

ミリ波レーダにおいてグループトラッキングアルゴリズムを用いた障害物の速度推定精度に関する一検討  
 -スピードガンおよび動画より求めた速度との比較-

A Study of Obstacle Velocity Estimation Using Group Tracking Algorithm in Millimeter Wave Radar  
 - Comparison with Estimation by Speed Gun and Video -

○佐々木駿光<sup>1</sup>, 鷺佳生人<sup>1</sup>, 平井寿幸<sup>2</sup>, 胡堯坤<sup>3</sup>, 戸田健<sup>4</sup>  
 \* Shunki Sasaki<sup>1</sup>, Kaito Sagi<sup>1</sup>, Kazuyuki Hirai<sup>2</sup>, Yaokun Hu<sup>3</sup>, Takeshi Toda<sup>4</sup>

**Abstract:** In this study, we estimated the velocity of obstacles using a group tracking algorithm in millimeter-wave radar. A bicycle running in a bicycle lane is detected, and the speed measured using a speed gun and a moving image is used as a comparison target for group tracking.

1. はじめに

近年、自転車の安全運転支援のためミリ波レーダの応用研究が行われている<sup>[1,2]</sup>。他方自転車専用レーンにおいて導入後に自転車関連事故の増加がみられる<sup>[3]</sup>。

本研究では、都内自動車専用レーンにおいてミリ波レーダを用いたグループトラッキングによる障害物の速度検出とスピードガン及び動画を用いて測定した速度を比較したので報告する。

2. 信号処理方法

まずI/Q raw data の fast time 方向に対して range-FFT 処理を行う。各オブジェクトまでの距離 $R$ は $R = cf_b/2S$ により算出される。ここで $f_b$ は各オブジェクトの中間周波数、 $c$ は光速、 $S$ はチャープの傾きである。次に移動するオブジェクトを検出するために、range-FFT 後のデータを slow time 方向に対して Doppler-FFT 処理を行う。この時の速度 $V_r$ は $V_r = \lambda f_d/2$ により算出される。ここで $f_d$ は Doppler-FFT 処理で得られる位相差 $\Delta\phi(= 2\pi f_d)$ から算出されたドップラ周波数、 $\lambda$ は波長である。最後に Doppler-FFT 後のデータをアンテナ方向に対して angle-FFT 処理を行う。各オブジェクトのレーダから見た角度 $\theta$ は $\theta = \sin^{-1}(\lambda\Delta\omega/2\pi\Delta d)$ により算出される。ここで $\Delta d$ は受信経路差、 $\Delta\omega$ は angle-FFT 処理で得られる位相差である。図1に信号処理フローを示す。複数フレームにわたりグループトラッキング処理から高速移動の自動車やバイクを検出し、最終的にポイントの状態(速度やSNR等)からガードレールや駐停車車両等の静止障害物を分類検出する。

3. 実験方法

レーダはアンテナが3送信4受信、水平垂直の半値角は送受信共に $\pm 35^\circ$ 及び $\pm 4^\circ$ 、送信信号の初期周波数は77 GHzC 帯域幅は691.1 GHz、チャープ時間は59.05  $\mu s$ 、フレーム時間は200 ms、スロープは18.49 MHz/ $\mu s$ に設定した。図2に示す通り自転車専用道路に動画撮影用カメラとレーダモジュールを取り付けた三脚を設置し、レーダに向かって自転車を約16 km/hで走行させた。モジュールの最高検出速度は11.67 km/hであった。またスピードガンより自転車の速度を測定した。更に走行している自転車の真横を動画撮影し、自転車が進んだ距離と通過した時間を用いて速度を算出した。

4. 結果および考察

グループトラッキング、スピードガン、動画のそれぞれで速度を検出することができた。自転車をグループトラッキングより検出した速度は18.96 km/h、スピードガンより検出した速度は16.78 km/h、動画より算

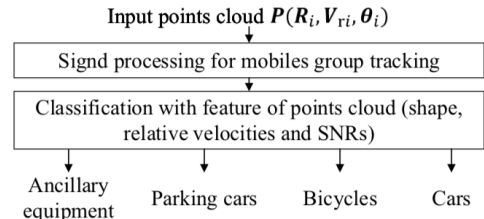


Fig.1 Classification flow of fixed and moving obstacles

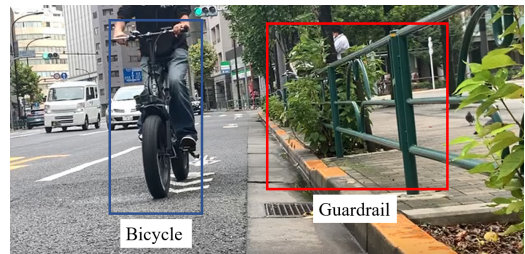


Fig.2 Experimental environment

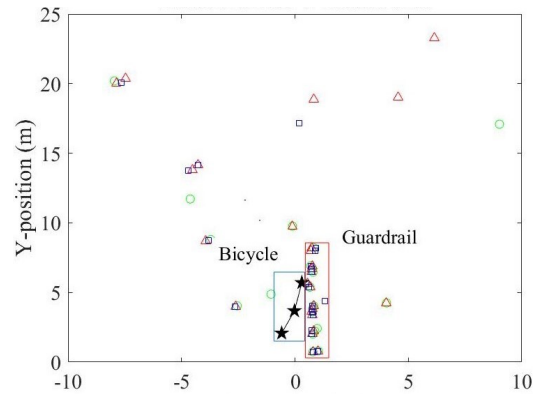


Fig.3 Point cloud

出した速度は17.16 km/hであった。自転車に付随しているスピードメータは16 km/hを示していたため、それぞれの誤差率は、18.50%、4.86%、7.25%となる。以上より、スピードガン及び動画と近い速度で検出された。

5. まとめと今後

本研究では、移動障害物のグループトラッキングによる速度検出の精度を確かめた。今後は走行自転車の前後部にレーダを装着し実験する予定である。

6. 参考文献

[1] Irie, et.al., "An Effect of Coherent Integration Method on Pedestrian Detection in Urban-Narrow Bicycle-Pedestrian-Road with 77GHz FMCW Radar", ICETC 2020, A3-5, Dec. 2020  
 [2] Hirai, et.al., "An Experiment Study of Detection of Road Obstacles and Pedestrians on Urban-Narrow Bicycle-Pedestrian Road with 77 GHz FMCW Radar", ICETC 2020, G1-2, Dec. 2020  
 [3] ohsaka, et.al., "Analysis of Traffic Accidents on Carriageways where Bicycle Lanes are installed in Tokyo", 交通工学論文集 2017