

局所特徴を用いた横断歩道上の非通常物体の検出

佐野 智哉[†] 山田 啓一[†]

名城大学[†]

1. はじめに

自動車の知能化による安全向上を目的に、車載カメラで撮影した単眼画像から走行環境中の歩行者や車両を検出する研究が数多く報告されている。しかし、走行環境中に存在する物体は明示的に定義された既知の物体のみとは限らず、自動車交通の安全向上のためには、既知ではない物体を検出することも重要である。なぜなら、自動車を安全に運転するためには、ドライバーは既知ではない物体にも注意を払わないといけないと考えられるからである。本研究では、そのシーン中に通常では存在することがない物体を非通常物体と呼ぶこととし、画像中の非通常物体を検出することを目的としている。

筆者らはこれまでに、物体を局所特徴の集合とみなし、局所特徴の相対的な位置関係を用いることなく非通常物体を検出する方法を提案した[1]。これは、あらかじめ非通常物体を含まない通常シーンの画像群を学習用画像として用意しておき、処理対象の画像から、学習用画像に含まれない物体を非通常物体として検出するものである。検出に局所特徴を用いることで、物体領域の切り出しが不要となり、またオクルージョンにも頑健となる特長がある。しかしこの手法は、学習に用いるシーンの数が増加すると非通常物体をうまく検出できなくなる課題があった。そこで本論文では、この課題を解決する手法として、学習用画像の中から処理対象の画像との類似性の高い画像群を選択し、選択された画像群を改めて学習用画像として、従来手法と同じようにして対象画像中の非通常物体の領域を検出する方法を提案する。そして本手法を用いて横断歩道上の非通常物体の検出を試みた結果を報告する。

2. 提案手法

従来手法[1]では、学習シーンのすべてを対象

にして局所特徴の距離を求めていたため、学習シーンの数が増加するにしたがって、全学習シーンのどこかに類似性の高い局所特徴が存在する確率が高くなり、これが前述の問題の原因となっていると考えられる。そこで、処理対象の画像に近いシーンの画像を学習用画像から選択し、これらの似たシーンの画像中に含まれる局所特徴との類似性に基づいて、対象画像中の非通常物体を検出する方法を提案する。

提案手法の概要を図1に示す。事前に m 枚の学習用画像 $\mathcal{D} = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$ から局所特徴点を検出し、各点の特徴を記述する特徴量を求めておく。処理対象とする画像 Q が与えられると、まず画像 Q 中の局所特徴点 $p_i, i = 1, \dots, n$ を検出し、各点の特徴量 $d_i, i = 1, \dots, n$ を求める。本研究では、特徴点の検出と特徴記述に SIFT アルゴリズム[2]を用いている。これらの局所特徴に基づき、学習用画像の中から対象画像 Q と類似性の高い画像群を選択する。学習用画像 D_j に含まれる特徴点の中で、画像 Q 中の特徴量 d_i に最も近い特徴量を $\text{NN}(D_j, d_i)$ とすると、画像 Q と学習用画像 D_j との類似性の尺度 $s(Q, D_j)$ として、

$$s(Q, D_j) = -\sum_{i=1}^n f(\|d_i - \text{NN}(D_j, d_i)\|)$$

を用いることにする。そして、 $s(Q, D_j)$ が閾値 θ 以上である画像群 $\mathcal{D}' = \{D \in \mathcal{D}; s(Q, D) > \theta\}$ を選択する。なお $f(x)$ は x の単調増加関数である。

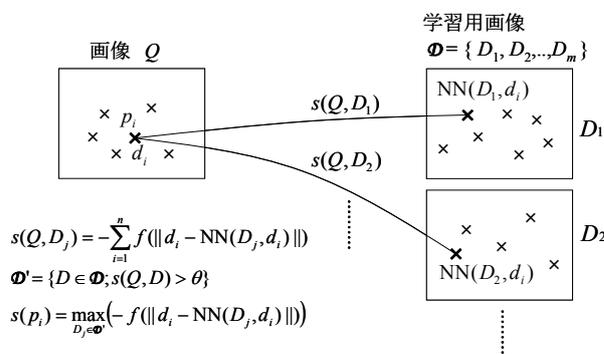


図1 提案手法の概要

このようにして学習用画像 \mathcal{D} から選択された画像群 \mathcal{D}' を改めて学習用画像として、従来手法と同じようにして、対象画像中の非通常物体の領域を検出する。すなわち、対象画像 Q から得られた特徴点 p_i の特徴量 d_i と学習用画像中の特徴点の特徴量との類似度

$$s(p_i) = \max_{D_j \in \mathcal{D}'} (-f(\|d_i - \text{NN}(D_j, d_i)\|))$$

に基づいて、画像 Q 中の特徴点 p_i を含む小領域に非通常物体が存在する度合いを求める。最後に、閾値処理により、非通常物体が存在すると推定される領域を求める。本研究では、画像 Q 中の各特徴点 p_i を中心とする半径 r の小領域 ε_i を非通常物体の存在の判定を行う単位領域とし、その領域 ε_i に含まれる特徴点について、

$$\sum_{p_k \in \varepsilon_i} g(s(p_k))$$

が閾値以上であるとき、その領域 ε_i は非通常物体を含むと判定するようにしている。ここで $g(x)$ は x の単調増加関数である。

3. 実験

3.1 実験方法

提案手法を用いて、横断歩道上の非通常物体の検出を試みた。実験には、横断歩道に靴や椅子などの物体を置いて撮影したテスト用の画像と、靴や椅子などの物体が存在しない横断歩道の道路シーンの学習用画像を用いた。つまり本実験では靴や椅子などの物体を検出すべき非通常物体であると想定した。画像の解像度は 640×480 画素である。図 2 (a) に学習用画像の例を、(b) にテスト用画像の例を示す。

SIFT アルゴリズムによって画像中の局所特徴点を検出した。特徴点の特徴を記述する特徴量 d は、128 次元の SIFT 記述子 (v_1, \dots, v_{128}) に、角度 θ およびスケールサイズ σ を追加したベクトル $(v_1, \dots, v_{128}, c_\theta \cos \theta, c_\theta \sin \theta, c_s \sigma)$ とした。ここで c_θ および c_s はそれぞれ角度およびスケールサイズに対する重み係数である。類似度を求めるのに必要となる探索には計算コストを下げるため、近似最近傍探索を用いた。 $f(x)$ には線形関数を用いた。

3.2 実験結果

図 3 (a) に提案手法による検出結果を示す。画像中の緑色で塗りつぶされた領域が、非通常物体を含むと判定された領域である。この結果から非通常物体が存在する領域が概ね検出できていることが確認できる。なお画像中の左上は非通常物体が誤検出されている領域である。



(a) 学習画像の例 (b) テスト用画像
図 2 実験用画像



(a) 提案手法 (b) 従来手法
図 3 実験結果

比較のため、従来手法による結果を 2 種類の検出閾値について図 3 (b) に示す。同図から、提案手法は従来手法と比較して非通常物体の存在する領域を旨く検出できており、提案手法の従来手法に対する優位性が確認できる。

4. おわりに

画像中から、そのシーンに通常では存在することがない非通常物体を検出する方法として、処理対象の画像のシーンに近い画像を学習用画像から選択し、これらの似たシーンの画像中に含まれる局所特徴との類似性に基づいて、対象画像中の非通常物体を検出する方法を提案した。提案手法を用いて横断歩道上の非通常物体の検出を試みた結果、学習用画像のすべてを対象として局所特徴との類似性に基づいて非通常物体を検出する従来手法と比べて、よい結果が得られることを確認した。

今後の課題として画像数を増やしての手法の更なる評価および検出性能向上のための細部の改良、横断歩道以外の場面への適用などが挙げられる。

参考文献

- [1] 小林, 山田, 局所特徴を用いた画像中の不審物体の検出, 第 12 回画像の認識・理解シンポジウム論文集, pp.931-936, 2009.
- [2] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," Proc. of the International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1150-1157, 1999.