

1. はじめに

従来の人検出法 [1] では、可視光カメラから得られるアピランスに基づく特徴量を用いて高精度な人検出を行っている。しかし、可視光カメラを用いた人検出では、人の重なりや背景のテクスチャの複雑さにより、アピランス情報を取得することが困難な場合がある。そこで、本研究では、カメラから物体までの距離情報を取得することができる TOF (Time of Flight) カメラから得られる距離情報を用いて、人の重なりや複雑なシーンに頑健なリアルタイム人検出手法を提案する。

2. 距離情報に基づく局所特徴量による人検出

提案手法では、TOF カメラより得られる距離情報から、距離ヒストグラム特徴量を特徴ベクトルとして算出する。算出された特徴ベクトルを入力とし、Real AdaBoost により識別を行う。図 1 に提案手法の流れを示す。

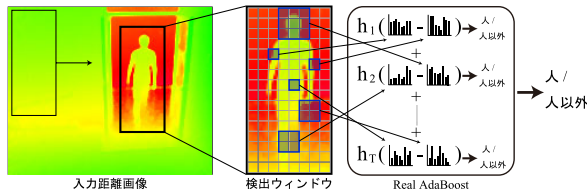


図 1: TOF カメラを用いた人検出の流れ

2.1. 距離ヒストグラム特徴量

距離ヒストグラム特徴量は、局所領域から得られる距離ヒストグラムの類似度による特徴量である。図 2 に示すように距離画像をセル分割し、セルで構成される 2 つの矩形領域を選択する。選択された 2 つの矩形領域の距離情報から各距離ヒストグラムを算出し、それぞれの距離ヒストグラムの合計が 1 となるように正規化する。算出された m ピンから成る 2 つの正規化距離ヒストグラム p, q の各ピンを p_u, q_u とし、Bhattacharyya 距離による類似度 S を算出することにより、距離ヒストグラム特徴量を得る。

$$S = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u q_u} \quad (1)$$

これを全ての矩形領域の組み合わせに対し行うことにより、特徴ベクトルを算出する。距離ヒストグラム特徴量は、異なる領域の類似度から得られる特徴量であるため、2 つの領域の距離に依存しない相対的な距離関係を表現する特徴量となる。

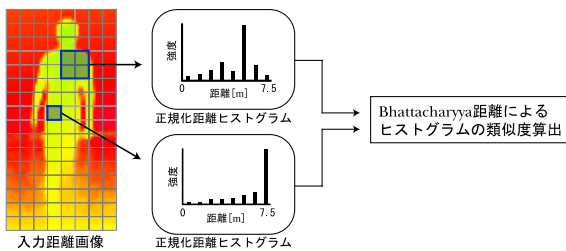


図 2: 距離ヒストグラム特徴量

2.2. 矩形領域サイズの可変

距離ヒストグラムを算出する際、正規化を行うため、大きさの異なる矩形領域間でも類似度を算出することが可能となる。矩形領域サイズを可変とすることで、固定の矩形領域サイズでは表現できない人と背景の関係を表現することができる。

3. 評価実験

人の識別実験により特徴量の評価を行い、検出実験により実画像からの人検出を行う。

3.1. 識別実験

特徴量の評価実験として、従来法である HOG 特徴量 [1] を用いた人検出法、提案手法である距離ヒストグラム特徴量を用いた人検出法 (矩形領域サイズの可変あり、なし) の識別実験を行う。データベースは、TOF カメラを用いて作成した学習サンプルとして、学習用ポジティブサンプル

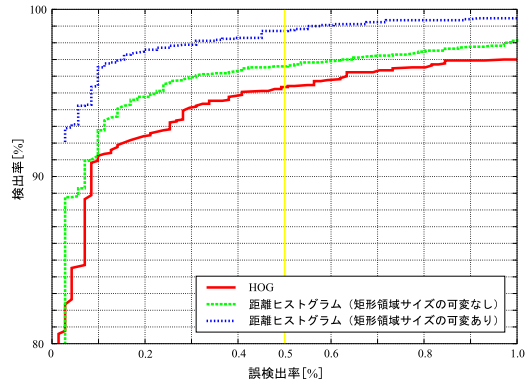


図 3: DET (Detection Error Tradeoff) カーブ

1346 枚、学習用ネガティブサンプル 10000 枚を用いる。また、評価には学習用とは別に作成した評価用サンプルとして、評価用ポジティブサンプル 1700 枚、評価用ネガティブサンプル 8100 枚を用いる。

図 3 に識別実験結果を示す。距離ヒストグラム特徴量 (領域サイズの可変あり) は、誤検出率 0.5% において検出率 98.9% であり、従来法の HOG 特徴量より 3.5% 向上した。これは、矩形領域サイズを可変にすることにより、領域の距離関係を有効に捉えることが可能となるためである。

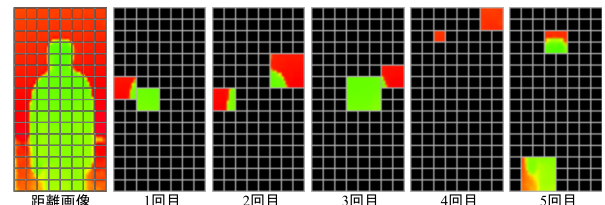


図 4: 学習により選択された領域の組み合わせ

図 4 に学習により選択された領域の組み合わせを示す。初期の学習では人の輪郭線部分が選択され、人の大きな形状を捉えていることが分かる。また、2 回目や 5 回目の弱識別器では、人の上下、左右の対称性を捉えるように領域が選択されている。

3.2. 検出ウィンドウの削減による高速化

人検出を行う際、人のサイズに適合しない検出ウィンドウが存在する。学習データよりカメラからの距離に対する人のサイズを事前に決定し、検出ウィンドウ内の距離情報から人の大きさに合わない検出ウィンドウを削除する。図 5 に距離ヒストグラム特徴量による人検出例を示す。人の重なりがある場合でも高精度な人検出が可能である。このとき、検出ウィンドウの削減により、約 5fps で検出が可能であることを確認した。

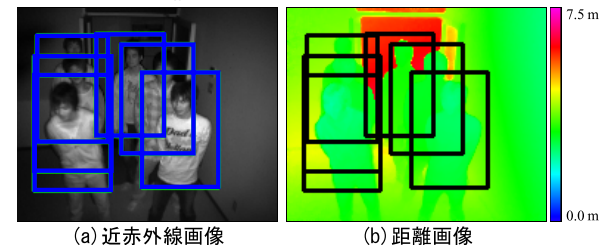


図 5: 距離ヒストグラム特徴量による人検出例

4. おわりに

本研究では、TOF カメラから得られる距離情報を用いた人検出手法を提案し、高精度かつ高速な人検出が可能であることを確認した。今後は、3 次元空間における検出ウィンドウのラスタスキャン方法について検討する。

参考文献

[1] N. Dalal et al.: "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection", CVPR, pp. 886-893, (2005).