

GPU を用いたノンパラメトリック背景更新

寺林 賢司, 梅田 和昇 (中央大学 / JST CREST),
モロ アレッサンドロ (トリエステ大学 / JST CREST)

Nonparametric approach to background updating using a GPU
Kenji Terabayashi, Kazunori Umeda (Chuo University / CREST, JST)
Alessandro Moro (University of Trieste / CREST, JST)

Abstract

This paper describes a nonparametric way to update background image by using histograms of color intensity directly instead of parametric models such as Gaussian distribution. The histogram has rich information for updating background image. In the implementation, a GPU is used to keep and process the histogram in real-time. Two experiment of estimating true background image were examined. These results show that the proposed method is better than the way described in the reference⁽¹⁾.

キーワード: 背景更新, ノンパラメトリック, GPU
(background updating, nonparametric, GPU)

1. はじめに

画像から人物等の前景領域を抽出する際に、広く一般的に使われる方法として背景差分がある。背景差分では、予め用意した背景画像と入力画像の差分を計算し、差分値が閾値以上である時にその領域を前景として抽出する。ここで背景画像をいかに作成するかが重要であり、照明変動や背景自体の変化、揺れ動く木の葉のような周期的な変化などへの対応が必要となる。また、混雑したシーンのように、前景のオクルージョンにより背景が長時間にわたり観測できない場合では、断片的に短い時間観測できる背景情報から背景画像を作成することが要求される。

これまでに、背景画像の各画素値が正規分布モデルやその集合として表現されるとした、パラメトリックな方法が様々な提案されている⁽¹⁾⁽²⁾。これらのアプローチでは、パラメトリックモデルを仮定することで、少ない計算量で背景情報を獲得している。しかし、パラメータを推定するための十分なサンプル画像数が必要であり、またロングテールな分布を持つ背景に対して適切なモデリング結果が得られないという問題がある。

本稿では、輝度値のヒストグラムを直接的に扱うノンパラメトリックな背景更新を提案し、画像処理分野で近年よく用いられる GPU を利用した実装により、計算量の問題を解決する。

2. ノンパラメトリック背景更新

本研究では、入力画像の色情報を画素毎にヒストグラムとして保持し、背景情報は高い頻度で入力画像に含まれるという仮定のもとに、背景画像を決定する。この仮定は、真の背景画像と入力画像の差が生じる頻度は低いと換言することができ、この頻度が高いときに背景画像をヒストグラム情報に基づき更新する。

以上のコンセプトに基づいたノンパラメトリック背景更新の流れは、以下の通りである。

- 時刻 t における入力画像 I_t を取得
- 各画素 (x, y) において、 $I_t(x, y)$ に基づきヒストグラム $h_t(x, y, i = I_t(x, y))$ をインクリメント
- 入力画像 I_t と背景画像 B_{t-1} の差分 D_t を計算 ($D_t(x, y) = I_t(x, y) - B_{t-1}(x, y)$)
- $|D_t(x, y)|$ への閾値処理 (閾値 T_D) によって 2 つのカウント $C_t(x, y)$, $CN_t(x, y)$ を更新 (<2・1>節)
- カウント $C_t(x, y)$, $CN_t(x, y)$ の条件からヒストグラム $h_t(x, y, i)$ に基づき背景画像 $B_t(x, y)$ を決定 (<2・2>節)
- カウント $C_t(x, y)$ の条件によってヒストグラム $h_t(x, y, i)$ を修正 (<2・3>節)

<2・1> カウントの更新 カウント $C_t(x, y)$, $CN_t(x, y)$ は、それぞれ背景画像と入力画像の差の有無を数数するものであり、以下の条件に応じて更新する。

$$C_t(x, y) = \begin{cases} C_{t-1}(x, y) + 1 & (|D_t(x, y)| \geq T_D) \\ 0 & (|D_t(x, y)| < T_D \cap CN_t(x, y) \geq T_C) \\ C_{t-1}(x, y) & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$CN_t(x, y) = \begin{cases} CN_{t-1}(x, y) + 1 & (|D_t(x, y)| < T_D) \\ 0 & (|D_t(x, y)| \geq T_D) \end{cases}$$

<2・2> 背景画像の更新 ヒストグラム情報 $h_t(x, y, i)$ から最頻値を用いて背景画像を更新する。計算量の観点から、毎フレームの更新ではなく、カウント $C_t(x, y)$, $CN_t(x, y)$ によって更新タイミングを以下のように制御する。

$$B_t(x, y) = \arg \max_i h_t(x, y, i)$$

$$(C_t(x, y) > \max(F_t, T_C) \cup CN_t > k F_t)$$

ただし、 F_t はフレームレートに応じたフレーム数、 k はカウント間の更新頻度の比率である。



図 1 入力シーン 1

図 2 出力背景画像 (文献⁽¹⁾)

図 3 出力背景画像 (提案手法)



図 4 入力シーン 2

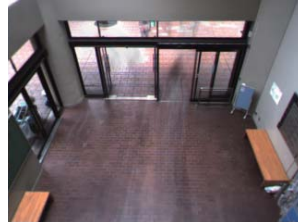
図 5 出力背景画像 (文献⁽¹⁾)

図 6 出力背景画像 (提案手法)

〈2・3〉 **ヒストグラムの修正** ヒストグラムの特定輝度の頻度が大きくなる場合でも、長期的な背景変化に対応できるように、ヒストグラムへ以下の修正を行う。

$$h_t(x, y, \arg \max_i h_t(x, y, i)) \leftarrow \max_i (h_t(x, y, i) / 2) \\ (C_t(x, y) > T_c * (2 - 0.4 \alpha_t - r_t))$$

ここで、 r_t は C_t のインクリメントされる割合 ($r_t = [0, 1]$)、 α_t は背景更新頻度を表し、背景更新時 ($C_t(x, y) > \max(F_t, T_c)$) にインクリメントされ、入力画像が背景画像に近い時 ($|D_t(x, y)| < T_D$) に 0 となる ($\alpha_t = \{0, 1, 2\}$)。 T_c は更新処理を行う周期にかかる定数であり、入力画像の変化の大きさに対して比例的に決定する。

3. 評価実験

断片的に背景が観測できるシーンに対して、背景更新法を適用することにより、提案手法の評価を行う。具体的には、図 1、図 4 に示すシーンに対して、提案手法と文献⁽¹⁾によって背景更新を行い、得られる背景画像を比較検討した。

本実験では、グラフィックカード NVIDIA GeForce GTX285, 計算機 DELL Studio 540 (Intel Core2 Quad CPU 2.67GHz, メモリ 4GB) を使用した。画像サイズは、 320×240 [pixel] である。

文献⁽¹⁾ による背景画像例を図 2、図 5 に、同フレームにおける提案手法の出力背景画像を図 3、図 6 に示す。これらの結果から、提案手法では、人の移動した残像のようなものではなく、適切な背景画像が得られていることがわかる。差分値の一次モーメントを時系列で評価したものが、図 7、図 8 であり、値が小さいものほど良好な背景画像が得られていることを示している。これらの図から、提案手法が多く時間においてよい結果が得られていることがわかる。また、提案手法の 1 フレームあたりの計算時間は、平均 18[ms]、最大 60[ms] であった。

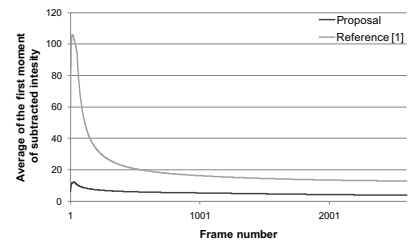


図 7 差分値の一次モーメントによる比較評価 (シーン 1)

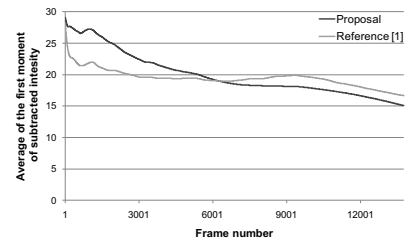


図 8 差分値の一次モーメントによる比較評価 (シーン 2)

4. おわりに

本稿では、ノンパラメトリックな背景画像更新を提案し、文献⁽¹⁾との比較実験では、前景の背景画像への写り込みが生じないという結果を得た。

参考文献

- (1) C.R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, A.P. Pentland: "Pfinder: real-time tracking of the human body," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.19, no.7, pp.780-785 (1997-7)
- (2) C. Stauffer, W.E.L. Grimson: "Adaptive background mixture models for real-time tracking," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.246-252 (1999)