置き換えることによって、前記背景履歴を更新するステップと、
を含み、

置き換えられる前記サンプルピクセル値の前記アドレスは、ランダムに選択されることを特徴とする、撮像装置によってキャプチャされてそれぞれが複数のピクセルのセットによって形成される複数の関連画像の中から選択された画像内の背景を検出する方法。

【請求項 2】

前記更新するステップを実行するか否かを、所定の背景履歴更新確率を用いてランダム

に決定するランダム更新選択ステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記確定されたピクセル位置に対応すると共に複数のアドレスを含む少なくとも 1 つの補助履歴を、各アドレス内にサンプルピクセル値が格納されるように構築し、

前記選択された画像の前記ピクセル値が前記背景履歴の少なくとも前記所定数のサンプルピクセル値に実質的にマッチしない場合に、

- 前記選択された画像の前記ピクセル値を、前記補助履歴と比較するステップと、
該ピクセル値が前記補助履歴内の少なくとも別の所定数の前記サンプルピクセル値と実質的にマッチする場合に、

- 前記補助履歴を更新するか否かを、前記背景履歴更新確率係数よりも高い補助履歴更新確率係数を用いてランダムに決定するステップと、
更新する場合に、

- 前記補助履歴内のランダムに選択されたアドレスのサンプルピクセル値を、前記選択された画像の前記ピクセル値と置き換えることによって、前記補助履歴を更新するステップと、

をさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記選択された画像の前記ピクセル値が、前記補助履歴の少なくとも前記別の所定数のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合に、

- 前記選択された画像の前記ピクセル値を用いて前記背景履歴を更新するか否かを、
前記補助履歴更新確率よりも低い所定の背景埋め込み確率を用いてランダムに決定するステップと、

更新する場合に、

- 前記背景履歴内のランダムに選択されたアドレスのサンプルピクセル値を、前記選択された画像の前記ピクセル値と置き換えることによって、前記背景履歴を更新するステップと、

をさらに含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記背景履歴を構築するステップは、

前記複数の関連画像の中の、前記選択された画像以外の少なくとも 1 つの画像内の隣接する複数のピクセル位置のピクセル値を読み取ることと、

該ピクセル値を、前記背景履歴の前記複数のアドレス内にランダムにソートしてサンプルピクセル値として格納することと、

を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記隣接する複数のピクセル位置は、前記確定されたピクセル位置の近傍内でランダムに選択される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記選択された画像内の前記確定されたピクセル位置の前記ピクセル値が、該確定されたピクセル位置の前記背景履歴内の少なくとも前記所定数のサンプルピクセル値に実質的にマッチする場合に、

別の複数のアドレスを含むと共に、各アドレス内にサンプルピクセル値が格納されるように構築された、隣接するピクセルに対応する背景履歴を、

該隣接するピクセルの該背景履歴内のランダムに選択されたアドレスの前記サンプルピクセル値を、前記選択された画像内の前記確定されたピクセル位置の前記ピクセル値と置き換えることによって更新する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記隣接するピクセルの位置は、前記確定されたピクセル位置の近傍内でランダムに選択される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

隣接ピクセル履歴を更新するか否かを、所定の隣接ピクセル背景履歴更新確率を用いてランダムに決定するランダム隣接ピクセル履歴更新選択ステップをさらに含む、請求項 7 又は 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

- 前記選択された画像を複数のサブサンプリング領域に分割するステップと、
- 各サブサンプリング領域内から 1 つの確定されたピクセル位置を、サブサンプリング領域全体を表すものとしてランダムに選択するステップと、
をさらに含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

パン又はズームのような画像の動きに応じて、別のピクセル位置の背景履歴を、前記画像内の前記確定されたピクセル位置に再割当てするステップをさらに含む、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 12】

前記再割当てされる背景履歴の前記ピクセル位置は、前記撮像装置の運動センサによって検出される動きに基づく、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記再割当てされる背景履歴の前記ピクセル位置は、前記撮像装置のズーム値に基づく、請求項 11 又は 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記再割当てされる背景履歴の前記ピクセル位置は、ブロックマッチングアルゴリズムによって得られる対応に基づいて決定される、請求項 11 に記載の方法。

20

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の画像背景認識方法を実行するようにプログラムされた、データ処理装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のデータ処理装置が内蔵されている、撮像装置。

【請求項 17】

少なくとも 1 つの撮像装置と、請求項 15 に記載のデータ処理装置とを備える、ビデオ監視システム。

【請求項 18】

少なくとも 1 つの撮像装置と、請求項 15 に記載のデータ処理装置とを備える、ビデオゲームシステム。

30

【請求項 19】

データ処理装置が請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の画像背景認識方法を実行するための命令セットを含む、データ記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置によってキャプチャされてそれぞれが複数のピクセルのセットによって形成される複数の関連画像の中から選択された画像内の背景を検出する方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

コンピュータビジョンにおける主要な研究分野の 1 つは、ビデオシーケンス内のモーショントラッキングの分野である。モーショントラッキングの目的は、シーン内の物体の動きを抽出することと、場合によっては上記シーンの画像を生成する撮像装置の動きを抽出することである。人間の眼と脳はこの種類の作業を容易に実行するが、これはコンピュータビジョンにおいては解決が困難な問題であり、以下のようないくつかの課題を含む。

- 動いている物体を静止背景又は疑似静止背景から分離すること。疑似静止背景は、撮像装置の動きに起因する僅かな見かけ上の動きを有する背景として定義される。

50

- 遮蔽問題 (occlusion problem) を解決すること。遮蔽問題は、一時的に少なくとも部分的に視界から消えた物体を再特定することを含む。
- いわゆるゴースト物体 (ghost object) をなくすこと。ゴースト物体は、画像シーケンスの最初の画像フレーム内に存在する実際には物体であるものが、誤って背景の一部であるとみなされる結果として生じる。
- 影効果 (shadow effect) を特定及び除去すること。

【 0 0 0 3 】

ビデオシーケンスは、時間的に連続してキャプチャされる複数の画像 I から成るシーケンスによって形成される。各画像 I は、複数の画素、すなわちピクセルを含み、画像内の各単一のピクセルは、画像内の位置 x 及びピクセル値 $I(x)$ を有する。位置 x は任意の数の次元を有することができる。3次元位置を有するピクセルは、3D画像化の領域においては(「体積要素」に対する)「ボクセル」としても既知であるが、本明細書全体を通して、ピクセルという表現はこのような「ボクセル」も含むものとしても理解されるものとする。したがって、画像は従来の2次元画像でもよいが、3D画像及び/又はマルチスペクトル画像でもよい。この位置 x は有限領域に制限されてもよいし、されなくてもよい。たとえば、衛星搭載カメラのように動いている撮像装置によってキャプチャされる画像の場合は、位置 x は有限領域には制限されない。画像のタイプに応じて、ピクセル値 $I(x)$ は、単色画像の場合のようにスカラーであってもよいし、赤緑青 (RGB) 成分ビデオ画像或いは色相飽和値 (HSV) 画像のような多色画像の場合のように多次元であってもよい。

【 0 0 0 4 】

一般に、動いている物体を背景から分離するステップは、背景除去と称される。背景除去は、各画像内においてどのピクセルが背景に属するかを認識することと、それらのピクセルを画像から除去することを含む。

【 0 0 0 5 】

背景除去は、医用画像形成システムのような他の用途においても使用される。医用画像を、別の患者の同じ領域の画像を使用して生成される背景と比較して、病的状態を指示する可能性のある外れ値 (outlier) を示すことができる。

【 0 0 0 6 】

効率的であるために、背景除去技法は以下のものであるべきである。

- ユニバーサルである。すなわち、あらゆるタイプのビデオシーケンスを取り扱うことができる。
- ノイズに対してロバストである。
- 単純である。単純な技法は実装するのがより容易であり、シーン内容に応じて必要なパラメータ調整が少なくすむためである。
- 高速である。計算量が可能な限り少ないことを含む。
- 形状検出が正確である。
- フットプリントが小さい。メモリのコストが減少するが、必要なメモリ空間を最小化することは重大ではない。
- 直ちに使用可能である。初期化が必要な場合は、高速な初期化のみを必要とする。
- たとえば時刻変化或いは雲に起因する段階的或いは高速な照明変化、撮像装置の動き、木の葉或いは枝のような背景物体の高頻度の動き、たとえば停車中の車に起因する背景ジオメトリの変化に適応可能である。

【 0 0 0 7 】

多数の既存の背景除去法が存在する。このような方法の概観は、M. Piccardi 著「Background subtraction techniques: a review」(Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 4, 2004, pages 3099-3104)、及び、R. Radke, S. Andra, O. Al-Kofahi, B. Roysam 著「Image change detection algorithms: A systematic survey」(IEEE Transactions on Image Processing, 14(3): 294-307, 3 2005)によって開示されている。

【 0 0 0 8 】

背景除去に対する第 1 のアプローチは、いわゆる素朴なアプローチである。この素朴なアプローチに従うと、単純な背景モデルは、背景ピクセル値が経時的に一定であると仮定する。次に、背景及び前景を、たとえば米国特許第 6 , 0 6 1 , 4 7 6 号において開示されているように、画像内のピクセルの値を同じシーケンス内の先行する画像のピクセルの値と比較することによって認識する。画像データ内のノイズ、シーン内の照明変化、或いは動きによって、差分が生じる可能性がある。ノイズ及び大域照明は、フィルタを適用することによって、或いは照明変化を対象とする検出器を使用することによって対処される。しかしながら、特に上記の要件に留意する場合には、背景物体の動きを除くことは、より困難である。

10

【 0 0 0 9 】

実際には、2つの画像間の差分をとることは有効ではない。背景認識方法は、背景ピクセル値の分布においてノイズ或いは照明変化に対処することを可能にしなければならない。したがって、拡張された技法が提案されている。以下でモデルベースアプローチと称するこれらの方法は、各ピクセルの値 $I(x)$ に対してモデル $m(x)$ を構築する。このモデルを使用して、ピクセル値を同じピクセル位置における先行する複数のピクセル値と比較する。たとえば、I. Haritaoglu, D. Harwood, L. Davis 著「W⁴: Real-time surveillance of people and their activities」(IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(8): 809-830, 2000) によって開示されている W⁴ アルゴリズムは、トレーニング段階中に、最小ピクセル値及び最大ピクセル値、並びに、2つの連続する画像間の差分の最大値によって背景をモデル化する。より高度なモデルベースアプローチは、以下のステップを含む。

20

- 初期化：初期化の目的は、シーケンスの最初の画像からモデルパラメータの有効推定値を構築することである。

- 比較：現在のピクセル値をモデルと対比してチェックする。

- モデル更新：ピクセル値がモデルと良好に適合する場合には、パラメータ、すなわちモデルを更新する。ピクセル値がモデルとマッチしない場合には、新たな値を使用してモデルを更新することはしない。これは、そうしなければモデルが発散してしまうためである。

【 0 0 1 0 】

30

モデルのタイプ、比較戦略、又は更新プロセスに応じて、いくつかのカテゴリのモデルベース背景除去方法が提案されている。

【 0 0 1 1 】

第 1 のカテゴリのモデルベース背景除去方法では、背景ピクセルモデルは、たとえばピクセル値の加重平均のような統計的尺度に基づく予測背景ピクセル値である。このカテゴリの背景除去方法は、たとえば、米国特許第 7 , 1 3 6 , 5 2 5 号、米国特許第 4 , 3 5 0 , 9 9 8 号、国際公開第 0 1 / 1 6 8 8 5 号、米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 1 2 0 6 1 9 号、又は米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 0 6 4 3 8 2 号に開示されている。その最も単純な形式のうちの 1 つでは、背景ピクセルモデルは、同じピクセル位置における先行する複数のピクセル値の加重平均に基づく。 $m_t(x)$ が、モデルによって提供される時刻 t におけるピクセル位置 x のピクセル値を表し、 $m_{t+1}(x)$ が、モデルによって提供される次の時刻 $t + 1$ における同じピクセル位置 x のピクセル値を表す場合、更新式は以下ようになる。

40

【 0 0 1 2 】

【 数 1 】

$$m_{t+1}(x) = \alpha I_t(x) + (1 - \alpha) m_t(x) \quad (1)$$

【 0 0 1 3 】

ここで、 α は 0 ~ 1 の重み係数である。モデルピクセル値 $m_t(x)$ によって形成される画像は、背景の推定値を構成する。

50

【 0 0 1 4 】

加重平均背景ピクセルモデルの計算は比較的単純であるが、状況によっては、単純な加重平均のような単一の予測ピクセル値は背景の包括的なモデルを提供しない。この理由から、第2のカテゴリのモデルベース背景除去方法、いわゆるパラメトリックモデルが使用される。パラメトリックモデルは、特定のピクセル位置における背景ピクセル値の確率密度関数 (p d f) を提供し、p d f はパラメータのセットによって特徴付けられる。たとえば、C. Wren、A. Azarbayejani、T. Darrell、A. Pentland著「Pfunder: Real-time tracking of the human body」(IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7): 780-785, 1997)では、所与の位置における時間窓にわたるピクセル値がガウス分布していると仮定する背景モデルが開示されている。ガウス背景モデルは、米国特許出願公開第2006/0222205においても提案されている。国際公開第03/036557号において開示されている背景除去方法のような複雑な方法では、ピクセル位置ごとの平均ベクトル及び共分散行列を推定する。これは時として、たとえばD. Koller、J. Weber、T. Huang、J. Malik、G. Ogasawara、B. Rao、S. Russell著「Towards robust automatic traffic scene analysis in real time」(Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, Israel, 1994)によって開示されているように、それらの値を適合させるためのカルマンフィルタの使用と組み合わせられる。しかしながら、この方法の主要な欠点が残っている。モデルの単峰性 (uni-modal) によって、木の葉、ちらついているモニタ等のような動的環境の背景内に存在する動きによって引き起こされる多峰性 (multi-modal) の出現を正確に取り扱うことが妨げられる。

【 0 0 1 5 】

この問題を、依然としてこのカテゴリのパラメトリックモデル内で解決するために、重みを付けして混合したガウス分布を使用して背景をモデル化することが、C. Stauffer、E. Grimson著「Adaptive background mixture models for real-time tracking」(Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 246-252, 6 1999)、及び、「Learning patterns of activity using real-time tracking」(IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(8): 747-757, 2000)によって最初に提案された。上述の概観、及びP. Power、J. Schooneesによる論文「Understanding background mixture models for foreground segmentation」(Proc. Images and Vision Computing, Auckland, NZ, 11 2002)から分かるように、導入以来、このガウス混合モデル (GMM) はコンピュータビジョンコミュニティの中で人気を得ている。そして、Z. Zivkovic著「Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction」(Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, 2004)、Qi Zang、R. Klette著「Robust background subtraction and maintenance」(ICPR '04: Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, Volume 2, pages 90-93, Washington DC, USA, 2004)、D. S. Lee著「Effective Gaussian mixture learning for video background subtraction」(IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27(5): 827-832, May 2005)による開示、並びに、国際公開第2005/024651号に見られるように依然として多くの関心を集めている。それにもかかわらず、GMMは、「背景は前景よりも頻繁に見える」、「その分散は著しく小さい」、という仮定に強く依存しているため、いくつかの基本的な欠点を有する。これらの仮定のいずれも、すべての時間窓に対して有効であるわけではない。さらに、A. Elgammal、R. Duraiswami、D. Harwood、L. S. Davis著「Background and Foreground Modeling Using Nonparametric Kernel Density Estimation for Visual Surveillance」(Proceedings of the IEEE, Vol. 90, No. 7, July 2002, pages 1151-1163)によって指摘されているように、高頻度の変化と低頻度の変化が背景内に存在する場合、その感度を正確に調整することはできず、モデルは自身をその標的自体に適合させることもあるが、いくつかの高速の標的の検出に失敗する場合もある。最後に、特に分布のモデルパラメータの推定は、実世界のノイズの多い環境では問題となる可能性がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

これらの問題は、第3のカテゴリの背景モデル、すなわち、いわゆるノンパラメトリックモデルによって対処されている。これらのモデルはパラメトリックモデルと非常に類似しているが、所定の確率密度関数のパラメータを推定しようとせず、代わりに、それらの基礎となる分布に関して何ら仮定を行わずに実際のピクセル値から直接にカーネル密度関数を推定する点が異なっている。これによって、関数を選択する必要と、その分布パラメータの推定とが回避される。

【 0 0 1 7 】

ノンパラメトリックカーネル密度推定方法の強みの1つは、A. Elgammal他による上述の論文、及びZ. Zivkovic及びF. van der Heijden著「Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction」(Pattern Recognition Letters, 27(7): 773-780, 2006)によって開示されているように、実際に観測されたピクセル値に基づくため、パラメータ推定ステップのうちの一部を回避することができることである。この方法は、最近の履歴からサンプリングされた実際の値のセットを使用して、背景ピクセルのカーネル密度をモデル化する。したがって、新たに観測された値をピクセルモデル内に直ちに組み込むことによって、背景内の高頻度の事象に対して高速に応答することができる。しかしながら、この方法によって、様々な速さで展開しつつ同時発生する複数の事象を首尾よく取り扱うことができるかについては議論の余地がある。それは、この方法が、先入れ先出し(first-in first out)の方法でピクセルとモデルを更新するためである。実際、この方法は、ピクセルごとに2つのサブモデル、すなわち短期モデルと長期モデルを使用することが多い。

【 0 0 1 8 】

これは簡便な解決策であり得るが人為的であり、所与の状況において適切に機能するためには微調整を必要とする。ピクセルモデルを構成するサンプリング値に関するより円滑なライフスパン方針を見つけることが顕著な改善点である。

【 0 0 1 9 】

ノンパラメトリック背景ピクセルモデルにおいて、実際に観測されたピクセル値を使用することは、それによって推定するパラメータの数が低減されるという事実に加えて、確率論的な観点からも理に適っている。それは、既に観測されている値が再び観測される確率は、一度も遭遇しなかった値が観測される確率よりも高いためである。しかしながら、パラメータのセット全体、すなわちカーネル関数のパラメータは、著しい量の固定サイズカーネルを使用しない限りそのままである。実際、カーネル密度推定方法は、パラメータ推定が不正確であることに関連する問題も抱える可能性がある。

【 0 0 2 0 】

上述の方法のすべてはピクセルレベルで機能するため、空間的一貫性を得るために追加の後処理を必要とするというさらなる欠点を有する。

【 0 0 2 1 】

これらの欠点に対処するために、サンプルコンセンサス(SAMPLE CONSENSUS)、或いはSACONと称される新たな背景検出方法が、H. Wang、D. Suter著「A consensus-based method for tracking: Modelling background scenario and foreground appearance」(Pattern Recognition, 40(3): 1091-1105, March 2007)によって提案されている。最も近い従来技術を構成すると思われるこの論文は、撮像装置によってキャプチャされてそれぞれが複数のピクセルのセットから形成される複数の関連画像の中から選択された画像内の背景を検出する方法を開示している。この背景検出方法は、以下のステップを含む。

- 複数の画像内の確定されたピクセル位置について、複数のアドレスを含む背景履歴を構築する。背景履歴の各アドレス内には、サンプルピクセル値が記憶される。
- 選択された画像内の上記確定されたピクセル位置に対応するピクセル値を、上記背景履歴と比較する。選択された画像の上記ピクセル値が、上記背景履歴の少なくとも所定数のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合は、
- 上記確定されたピクセル位置を、画像背景に属するものとして分類する。

- 上記背景履歴のサンプルピクセル値のうちの1つを、選択された画像の上記ピクセル値と置き換えることによって、上記背景履歴を更新する。

【0022】

より正確には、SACON法は、ピクセル位置ごとに、N個の背景サンプルピクセル値の履歴を保持する。これらのサンプルは単純に、モデルに適合する直近に観測されたN個の値である。Nは20～200に及ぶが、著者らは、N=20がほとんどの実際の作業において使用されなければならない最小値であると結論付けている。しかしながら、この論文において提供されている図は、N=60が最良の性能をもたらすはずであることを示している。

【0023】

この論文は、初期化プロセスについては一切言及していない。しかしながら、最初のN個のサンプルは履歴を満たすために使用されると仮定することができる。そのため、アルゴリズムが適切な結果を生成する前に、毎秒30画像のフレームレートで1～2秒の初期化が必要である。

【0024】

この方法は単純に、確定されたピクセル位置の背景履歴内に格納されているサンプルピクセル値が、選択された画像のそのピクセル位置におけるピクセル値と実質的にマッチする回数をカウントする。本明細書全体を通じて、「実質的にマッチする」とは、サンプルピクセル値が、選択された画像のピクセル値の周辺の所与の範囲内にあることを意味する。このSACON法では、この範囲は適応的であり、サンプルピクセル値に依存する。選択された画像のピクセル値が画像背景に属するものとして分類されるために、マッチしなければならない背景履歴内のサンプルピクセル値の所定の最小数に関して、この論文は、最小数は経験的に求められ、Nに依存すると述べている。

【0025】

この最も近い従来技術における背景履歴更新は先入れ先出し方式で実行される。すなわち、現在のピクセル値は、背景履歴内の最も古いピクセル値と置き換わる。また、ゴースト物体を除去するために、あるピクセル位置が所定の回数にわたって前景であると分類されると、当該ピクセル位置は背景に属するものとして認識される。それに従って、そのピクセル位置の背景履歴は、そのピクセル位置にける直近のN個のピクセル値を用いて更新される。さらに、空間的コヒーレンスを確保するために、プロレベルにおける追加の更新メカニズムが存在する。このメカニズムは、接続された（隣接する）前景ピクセルのセットを取り扱う。静的前景プロブ、すなわちそのサイズ及び中心が実質的に一定である前景プロブも背景内に組み込まれる。しかしながら、空間的コヒーレンスを提供するような方法は、著しい追加の計算容量を必要とし、プロブ検出と同程度の信頼性しかない。

【0026】

しかしながら、SACON法は、いくつかの重大な欠点を提示する。それらの欠点の中でも最も重大なことは、先入れ先出し背景履歴更新メカニズムに起因して、サンプル背景ピクセル値が固定の経過時間にわたって履歴内に格納されることである。

【0027】

このため、この背景検出方法の挙動は、背景展開速度及び背景履歴内のサンプル値の数に依存して大きく変化する。

【発明の概要】

【0028】

したがって、本発明の目的は、より広範囲の背景展開速度に適合する背景検出方法を提供することである。

【0029】

この目的を達成するために、本発明の方法では、置き換えられるサンプルピクセル値のアドレスをランダムに選択する。これによって、ライフスパン方針がより円滑になる。当該ライフスパン方針の、履歴内のサンプル値の予測される残存ライフスパンに対して誘発される指数関数的な減衰は理論的観点からより良好であると共に、履歴サイズが小さい場

10

20

30

40

50

合であっても、より広範囲の背景展開速度に関する本技法の適切な挙動を可能にする。

【0030】

その上、現行の技術水準の決定論的方法は、バイアスに対して脆弱であると共に、先行するフィルタリングによって抑制されなければならないノイズによって悪影響を受けるが、このランダム技法にはノイズ耐性が本来備わっており、それによって、ピクセル値のこのようなフィルタリングが不要となる。したがって、本発明の方法は、決定論のプロセスで求められた境界が重なり合うことが多い前景物体の境界において、より鮮鋭なセグメント化結果をもたらす。また、特にノイズの多い画像データに対処するとき、本方法のロバスト性を著しく強化するというさらなる驚くべき利点を有する。

【0031】

さらに、SACON法は現在のピクセル値とサンプルピクセル値との間に適応的な比較閾値を必要とするが、本発明の方法は、すべてのピクセル値に対して同じ固定の比較範囲を用いて非常に満足のいく結果を達成するというさらなる驚くべき利点をも有する。これによって、SACON法の単純性及び実用性に悪影響を及ぼす、さまざまな環境状況における画像内のすべてのピクセル値に対する効率的な背景検出のための閾値パラメータの複雑なセットを推定する必要がなくなる。

【0032】

有利には、本発明の方法は、上記更新ステップを実行するか否かを、所定の背景履歴更新確率を用いてランダムに決定するランダム更新選択ステップをさらに含むことができる。これによって、ノイズ耐性を増大させ、時間挙動を改善すると共に、本発明の背景検出

【0033】

本発明のさらなる目的は、冗長な初期化をすることなく背景履歴を完成させることである。本発明の方法の特定の実施形態では、上記背景履歴を構築するステップは、上記複数の画像の中の、上記選択された画像以外の少なくとも1つの画像内の隣接する複数のピクセル位置のピクセル値を読み取ることと、これらのピクセル値を、上記背景履歴の複数のアドレス内にランダムにソートしてサンプルピクセル値として格納することを含むことができる。これによって、単一の画像を用いて完全な背景履歴初期化を提供することができ、本方法が信頼性のある背景検出の提供を開始するのに必要な時間が大幅に短縮される。ノイズ耐性及びバイアス耐性を増大させるために、上記隣接するピクセル位置を、確定

【0034】

本発明のさらなる目的は、後処理をせずに、且つ意図的に相互接続されたピクセルのプロブを規定する必要なく、或る程度の空間的コヒーレンスを提供することである。これを達成するために、本発明の背景認識方法の有利な実施形態では、上記選択された画像内の上記確定されたピクセル位置の上記ピクセル値が、上記確定されたピクセル位置の履歴内の少なくとも上記所定数のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合に、別の複数のアドレスを含むと共に、各アドレス内にサンプルピクセル値が格納されるように構築された、隣接するピクセルに対応する背景履歴を、隣接するピクセルの上記背景履歴内のランダムに選択されたアドレスのサンプルピクセル値を、選択された画像内の確定されたピクセル位置のピクセル値と置き換えることによって更新する。有利には、上記隣接するピクセル背景履歴は、バイアスを回避するように、上記確定されたピクセルの近傍内でランダムに選択することができる。また有利には、本方法は、バイアスを回避しながら計算動作を低減するように、隣接ピクセル履歴を更新するか否かを、所定の隣接ピクセル背景履歴更新確率を用いてランダムに決定するランダム隣接ピクセル履歴更新選択ステップをさらに含むことができる。

【0035】

背景履歴は複数のサンプルピクセル値を含むため、隣接ピクセル背景履歴内に誤って挿入された無関係の情報は本方法の精度に影響しない。さらに、観測値がさらに伝播するためにはその前にマッチングする必要があるため、無関係な情報が誤って拡散することが防

10

20

30

40

50

止される。この自然な制限によって、誤差伝播が阻止される。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の背景認識システムが適合する背景展開速度の範囲をさらに広げるために、本方法の有利な実施形態では、上記確定されたピクセル位置に対応すると共に複数のアドレスを含む少なくとも1つの補助履歴を、各アドレス内にサンプルピクセル値が格納されるように構築し、選択された画像の上記ピクセル値が背景履歴の少なくとも上記所定数のサンプルピクセル値に実質的にマッチしない場合に、本方法は、

- 選択された画像の上記ピクセル値を、上記補助履歴と比較するステップと、
当該ピクセル値が上記補助履歴内の少なくとも別の所定数のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合に、

- 補助履歴を更新するか否かを、背景履歴更新確率よりも高い補助履歴更新確率を用いてランダムに決定するステップと、

更新する場合に、

- 補助履歴内のランダムに選択されたアドレスのサンプルピクセル値を、選択された画像の上記ピクセル値と置き換えることによって、上記補助履歴を更新するステップと、

を含むことができる。

【 0 0 3 7 】

これによって、現在のピクセル値と比較することができる種々の時間応答特性を有する少なくとも1つの補助画像層が提供され、背景変化とさまざまな速度における動きとを区別することが可能になる。

【 0 0 3 8 】

有利には、少なくとも1つの補助履歴を、ゴースト抑制に使用することができる。シーンのまだ見ていない部分を最初に観測したときに、対応するピクセルが誤って前景として分類され、いわゆるゴーストデータを構成する。背景層のみを有する本発明の実施形態では、上述のように空間的一貫性を確保するために、背景履歴内に隣接するピクセル値の確定されたピクセルを挿入して、これらのゴーストピクセルを漸次背景に移す。しかしながら、この空間拡散プロセスは遅くなる可能性があり、隣接するピクセルが背景物体の境界におけるように大きな相違点を呈する場合には、効果がない可能性すらある。

【 0 0 3 9 】

この問題に対処するために、選択された画像の上記ピクセル値が、上記補助履歴の少なくとも上記別の所定数のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合に、本方法は、

- 選択された画像のピクセル値を用いて背景履歴も更新するか否かを、補助履歴更新確率よりも低い所定の背景埋め込み確率 (background seeding probability) を用いてランダムに決定するステップと、

更新する場合に、

- 背景履歴内のランダムに選択されたアドレスのサンプルピクセル値を、選択された画像の上記ピクセル値と置き換えることによって、背景履歴を更新するステップと、

をさらに含むことができる。

【 0 0 4 0 】

これらの追加のステップは、背景履歴に新たな値を埋め込み、これによって物体内部のゴースト抑制のための空間拡散プロセスを加速させることができる。

【 0 0 4 1 】

また、背景検出に対する処理要件をさらに低減するために、有利な実施形態では、本発明の背景検出方法は、上記選択された画像を複数のサブサンプリング領域に分割するステップと、各サブサンプリング領域内から1つの確定されたピクセル位置を、サブサンプリング領域全体を表すものとしてランダムに選択するステップとを含むことができる。従来方法としては、サンプルピクセルを規則的な格子状に位置するものとして選択することが提案されていた。線形モデルを使用する場合、これはナイキスト安定性に準拠するために予備的フィルタリングを必要とする。これには、実際には原画像に存在しない新たなピ

10

20

30

40

50

クセル値を導入し、したがって場合によっては望ましくないアーチファクトが導入されてしまうという不便な点があった。サンプリングされるピクセルをランダムに選択することによって、予備的フィルタリングが不要になり、このようなフィルタリングの結果生じる場合があるこのようなアーチファクトが回避される。

【 0 0 4 2 】

有利には、本方法は、パン又はズームのような画像の動きに応じて、上記画像内の別のピクセル位置の背景履歴を、上記確定されたピクセル位置に再割当てするステップをさらに含む。これによって、画像の動きに起因する明白な背景の動き、特に、撮像装置の移動のような大きな撮像装置の動きの補償が提供される。

【 0 0 4 3 】

有利には、既存の撮像装置は内蔵運動センサを組み込んでいることが多いため、再割当てされる背景履歴のピクセル位置は、撮像装置の運動センサによって検出される動きに基づくことができる。

【 0 0 4 4 】

有利には、既存の撮像装置には、ズーム値センサを有するズーム装置を備えつけることができるため、再割当てされる背景履歴のピクセル位置は、撮像装置のズーム値に基づくことができる。

【 0 0 4 5 】

有利には、既存の撮像装置には、ブロックマッチングアルゴリズムを実行する画像プロセッサを備えつけることができるため、再割当てされる背景履歴のピクセル位置は、たとえば標準 M P E G ビデオ符号化プロセスにおいて使用されるようなブロックマッチングアルゴリズムによって得られる対応に基づいて決定することができる。

【 0 0 4 6 】

また、本発明は、本発明の画像背景認識方法を実行するようにプログラムされたデータ処理装置、データ処理装置が本発明による画像背景認識方法を実行するための命令セットを含むデータ記憶媒体、データ処理装置が本発明による画像背景認識方法を実行するための命令セットを含む、磁氣的形態、電磁的形態、電氣的形態及び／若しくは機械的形態における信号のセット、並びに／又は、データ処理装置が本発明による画像背景認識方法を実行するための命令セットを、磁氣的手段、電磁的手段、電氣的手段及び／若しくは機械的手段を介して伝送するプロセスにも関する。

【 0 0 4 7 】

具体的には、本発明の画像背景認識方法を実行するようにプログラムされた上記データ処理装置は、たとえばデジタルカメラのような撮像装置に内蔵することができる。

【 0 0 4 8 】

本発明の画像背景認識方法を実行するようにプログラムされた上記データ処理装置は、撮像装置をさらに備えるビデオゲームシステム又はビデオ監視システムに属することもできる。

【 0 0 4 9 】

「データ記憶媒体」とは、少なくとも特定の時間期間にわたって読出し装置によって読出し可能なデータを含むことが可能な任意の物理的媒体として理解される。このようなデータ記憶媒体の例は、磁気テープ及びディスク、（読出し専用及び記録可能又は書換え可能）光ディスク、読出し専用メモリチップ、ランダムアクセスメモリチップ及びフラッシュメモリチップのような論理回路メモリ、並びにさらには、化学メモリ、生化学メモリ又は機械メモリのような新種の（exotic）データ記憶媒体である。

【 0 0 5 0 】

「電磁」とは、無線波から U V 以上までの電磁スペクトルの任意の部分として理解され、コヒーレントな形態（レーザ、メーザ）又はインコヒーレントな形態のマイクロ波、赤外線及び可視光を含む。

【 0 0 5 1 】

「物体」とは、動物及び／又は人間を含む、実世界の任意の観測可能な要素として理解

10

20

30

40

50

される。

【 0 0 5 2 】

ここで、本発明の特定の実施形態を、以下の図面を参照して例示であって非限定的な形態で説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 3 】

【図 1】背景履歴及び隣接ピクセルを有する確定されたピクセルを含む画像を含む画像セットの概略図である。

【図 2】本発明の背景検出方法の実施形態のフローチャート図である。

【図 3】確定されたピクセルのピクセル値及び背景履歴のサンプルピクセル値の図である

10

。 【図 4 a】図 3 の背景履歴のサンプルピクセル値からランダムに選択された 1 つを現在のピクセル値と置き換えることによって背景履歴を更新した結果として生じる、可能な代替の背景履歴のサンプルピクセル値の図である。

【図 4 b】図 3 の背景履歴のサンプルピクセル値からランダムに選択された 1 つを現在のピクセル値と置き換えることによって背景履歴を更新した結果として生じる、可能な代替の背景履歴のサンプルピクセル値の図である。

【図 4 c】図 3 の背景履歴のサンプルピクセル値からランダムに選択された 1 つを現在のピクセル値と置き換えることによって背景履歴を更新した結果として生じる、可能な代替の背景履歴のサンプルピクセル値を有する図である。

20

【図 5 a】パンに応じた背景履歴の再割当てを示す図である。

【図 5 b】ズームインに応じた背景履歴の再割当てを示す図である。

【図 5 c】ズームアウトに応じた背景履歴の再割当てを示す図である。

【図 6】複数のサブサンプリング領域に分割された画像の概略図である。

【図 7】確定されたピクセル位置についての背景履歴及び複数の補助履歴の図である。

【図 8】本発明の代替的な背景検出方法の一部のフローチャート図である。

【図 9】本発明の方法の実施形態を実行するようにプログラムされたデータ処理装置が内蔵されている撮像装置を示す図である。

【図 10】本発明の方法の実施形態を実行するようにプログラムされたデータ処理装置に接続されている撮像装置を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 5 4 】

図 1 は、複数の画像 I のセットを示す。これらの画像は、たとえば撮像装置によって連続的にキャプチャされたものである。各画像 I は複数のピクセルから形成され、画像 I 内の各単一のピクセルは、専用のピクセル位置 x 及びピクセル値 $I(x)$ を有する。理解を容易にするために、添付の図面ではピクセル位置 x は 2 次元として示されているが、任意の次元数を有することができる。たとえば 3 D 画像の場合、ピクセル位置 x は 3 つの次元を有する。例示の実施形態におけるピクセル値 $I(x)$ は、多色画像を得るための RGB 又は HSV の 3 つ一組の形態にある 3 次元である。しかしながら、代替的な実施形態では、任意の他の次元数を有することができる。確定されたピクセル 101 は、いくつかの隣接するピクセル 102 を有する。

40

【 0 0 5 5 】

観測 t に対応する選択画像 I_t では、ピクセル 101 はピクセル値 $I_t(x)$ を有する。ピクセル 101 のピクセル位置 x のために、 N 個のアドレス 104 - 1 ~ 104 - N を有する背景履歴 103 が存在する。履歴内には、そのピクセル位置 x における背景モデルを表すサンプルピクセル値 $b_1(x) \sim b_N(x)$ が格納される。ここで、図 2 に示されるフローチャートを参照すると、ステップ 201 において、選択画像 I_t 内のピクセル値 $I_t(x)$ を読み取り、ステップ 202 において、このピクセル値を背景履歴 103 と比較することによって、上記の選択画像 I_t 内のピクセル 101 が背景に属するか否かを判断することができる。この比較ステップ 202 を、3 次元空間内のサンプルピクセル値 $b_1(x)$

50

$) \sim b_6(x)$ を含む $N = 6$ 個のアドレスを有する背景履歴 103 と、ピクセル値 $I_t(x)$ について図 3 に示す。確率密度関数を推定する代わりに、ピクセル値 $I_t(x)$ を背景履歴 103 内の近くのサンプルピクセル値と比較し、それによって上記背景履歴 103 内の外れ値の影響を制限する。これを達成するために、ピクセル値 $I_t(x)$ を中心とする半径 R の球 $S_{R,t}(x)$ を規定する。次いで濃度、すなわち、この球とサンプルピクセル値の集合 $\{b_1(x), b_2(x), \dots, b_N(x)\}$ との共通部分集合の集合要素の数 C を求める。

【0056】

【数 2】

$$C = \# \{ S_{R,t}(x) \cap \{ b_1(x), b_2(x), \dots, b_N(x) \} \} \quad (2)$$

10

【0057】

この濃度 C が最小数以上である場合、ステップ 203 において、ピクセル 101 を背景に属するものとして分類する。したがって、背景認識の精度を決定する 2 つのパラメータは、比較閾値を形成する半径 R 、及び、上記最小マッチング濃度 C である。実験は、 $N = 6$ 個のサンプルピクセル値について、単一の固定半径 R 及び最小濃度 $= 2$ が優れた性能をもたらすことを示している。これらのパラメータを背景検出中に適合させる必要はなく、画像 I 内の種々のピクセル位置 x ごとに変更する必要もない。このモデルの感度を、最小マッチング濃度 C とサンプルピクセル値 $b_1(x) \sim b_N(x)$ の総数 N との比を用いて調整することができる。

20

【0058】

例示の実施形態では $N = 6$ であるが、代替的な実施形態では N は状況に応じて種々の数とすることができる。有利には、必須ではないが、 N は 3 ~ 50 の範囲内にあることができる。好ましい範囲は 5 ~ 30 と考えられ、特に好ましい実施形態では $N = 20$ である。

【0059】

図 2 のフローチャートに戻ると、次のステップ 204 において、ピクセル値 $I_t(x)$ を背景履歴 103 の更新に使用するか否かをランダムに決定する。使用する場合、次のステップ 205 において更新を行う。この背景認識方法では保守的更新方式を使用する、すなわち、比較ステップ 202 においてピクセル 101 が背景に属すると確認される場合にのみ、その現在のピクセル値 $I_t(x)$ を使用してその背景履歴 103 を更新する。経時的に正確な結果を達成すると共に、シーン内に現れる新たな物体を取り扱うために、背景履歴 103 は頻繁に更新しなければならない。この方法では、ピクセル値 $I_t(x)$ を背景履歴 103 内のサンプルピクセル値 $b_1(x) \sim b_N(x)$ と直接比較し、サンプルピクセル値に対する平滑化効果は存在しない。そのため、いずれのサンプルピクセル値を背景履歴 103 内に保持するか、及びどのように保持するかが重要である。

30

【0060】

ランダム更新選択ステップ 204 では、背景履歴 103 内のサンプルピクセル値を効率的に置き換えるか否かを判断するために、ランダム技法を使用する。ピクセル 101 が背景に属するものと確認された場合でも、そのピクセル値 $I_t(x)$ をランダムに使用して、背景履歴 103 内のサンプルピクセル値のうちの 1 つと置き換える。たとえば、16 分の 1 のランダム履歴更新確率を用いて置き換える。次いで、更新ステップ 205 において、ピクセル値 $I_t(x)$ は、背景履歴 103 のランダムに選択されたアドレス 104 - i 内のサンプルピクセル値に置き換わる。ここで、 i は 1 ~ N の乱数である。これを図 4 a ~ 図 4 c に示す。図 4 a ~ 図 4 c は、図 3 に示す背景履歴 103 に対する 3 つの代替の更新を示している。図 4 a では、ピクセル値 $I_t(x)$ はサンプルピクセル値 $b_3(x)$ に置き換わっている。図 4 b では、ピクセル値 $I_t(x)$ は代わりに $b_2(x)$ に置き換わっている。一方、図 4 c では、ピクセル値 $I_t(x)$ は $b_5(x)$ に置き換わっている。

40

【0061】

背景履歴 103 が更新される際に、サンプルピクセル値が保持される確率は以下の通りである。

50

【 0 0 6 2 】

【 数 3 】

$$\frac{N-1}{N}$$

(3)

【 0 0 6 3 】

更新ステップ 2 0 5 の後、この方法を、次の画像 I_{t+1} 内のピクセル 1 0 1 のピクセル値 $I_{t+1}(x)$ に対して再び繰り返す。すべての連続する有効な更新ごとに、背景履歴 1 0 3 内の各サンプルピクセル値の予測される残存ライフスパンは指数関数的に減衰する。

【 0 0 6 4 】

撮像システムの小さな動き及び振動、或いは背景物体のゆるやかな展開のようないくつかの状況に対応するために、ピクセル 1 0 1 の背景履歴 1 0 3 と、ピクセル 1 0 1 の空間近傍 $N_G(x)$ 内にあるピクセル 1 0 2 の背景履歴との間に、或る空間的一貫性を導入することが好ましい。これらのピクセル 1 0 2 は、図 1 に示すように直接隣接するピクセルを含む場合もあるが、より広範な空間近傍 $N_G(x)$ 内にあるピクセルも含む場合もある。これを達成するために、隣接ピクセル背景履歴更新選択ステップ 2 0 6 では、次の第 2 の更新ステップ 2 0 7 においてランダムに選択された隣接ピクセル 1 0 2 の背景履歴の更新にピクセル 1 0 1 のピクセル値 $I_t(x)$ を使用するか否かを、場合によっては更新選択ステップ 2 0 4 とは異なる確率を用いてランダムに決定してもよい。先行する更新ステップ 2 0 5 のように、上記背景履歴 1 0 3 のランダムに選択されたアドレス 1 0 4 - i におけるサンプルピクセル値と置き換えることによって、背景履歴 1 0 3 を更新する。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、先行する比較ステップ 2 0 2 を実行するために、最初に背景履歴 1 0 3 を構築する必要がある。特定の時間後では、背景履歴 1 0 3 内のすべてのサンプルピクセル値 $b_1(x) \sim b_N(x)$ は以前の更新に由来するものになるであろうが、画像シーケンスの始まりにおいては、ピクセル 1 0 1 についてサンプルピクセル値として利用可能な先行するピクセルは存在しない。背景履歴 1 0 3 を構築するために、たとえば複数の画像 I のセットの最初の画像 I_1 を使用して、初期化ステップ 2 0 8 を実行する。この初期化ステップ 2 0 8 において、たとえば上記最初の画像 I_1 内のランダムに選択された隣接ピクセル 1 0 2 のピクセル値を、ピクセル 1 0 1 の背景履歴 1 0 3 の N 個のアドレス 1 0 4 - 1 ~ 1 0 4 - N 内の初期サンプルピクセル値 $b_1(x) \sim b_N(x)$ として選択する。したがって、冗長な初期化期間なしで、シーケンス内の最初の画像 I_1 から完全な背景モデルを構築することができる。この初期化ステップ 2 0 8 は、最初の画像 I_1 内の動いている物体に応答してゴースト物体が生成されるという欠点を有するが、後の更新によってこれらは時間と共に確実に消える。

【 0 0 6 6 】

初期化ステップ 2 0 8 と第 2 の更新ステップ 2 0 7 とにおいて、異なるサイズの空間近傍 $N_G(x)$ から得られる隣接ピクセル 1 0 2 を使用することができる。たとえば、 $N = 20$ 個のサンプルピクセル値を含む背景履歴 1 0 3 を初期化するために、上記確定されたピクセル 1 0 1 の周囲の 5×5 、或いは 7×7 ピクセルの広範な空間近傍 $N_G(x)$ を選択することができる。他方で、空間的一貫性を改善する第 2 の更新ステップ 2 0 7 においては、 3×3 ピクセル、或いは 4 つの最も近い隣接ピクセル 1 0 2 (左、右、上及び下) のみから成る狭い空間近傍 $N_G(x)$ を選択することができる。

【 0 0 6 7 】

背景に属するものとして分類された上記画像 I_t 内のピクセル 1 0 1 のピクセル値と、背景に属するものとして分類されなかった上記画像 I_t 内のピクセル 1 0 1 とを使用して、所与の画像 I_t についての合成背景画像 B_t を作成することができる。

背景に属するものとして分類されなかった上記画像 I_t 内のピクセル 1 0 1 については、好ましくは上記背景履歴 1 0 3 内のランダムに選択されたアドレス 1 0 4 - i のサンプルピクセル値のうちの 1 つを使用する。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

たとえば、画像 I_t を背景画像 B_t と比較する影検出後処理技法において、この合成背景画像 B_t を使用することができる。及び / 又は、ビデオ監視における破棄される物体 (abandoned object) の検出に、この合成背景画像 B_t を使用することができる。ビデオ監視における破棄される物体の検出では、破棄される物体を検出するために当業者に既知の様式で現在の画像と比較される基準画像 R を定期的に更新するために、背景画像 B_t を使用する。

【0069】

実際の状況では、撮像装置もシーン内の物体も、必ずしも固定されているとは限らない。いくつかの撮像装置は、並進ベクトルのような動きパラメータ、アフィン変換のパラメータ、或いはズーム値のような軸変換のパラメータを提供する場合がある。少なくとも最小のこのような動きがステップ 209 において検出される場合、これによって、図 5 a ~ 図 5 c に示すように、比較ステップ 202 に先立つ動き補償ステップ 210 において、別のピクセル 105 からの背景履歴を確定されたピクセル 101 に再割当てすることが可能となる。

【0070】

上記動きパラメータは、ピクセル 105 のピクセル 101 に対する相対位置を決定する。これらは、撮像装置に内蔵されている運動センサ及び / 若しくはズームセンサによって、並びに / 又は、画像データに直接基づいて異なる画像 I 内の領域間の対応を構築する技法によって、得ることができる。たとえば、多くの消費者市場のデジタルカメラは、デジタル動き補償のための運動センサを内蔵しており、このセンサをこれらの動きパラメータを得るのに使用することができる。また、ISO MPEG 標準規格に準拠する符号化器は、2つの画像の領域間の 1対1 対応を構築するためのブロックマッチングアルゴリズムを適用しており、このアルゴリズムをこれらの動きパラメータを得るのに使用することができる。

【0071】

この再割当てプロセスでは、2つのピクセル位置が互いに一意に対にされる場合は、背景履歴 103 は単純に、ピクセル 105 におけるその古いロケーションからピクセル 101 におけるその新たなロケーションに再割当てされる。しかしながら、画像 I_t が先行する画像 I_{t-1} 内に存在しない少なくとも 1つのピクセルを含む場合は、先行する画像 I_{t-1} 内の最も近いピクセルの背景履歴からのサンプルピクセル値、又は代替的にはランダムな値を使用してその背景履歴 103 を満たすことができる。

【0072】

図 5 a は、撮像装置のパン動作の事例における背景履歴再割当てを示す。撮像装置が画像平面に平行な軸上で右から左に移動すると、ピクセル 105 の背景履歴を、当該ピクセルの右側にある対応するピクセル 101 に再割当てする。それによって、撮像装置が動いているという事実にもかかわらず、それらのピクセル 101 について本発明の背景検出方法の一貫した結果が得られる。しかしながら、2つの連続する画像 I_{t-1} 、 I_t においては、大部分のピクセルは双方の画像 I_{t-1} 、 I_t 内に見られるシーン間の共通部分に対応するが、 I_{t-1} のいくつかのピクセルは画像フレームから外れ、その一方で、先行する画像 I_{t-1} 内で見えていたシーンの部分に対応する他のピクセルが I_t 内に現れる。前者の背景履歴 (例示の実施例では右側の背景履歴) は破棄するか、又は、後に使用するために保存することもできる。後者の背景履歴 (例示の実施例では左側の背景履歴) は瞬時に初期化するか、又は、たとえば撮像装置が以前に反対方向に移動したことがあるのであれば、以前の記憶から復元することもできる。

【0073】

図 5 b は、撮像装置のクローズアップ動作、すなわちズームインの事例における背景履歴再割当てを示す。この事例では、再割当てされた背景履歴は、画像 I_t の中心から遠ざかる。先行する画像 I のエッジに近いピクセルの背景履歴は破棄するか、又は、後に使用するために保存することもできる。シーンの所与の部分に対応するピクセル数は画像 I_t 内では先行する画像 I_{t-1} と比較して増加するため、画像 I_{t-1} 内のピクセル 105 の背景

履歴を、画像 I_t 内のいくつかのピクセル 101 に再割り当てすることができる。

【0074】

図5cは、撮像装置の後退する動作、すなわちズームアウトの事例における背景履歴再割当てを示す。この事例では、再割当てされた背景履歴は、画像 I_t の中央に向かって移動する。シーンの所与の部分に対応するピクセル数は減少するが、先行する画像 I_{t-1} 内の複数のピクセル105のすべての背景履歴について、再割当てされる画像 I_t 内の対応するピクセル101が見つかるわけではない。画像 I_t のエッジの近くには、シーンの先行する画像 I_{t-1} においては見えなかった部分に対応するピクセルが現れる。これらのピクセルの履歴は瞬時に初期化するか、又は、たとえば撮像装置が以前にズームインしたことがあるのであれば、以前の記憶から復元することもできる。

10

【0075】

ブロックマッチングアルゴリズムが動いている物体を検出する場合は、画像 I_t 内のその対応するピクセル値 $I_t(x)$ を背景履歴更新から除外することができる。

【0076】

本発明の第1の実施形態では、上述の方法は、画像セットの各画像 I のすべてのピクセルに対して実行される。しかしながら、状況によっては、完全な鮮明度の画像を使用することよりも処理速度が重要な場合もある。本方法はあらゆるスケールにおいて良好な性能を提供するため、各画像 I のピクセルセットから選択されるピクセルサブセットに対して本発明の方法を実行し、画像背景を検出することも可能である。すなわち、原画像データセットをサブサンプリングすることによって、画像はより低い解像度に低減される。このサブセット内のピクセルは、ランダムに選択することができる。図5は、これをどのようにして実行することができるかの一例を示す。図6の実施形態では、シーケンスの各画像 I は、複数のサブサンプリング領域601に分割される。各サブサンプリング領域601において、単一の確定されたピクセル101が、サブサンプリング領域601全体を現すものとしてランダムに選択される。画像セット内の各画像 I について、このランダムピクセル選択が再度実行される。

20

【0077】

図7及び図8に示す本発明の別の代替的な実施形態では、補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} のセットが、各確定されたピクセル101のピクセル位置 x について構築される。本発明の代替的な実施形態では、種々の数の補助履歴を使用することができる。

30

【0078】

これらの補助履歴補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} のそれぞれは、背景履歴 103 のように、以下のパラメータを有する。

それぞれ上記追加の履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 又は 103^{IV} 内のサンプルピクセル値について、利用可能なアドレス $104'$ 、 $104''$ 、 $104'''$ 又は 104^{IV} の数 N ；

現在のピクセル値 $I_t(x)$ が、サンプルピクセル値と実質的にマッチするとみなされるための、当該ピクセル値 $I_t(x)$ と上記補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 又は 103^{IV} 内のサンプルピクセル値との間の最大距離 R ；

40

ピクセル値 $I_t(x)$ が上記補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 又は 103^{IV} に属するものとみなされるために実質的にマッチしなければならない、上記補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 又は 103^{IV} 内のサンプル値の数 C ；

更新について考慮する場合は、上記補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、... 又は 103^{IV} を更新するためにピクセル値 $I_t(x)$ を使用する確率を規定する履歴更新確率。

【0079】

例示の実施形態では、ピクセル101の各補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} は、異なるパラメータが選択され得る場合であっても、背景履歴 103 と同じ数 N 、最大距離 R 、及び閾値濃度 C を有することができる。しかしながら、各補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} は、背景履歴更新確率よりも高いそ

50

れぞれ異なる補助履歴更新確率によって特徴付けられる。補助履歴更新確率が増大すると、連続する画像 I における変化への適応の遅さとして定義される、各補助履歴の慣性が減少する。したがって、大きい慣性を有する履歴は、より多数の画像 I にわたって観測されるピクセル値を考慮に入れる。一方、小さい慣性を有する履歴は、高速で変化する値をモデル化することが可能である。たとえば、背景履歴更新確率が $1/16$ の場合では、例示の実施形態の補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} の更新に使用される補助履歴更新確率は、それぞれ、 $1/8$ 、 $1/4$ 、 $1/2$ 及び 1 とすることができる。

【0080】

上述の実施形態におけるように、背景履歴 103 のアドレス $104-1 \sim 104-N$ を、最初の画像 I_1 内のランダムに選択された隣接ピクセル 102 のランダムにソートされた値で満たすことによって、背景履歴 103 を初期化することができる。しかしながら、上記最初の画像 I_1 内のすべてのピクセルが背景に属すると仮定され得る場合は、補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} のそれぞれを、ランダムな値を用いて初期化することができる。その結果、補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} は、更なる情報が利用可能になるとすぐに適応する。

【0081】

図 8 に示すように、現在のピクセル値 $I_t(x)$ を、対応する履歴 103 、 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} と階層的に比較する。背景履歴 103 から開始して、値 $I_t(x)$ を、各履歴 103 、 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} と対照して再帰的にチェックする。

【0082】

したがって、選択画像 I_t のピクセル値 $I_t(x)$ が上述の比較ステップ 202 において背景履歴 103 とマッチしなかった場合は、第 1 の補助履歴比較ステップ 202' において、当該ピクセル値を第 1 の補助履歴 $103'$ と比較する。当該ピクセル値が、上記第 1 の補助履歴 $103'$ のアドレス $104'-1 \sim 104'-N$ 内に格納されている少なくとも C 個のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合は、たとえば上述の $1/8$ 等の第 1 の補助履歴更新確率を用いるランダム更新選択ステップ 204' において、次の第 1 の補助履歴更新ステップ 205' において第 1 の補助履歴 $103'$ をピクセル値 $I_t(x)$ を用いて更新するか否かが検討される。第 1 の補助履歴更新ステップ 205' において、上記ピクセル値 $I_t(x)$ は、第 1 の補助履歴 $103'$ のランダムに選択されたアドレス $104'-1$ 内のサンプルピクセル値と置き換わる。

【0083】

しかしながら、ピクセル値 $I_t(x)$ が上記第 1 の補助履歴 $103'$ 内に格納されている上記少なくとも C 個のサンプルピクセル値とマッチしない場合は、第 2 の補助履歴比較ステップ 202'' において、当該ピクセル値を第 2 の補助履歴 $103''$ と比較する。ここでも、当該ピクセル値が、上記第 2 の補助履歴 $103''$ 内に格納されている少なくとも C 個のサンプルピクセル値と実質的にマッチする場合は、上述の $1/4$ 等のより高い更新確率を用いる類似のランダム更新選択ステップ（図示せず）に進み、最終的には第 2 の補助履歴 $103''$ の類似の更新ステップ（図示せず）に進む。ピクセル値 $I_t(x)$ が上記第 2 の補助履歴 $103''$ 内に格納されている少なくとも C 個のサンプルピクセル値と実質的にマッチしない場合は、同様の手順を、たとえば上述の $1/2$ 等のさらに高い更新確率を用いて第 3 の補助履歴 $103'''$ に対して実行する。ピクセル値 $I_t(x)$ が上記第 3 の補助履歴 $103'''$ 内に格納されている少なくとも C 個のサンプルピクセル値と実質的にマッチしない場合は、同様の手順を、たとえば上述の 1 等のさらに高い更新確率を用いて第 4 の補助履歴 103^{IV} に対して実行する。

【0084】

本発明の方法では、例示の実施形態の 4 つの補助履歴 $103'$ 、 $103''$ 、 $103'''$ 及び 103^{IV} のような各補助履歴について、背景履歴 103 に関して上述したものと同一技法を援用して、空間的一貫性の確保、画像の動き補償、且つ/又は、空間サブサン

10

20

30

40

50

プリングによる処理時間の低減を行うこともできる。

【0085】

ブロックマッチングアルゴリズムが使用されるときは、ブロックマッチングアルゴリズムによって検出される動いている物体に対応するピクセルの少なくとも1つの補助履歴を、その動きに従って再割当てすることによって、この補助履歴の一貫性を向上させることができる。

【0086】

画像 I_t において、補助履歴とマッチしたピクセル値 $I_t(x)$ を有するピクセル 101 を使用して、おそらくは背景と前景との中間にある画像層を生成することができる。

【0087】

少なくとも1つの補助履歴をゴースト抑制に使用することができる。この目的のために、補助履歴にマッチしたピクセル 101 のピクセル値 $I_t(x)$ を使用して、背景履歴 103 又はより低くランク付けされている補助履歴を更新することができる。これも図8に示す実施形態において例示されており、ピクセル値 $I_t(x)$ が第1の補助履歴 103' とマッチする場合は、第1の補助履歴 103' を更新する確率よりも低い、たとえば $1/2048$ 等の確率を用いる別の更新選択ステップ 801 において、次の更新ステップ 802 において背景履歴 103 を上記ピクセル値 $I_t(x)$ を用いて更新するか否かが決定される。これによってゴーストデータ内部に、上述の空間拡散プロセスがゴーストを除去するのを助ける小さな背景種 (background seeds) が挿入される。同じ手順を使用して、ステップ 202' において第2の補助履歴 103'' とマッチしたピクセル値 $I_t(x)$ を用いて第1の補助履歴 103' を更新することができ、ステップ 202' において第3の補助履歴 103''' とマッチしたピクセル値 $I_t(x)$ を用いて第2の補助履歴 103'' を更新することができ、以下同様である。

【0088】

本発明の背景検出方法を、たとえばプログラマブルコンピュータのような撮像装置に接続されるデータ処理装置を利用して実行することができる。その場合、データ処理装置は、データ記憶媒体を使用して、又は磁氣的形態、電磁的形態、電気的形態及び/又は機械的形態の信号として、この背景検出方法を実行するための命令を受信することができる。

【0089】

本発明のさまざまな実施形態において、乱数が広範に使用されている。これらの数は、乱数生成器によって提供することができる。しかしながら、このような乱数を決定論的なコンピュータによって提供することはできないため、真の乱数生成器と類似の特性を有する疑似乱数生成器を代わりに使用することができる。別の代替形態では、以前に生成された乱数又は疑似乱数の大きな索引リストを使用することもできる。

【0090】

本発明の背景検出方法を、たとえば、ビデオ監視、専門家及び/若しくは消費者向けのデジタルスチルカメラ及び/若しくはデジタルビデオカメラ、画像キャプチャインタフェースを使用するコンピュータ及びビデオゲーム装置、衛星撮像及び地球観測システム、自動画像解析システム並びに/又は医用画像システムに適用することができる。

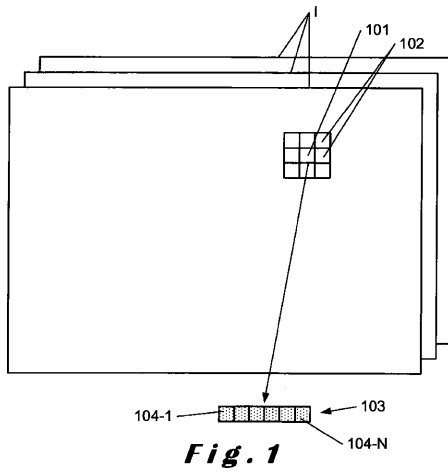
【0091】

図9は、本発明の方法を実行するようにプログラムされているデータ処理装置 902 を内蔵しているデジタルカメラという具体的な形態にある撮像装置 901 による本発明の可能な応用形態を示している。図10は、本発明の方法を実行するようにプログラムされているデータ処理装置 902 を有するビデオゲームシステムと、ビデオ監視又は対話のために接続されている撮像装置 901 による本発明の別の可能な応用形態を示している。

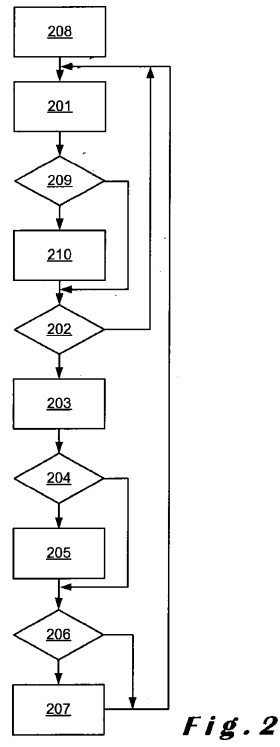
【0092】

本発明を具体的な例示の実施形態を参照して説明してきたが、特許請求の範囲において記載されるような本発明のより広い範囲から逸脱することなく、これらの実施形態にさまざまな変更及び変形を行うことができることは明らかであろう。したがって、本明細書及び図面は限定ではなく例示を意図するとみなされるべきである。

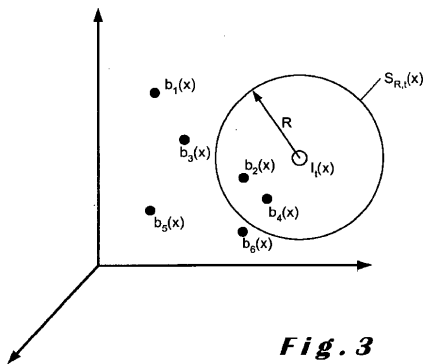
【図 1】



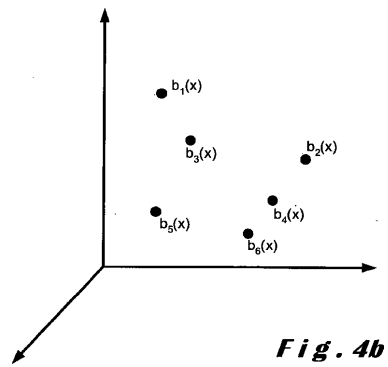
【図 2】



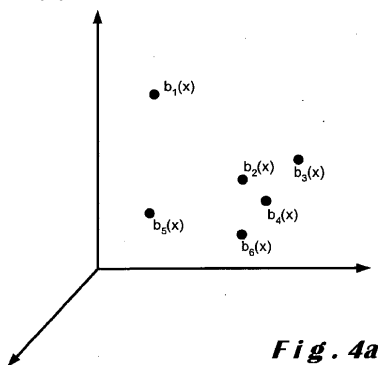
【図 3】



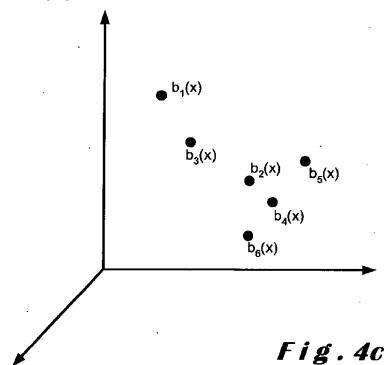
【図 4 b】



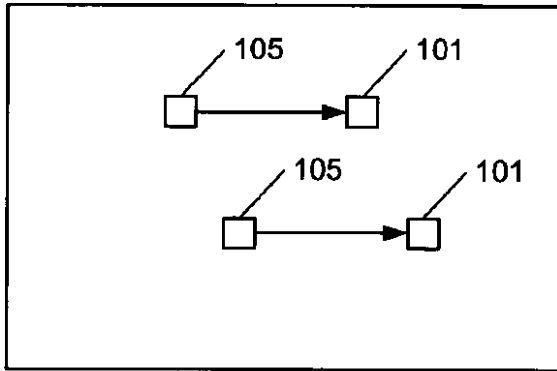
【図 4 a】



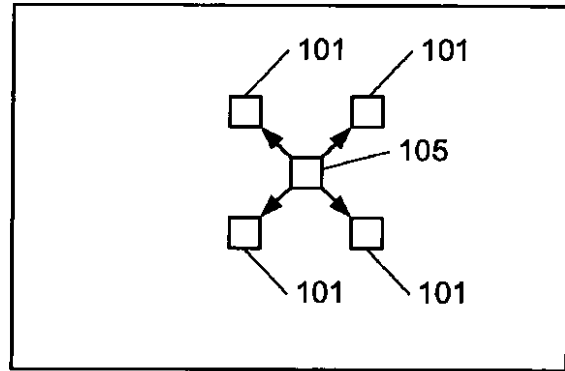
【図 4 c】



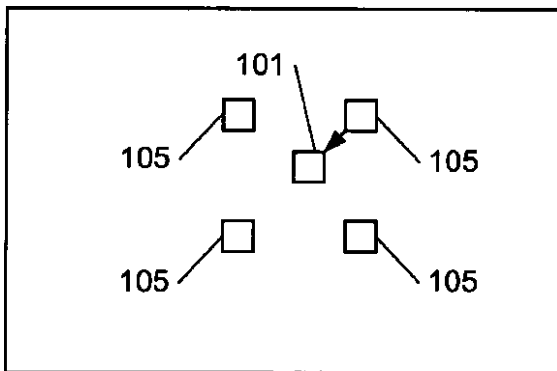
【図 5 a】

**Fig. 5a**

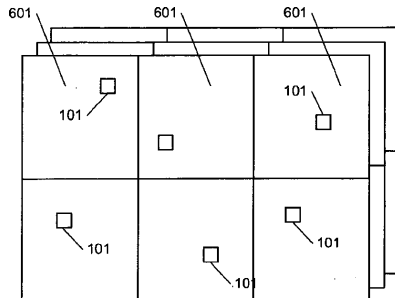
【図 5 b】

**Fig. 5b**

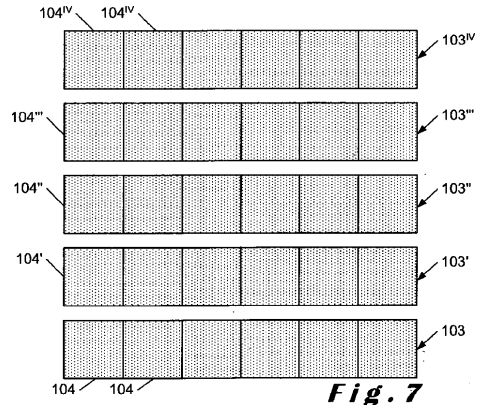
【図 5 c】

**Fig. 5c**

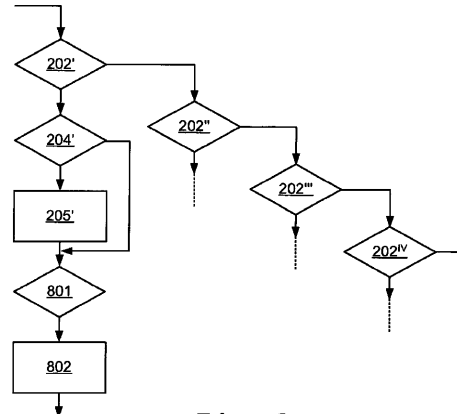
【図 6】

**Fig. 6**

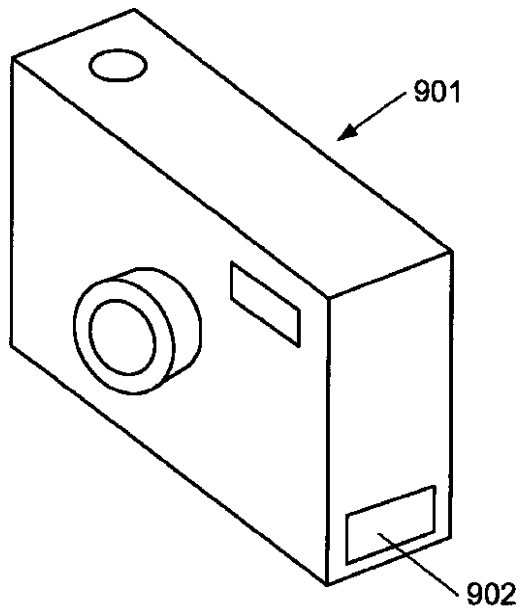
【図 7】

**Fig. 7**

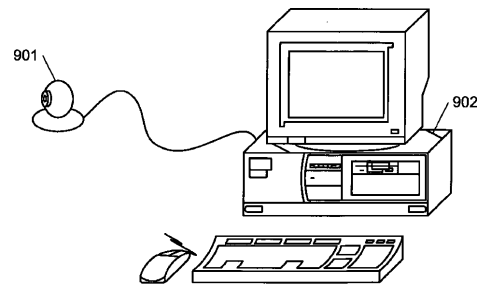
【図 8】

**Fig. 8**

【図 9】

**Fig. 9**

【図 10】

**Fig. 10**

フロントページの続き

(74)代理人 100111648

弁理士 梶並 順

(74)代理人 100147500

弁理士 田口 雅啓

(72)発明者 ヴァン・ドロヘンブルーク、マルク

ベルギー国、1780 ウェメル、ザーヴェルベルフ 21

(72)発明者 バルニヒ、オリヴィエ

ベルギー国、4020 リエージュ、ケ・チャーチル 12、ボワト 061

審査官 松永 稔

(56)参考文献 国際公開第93/05488(WO, A1)

特開2007-34733(JP, A)

特開2007-328755(JP, A)

特開2005-150840(JP, A)

特開2004-265292(JP, A)

Hanzi Wang, David Suter, A consensus-based method for tracking: Modelling background scenario and foreground appearance, PATTERN RECOGNITION, 英国, ELSEVIER, 2007年, V40 N3, P1091-1105

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 7/20

G06T 1/00