

家庭用サービスロボットののための ハードウェア指向の HOG 特徴量算出の検討

大江 至流[†] 田中 宙夫[†] 松原 直輝[†] 森江 隆[†] 田向 権[†]
[†] 九州工業大学 大学院生命体工学研究科

1. はじめに

本研究は、家庭用サービスロボットののための、リアルタイム人物追跡の実現を目的とする。人物追跡のための特徴量として HOG (Histograms of Oriented Gradients) [1]が用いられる。しかし、HOG 特徴量算出は演算量が膨大なため、ハードウェア化による高速化が必須である。本研究では、ハードウェア指向の HOG 特徴量算出アルゴリズムを提案する。

2. HOG 特徴量

HOG は局所領域における輝度の勾配方向をヒストグラム化した特徴量である。局所領域で特徴量の算出するため、大まかな物体形状を表現することが可能であり、人検出や物検出などの物体認識に用いられる。

HOG 特徴量は以下のアルゴリズムにより算出する[2]。まず、輝度の勾配方向と勾配強度を式(1)-(3)により算出する。

$$\text{勾配強度: } m(x, y) = \sqrt{f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2} \quad (1)$$

$$\text{勾配方向: } \theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{f_y(x, y)}{f_x(x, y)} \quad (2)$$

$$\begin{cases} f_x(x, y)^2 = L(x+1, y) - L(x-1, y) \\ f_y(x, y)^2 = L(x, y+1) - L(x, y-1) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 f_x は横方向の輝度勾配、 f_y は縦方向の輝度勾配、 L は入力画像から取得したピクセルの輝度である。次に、算出した $m(x, y)$ と $\theta(x, y)$ を用いて、 8×8 ピクセルの領域をセルとし、セル内の輝度の勾配方向のヒストグラムを作成する。最後に、各セルで作成したヒストグラムを 2×2 セル毎に正規化することで HOG 特徴量を得る。

3. ハードウェア指向の HOG 特徴量算出

HOG 特徴量算出には式(1)-(3)に示すように、平方根や除算、逆正接などの計算が含まれている。これらをそのままハードウェア化すると回路規模が膨大になってしまう。よって、これらの計算を用いずに HOG 特徴量を算出できれば、小さな回路規模で実現可能である。

式(1)は、ユークリッド距離からマンハッタン距離に変更することで平方根を取り除くことが可能である(手法 1)。変更後の式は以下ようになる。

$$m(x, y) = |f_x(x, y)| + |f_y(x, y)| \quad (4)$$

勾配方向は、ヒストグラム作成のために用いるので正確な値を出す必要はない。そのため、 $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲を 20° ずつ 9 方向に分割した空間のどの部分に属するかを判別すればよい。そこで、 $f_x(x, y)$ と $f_y(x, y)$ の比を取り、

表 1. 勾配方向算出の分類パターン

	a	b	c	d
$f_x(x, y)$	正	負	正	負
$f_y(x, y)$	正	負	負	正
$\theta(x, y)$	正	正	負	負

表 2. 既存手法と提案手法の検出精度

	既存手法	提案手法 1	提案手法 2
適合率	1	1	0.99
再現率	1	1	1

テーブル参照方式で $\theta(x, y)$ を算出することで、演算に含まれる除算と逆正接の計算をシフト演算とセレクタで表現した(手法 2)。提案手法では、まず、表1のように式(2)の計算を4パターンに場合分けする。次に、各パターンで $f_x(x, y)$ と $f_y(x, y)$ の比から勾配方向を算出する。例として、パターン a の勾配方向の計算式を式(5)に示す。

$$\theta(x, y) = \begin{cases} 10^\circ, & \text{if } 1024y < 256x \\ 30^\circ, & \text{if } 256y \leq 1024x \leq 512x \\ 50^\circ, & \text{if } 512y \leq 1024x \leq 1024x \\ 70^\circ, & \text{if } 1024y \leq 1024x \leq 4096x \\ 90^\circ, & \text{if } 4096y \leq 1024x \end{cases} \quad (5)$$

提案手法の検証には風景に 5 名の人々が写っている画像を 30 枚用いた。この 5 人を対象に検出を行い、検出の成否は検出後の画像から確認した。提案手法の検出結果を表 2 に示す。提案した HOG 特徴量算出アルゴリズムは、勾配強度と勾配方向の算出において、既存の HOG 特徴量算出と比べて精度を大きく損なわないことを確認した。

4. まとめ

本稿では、ハードウェア指向の HOG 特徴量算出手法を提案した。今後は、精度を落とすことなく正規化処理をハードウェアに適した形に変更する、または、正規化を行わない HOG 特徴量算出方法を考案する。それを FPGA に実装し、家庭用サービスロボットへ応用する。

参考文献

- [1] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," CVPR, vol. II, pp. 886-893, 2005.
- [2] 藤吉弘亘, "Gradient ベースの特徴算出-SIFT と HOG-", 情報処理学会情報処理学会研究報告, pp. 211-224, 2007.