

多重分割とエッジ肥大化を用いた 照明変化に頑健な物体抽出法

1 はじめに

同一の固定カメラを用いて侵入物の存在しない状況で撮影された画像（背景画像）と、侵入物の存在する状況で撮影された画像（対象画像）を利用し、対象画像から物体領域を抽出するという処理は、画像合成や監視システムに応用できる上、その手法を競うコンテスト [1] が開かれるなどコンピュータビジョンにおいてよく議論される研究テーマである。

本論文では、照明変化に頑健でより高速な物体抽出法を実現するため、同一の固定カメラを用いて撮影された照明条件の異なる背景画像と対象画像を用いて、侵入物のみを分離抽出する手法を提案する。

2 背景差分法による物体領域抽出

背景画像を用いて対象画像から物体領域を抽出する代表的な手法として背景差分法がある。背景差分法は高速で実装が容易な手法として広く用いられている。

背景画像が N 枚のとき、RGB 表色系における背景差分は式 (1), (2) により定義される。ここで、 $f_{ij}^R, f_{ij}^G, f_{ij}^B$ は対象画像の座標 (i, j) における R, G, B それぞれの画像成分値、 $b_{nij}^R, b_{nij}^G, b_{nij}^B$ は n 枚目の背景画像の座標 (i, j) における RGB 画像成分値である。

$$\begin{aligned} R_{min}(i, j) &= \min(|f_{ij}^R - b_{1ij}^R|, \dots, |f_{ij}^R - b_{Nij}^R|) \\ G_{min}(i, j) &= \min(|f_{ij}^G - b_{1ij}^G|, \dots, |f_{ij}^G - b_{Nij}^G|) \\ B_{min}(i, j) &= \min(|f_{ij}^B - b_{1ij}^B|, \dots, |f_{ij}^B - b_{Nij}^B|) \end{aligned} \quad (1)$$

$$s_0(i, j) = \max(R_{min}(i, j), G_{min}(i, j), B_{min}(i, j)) \quad (2)$$

得られた差分値 $s_0(i, j)$ に対して式 (3) を適用し、座標 (i, j) における物体の有無を判定する 2 値画像 $S = \{s_{ij}\}$ を生成する。ここでは、物体の存在する画素を最大階調値 V_{max} で、存在しない画素を 0 で表している。

$$s_{ij} = \begin{cases} V_{max} & (s_0(i, j) > T) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (3)$$

なお、入力される画像に対して適切なしきい値 T を自動的に決定する手法として大津の判別分析法 [2] を用いる。

3 エッジ情報と多重分割を用いた物体領域抽出

対象画像と背景画像間の照明変化が大きい場合、単純な背景差分法だけで正確な物体領域を抽出することは困難である。そこで、本論文では照明変化に影響を受けにくい画像のエッジに着目した手法を提案する。

まず、前章で示した手順により背景差分画像 S を得る。次に、抽出する物体領域のみのエッジ画像 E を取得する。 E を多重分割判定することで物体領域の限定処理を行った画像 A を取得し、さらに E を肥大化させた画像 G を生成する。最後に、 S, A, G を用いて物体領域の概形を復元する。提案手法のフローチャートを図 1 に示す。

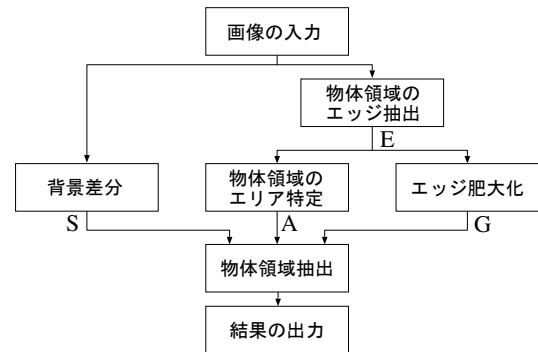


図 1: 提案手法のフローチャート。

3.1 物体領域のエッジ成分抽出

提案手法で入力される画像は同一の固定カメラを用いて撮影されたものであるとしている。ゆえに、背景部における物体間の境界線や物体の様子は対象画像と背景画像間で変化がないと仮定できる。これらの特徴量はエッジとして抽出することが可能である。

対象画像と n 枚目の背景画像をグレースケール画像に変換し、ラプラシアンフィルタを施すことによって得たエッジ画像をそれぞれ $F^e = \{f_{ij}^e\}, B_n^e = \{b_{nij}^e\}$ とする。

この画像を用いて式 (4) により抽出物体領域のみのエッジ画像 $E = \{e_{ij}\}$ を得る。

$$e_{ij} = \begin{cases} f_{ij}^e - \sum_{n=1}^N b_{nij}^e & (f_{ij}^e > \sum_{n=1}^N b_{nij}^e) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

なお、入力した背景画像が 1 枚だけの場合、背景部のエッジが十分に除去されない場合が考えられるため、この場合は背景のエッジ成分を α 倍することによって背景部エッジを除去する。

また、式 (4) の処理で背景部に属するエッジのほとんどが除去されることが期待できるが、いくらかのインパルス状のエッジ成分が残ってしまうことが考えられる。これらのノイズエッジを低減させるため、 E に対してメディアンフィルタを施すこととする。

3.2 物体領域のエリア特定

離散するエッジ分布をある固まりごとに測定することで物体領域の存在する位置を特定する。そのためにエッジ画像 E を幅 W_1 、高さ H_1 の大きさで部分領域に分割し、部分画像ごとに物体の有無を判定することで、物体の存在するエリア画像 A を導出する。等分割した部分画像の一つを $E_{seg} = \{e_{seg}(u, v)\}$ とする。物体が存在する場合、 E_{seg} における階調値ヒストグラムは図 2 に示されるようにばらつきの大きい分布となる。

つまり E_{seg} における階調値分布のばらつきを求めることで物体領域の有無を判定できると考えられる。そこで、式 (5) を用いて分割された部分画像それぞれに対して階調値の分散 σ^2 を計算し、階調値のばらつきを求める。ただし、 μ は E_{seg} 内の全階調値の平均である。

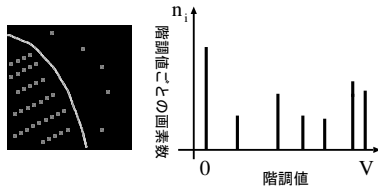


図 2: 目立つエッジが存在する場合 .

$$\sigma^2 = \frac{1}{W_1 H_1} \sum_{u=1}^{W_1} \sum_{v=1}^{H_1} \{e_{seg}(u, v) - \mu\}^2 \quad (5)$$

次に、予備実験で設定したしきい値 T_{σ^2} を用いて式 (6) の処理を行う . ここで $A_{seg} = \{a_{seg}(u, v)\}$ はエリア画像 A の部分画像であり、 E における部分画像 E_{seg} と同一の大きさ、座標で切り出したものである .

$$a_{seg}(u, v) = \begin{cases} V_{max} & (\sigma^2 > T_{\sigma^2}) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (6)$$

さらに以下の手順により、多重に格子分割判定処理を行うことでより対象物体に近い形状を作る .

1. A_{seg} , E_{seg} を 4 分割し、分割した部分画像の一つを A_{seg}^a , E_{seg}^a とする
2. A_{seg}^a に別の階調値の部分画像が隣接している場合のみ、 E_{seg}^a に対して判定処理を行う
3. A_{seg}^a , E_{seg}^a をさらに 4 分割し、以上の処理を m_{div} 回繰り返す

3.3 エッジ肥大化

まず、メディアンフィルタ後のエッジ画像 E 中になお残るノイズエッジを除去する . そのために 3.2 で述べたエリア特定処理を 1 回行った結果画像 A_1 を用いて、物体が存在しないと判定された領域を選び、その領域に対応する E の画素において階調値を 0 とする処理を行う .

次に、その E に対して、しきい値 T_{edge} 以上のエッジを最大階調値 V_{max} に置き換えた画像 G を生成する . さらに、 G の各画素のうち、0 を除く階調値のものに対して、次の手順で肥大化処理を行う . ここでは G の座標 (i, j) における画素の階調値 g_{ij} に関する処理を示す .

1. g_{ij} に関して、右方向 2, 3, 4, 5 画素先の計 4 画素を探索ウィンドウに設定する
2. 探索ウィンドウ中に階調値 V_{max} のエッジが存在するとき、その方向にある隣接画素の階調値を V_{max} に置換する (図 3 参照)
3. g_{ij} の 8 方向それぞれに対して 1. と 2. の処理を行う

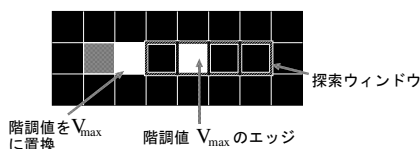


図 3: エッジ肥大化処理 .

一連の処理を m_{fat} 回繰り返すことで、エッジを徐々に肥大化させる . ただし、 m_{fat} 回目 ($m_{fat} \leq m_{fat}$) の処理では探索ウィンドウを $(m_{fat} - 1)$ 個外側にずらす .

3.4 出力

3.1 ~ 3.3 で述べた処理それぞれの結果得られる S , A , G より物体領域画像の出力を行う . まず A において階調値 0 の座標を S の同じ座標に上書きすることで背景差分画像 S の領域を限定する . 限定した結果に対して G における階調値 V_{max} の座標を S の同じ座標に上書きすることで背景差分で抽出できなかった物体領域を補完する . 最終的に得られた S において階調値 V_{max} の画素集合が抽出物体領域となる .

4 検証実験

頑健な物体抽出法として提案されている RRF[3] との比較を行った . 入力画像と実行結果を図 4 に示す .

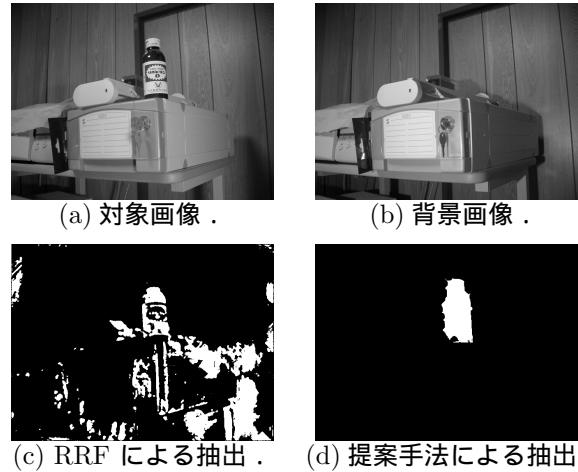


図 4: 実行結果 .

(c) の RRF による抽出結果では背景部における影の大きな変化に影響を受けているが、提案手法ではその影響を受けずに対象物体領域であるビンの領域のみが抽出されていることがわかる . また、他の複数の画像に対する実験の結果、RRF では入力される画像の特徴によって計算時間にばらつきが生じたのに対して、提案手法では計算時間のばらつきが少なく、RRF と比較して概ね 1/3 という短計算時間で処理が完了することが確認された .

5 むすび

本論文では、複数の背景画像と 1 枚の対象画像に対して、エッジ情報と画像領域の多重分割処理による照明変化に頑健な物体抽出法を提案した .

検証実験の結果、提案手法が照明変化や影による変化に頑健でなおかつ高速に物体領域を抽出できることを確認した .

参考文献

- [1] 角所 考, 鈴木健正, 二宮啓彰, 青木康洋, 草野勝大, 山田真義, “2005 年 PRMU アルゴリズムコンテスト「侵入物を探せ ~ 物体領域抽出 ~」実施報告と受賞アルゴリズム紹介,” 信学技報, PRMU2005-136, Vol. 105, No. 478, pp. 49-58, Dec. 2005.
- [2] 大津展之, “判別分析および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法,” 信学論 D, Vol. J63-D, No. 4, pp. 349-356, Apr. 1980.
- [3] 佐藤雄隆, 金子俊一, 丹羽義典, 山本和彦, “Radial Reach Filter(RRF) によるロバストな物体検出,” 信学論 D-II, Vol. J86-D-II, No. 5, pp. 616-624, May 2003.