

3. 予防安全・自動運転のための環境認識

情報・知能工学系 教授 三浦 純

3-1 LIDAR-カメラ統合による歩行者と自転車の検出 [波平 2016]

市街地での自動走行においては、歩行者や自転車を確実に検出し危険を回避することが極めて重要である。カメラやLIDAR (Light Detection and Ranging) を利用した人物検出については数多くの研究があり、それらの情報を統合して信頼性を向上させる試みも多い。一方、自転車の検出については多くの研究はない。交通事故のうち自転車利用中の事故は、歩行中、自動車乗用中に次いで多く、自転車の検出も重要な研究課題である。本節では、LIDAR とカメラの情報を統合して、歩行者・自転車の検出を行う方法について述べる。

図 3-1-1 に検出処理の構成を示す。まず、LIDAR から得られる 3 次元点群データを解析し、歩行者および自転車の候補を検出する。その後、各候補に対し点群特徴量と画像特徴量を計算し、あらかじめ学習しておいた識別器によって特徴ごとに対象物らしさの評価値を計算した後、2 つの評価値を統合して最終的な識別結果を出力する。

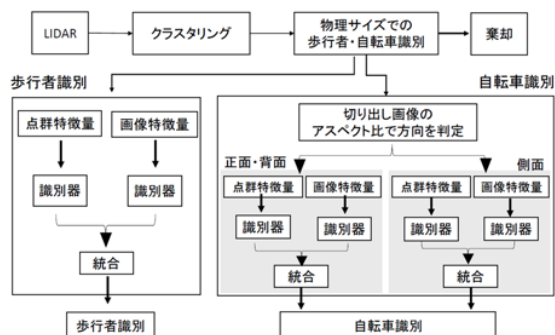


図 3-1-1 歩行者・自転車検出の処理の流れ

手法の評価には KITTI Vision Benchmark Suite の提供するデータおよびわれわれが独自に取得したデータの両方を用いた。3 種の画像特徴量 (HOG, uniform-LBP, EOH) および 3 種の識別器 (SVM, RealAdaBoost, RandomForest) の評価を行い、HOG と RealAdaBoost の組合せが最も高い性能を示した。点群特徴量は城殿ら[城殿 2011]によるものを用いた。また、評価値の統合について平均、積、調和平均、相乗平均の 4 方法を比較し、平均が最もよい性能を示した。図 3-1-2 に自転車検出に対する提案手法と代表的な 3 手法との比較結果を示す。提案手法はクラスタリング処理により候補を絞っているのに対し、他の手法はそのような前処理は行っていないため完全に公平な比較ではないが、クラスタリングと比較的単純な識別手法の組み合わせで高い性能が得られることを示している。

また、小型 3 次元 LIDAR (北陽電機 YVT-X002) と Web カメラを利用した観測システムを製作し、一般道路環境でのデータ取得と歩行者・自転車検出実験を行った。図 3-1-3 に検出結果の例を示す。

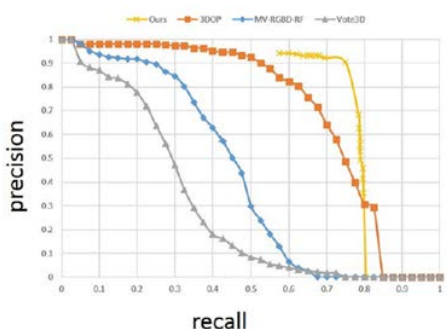


図 3-1-2 自転車検出性能の比較

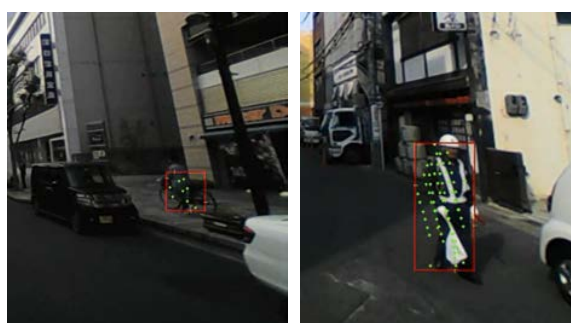


図 3-1-3 自転車 (左) と人物 (右) の検出結果

[波平 2016] 波平勇氣, 三浦純, 大石修士, “LIDAR-カメラ統合による歩行者・自転車検出”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 横浜, 2016 年 6 月 (発表予定).

[城殿 2011] 城殿清澄, 渡邊章弘, 内藤貴志, 三浦純, “高解像度レーザーレーダによる歩行者識別”, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 10, pp. 274-284, 2011 年 12 月.

3-2 レーザ距離センサを用いた人物追跡と上体向き推定の統合 [清水 2015]

自動運転車や付き添いロボットにとって人物の検出や識別とともに将来の移動方向を予測することが安全性向上のために重要である。人の上体の向きから移動方向に関するある程度の情報を得ることができる。本節ではレーザ距離センサを用いて人の上体向き推定を行う手法について述べる。

図 3-2-1 に処理の流れを示す。レーザ距離センサ (LRF) を用いて人物の検出と追跡を行うと同時に、LRF によって得られた人の胴形状をあらかじめ学習しておいた形状モデルと照合し向き推定を行う。さらに、移動方向と上体向きとの関連を考慮して、それらの情報を統合することにより、向き推定の精度を高める。

形状データに基づく向き推定では、あらかじめ 10 度ごとに全周のデータを計測しておき、入力形状データとの照合を行う。照合度に応じて重みを計算し、重み付きの平均と分散を計算することにより、向き推定値とその不確かさを得る。この推定結果と LRF による人物追跡 [小出 2013] の結果を UKF (Unscented Kalman filter) を用いて統合する。

モーションキャプチャ装置 (VICON) による計測結果と比較して精度を評価した。平均角度誤差は直進歩行時には 3.65 度、円軌道上歩行時には 16.9 度となった。いずれも形状データのみによる推定に比べ、移動方向情報と統合することにより精度を向上させることができた。

図 3-2-2 に移動ロボットによる追従走行時の向き推定結果、図 3-2-3 にロボット静止時の複数人物の向き推定結果について示す。円筒が人物位置、矢印が向きを示す。いずれの場合においても正しく推定が行われていることがわかる。

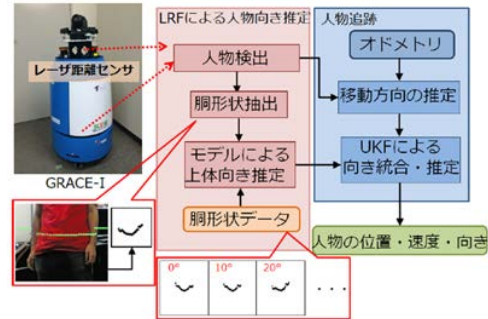


図 3-2-1 人物追跡と上体向き推定の統合



図 3-2-2 人物追従時の上体向き推定結果 (円筒：人物位置、矢印：上体向き)

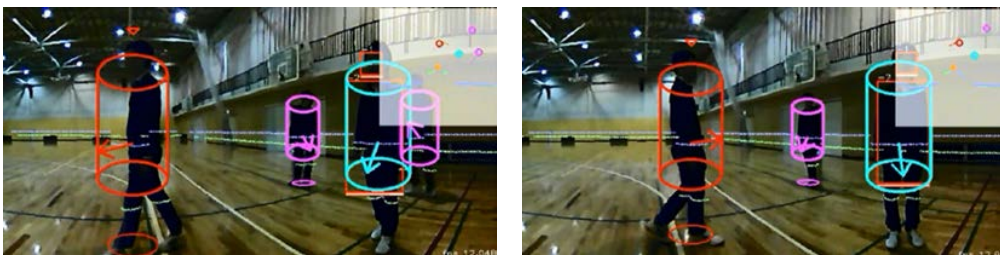


図 3-2-3 複数人物の同時追跡・向き推定結果

[清水 2015] 清水政伸, 小出健司, Igi Ardiyanto, 三浦純, “移動ロボットのためのレーザ距離センサを用いた人物追跡と上体向き推定の統合”, 計測自動制御学会システム・インテグレーション部門講演会 2015, 名古屋, 2015 年 12 月.

[小出 2013] 小出健司, Igi Ardiyanto, 三浦純, “付き添いロボットのためのカメラとレーザ距離センサを用いた人物発見・追跡”, 計測自動制御学会システム・インテグレーション部門講演会 2013, 神戸, 2013 年 12 月.