

多周波ステップ CPC ミリ波レーダを用いた横切り車両の横方向速度推定

Lateral Velocity Estimation based on Millimeter Wave Radar using Stepped Multiple Frequency CPC

早貸 舜
Shun Hayakashi

秋田 学
Mababu Akita

稲葉 敬之
Takayuki Inaba

電気通信大学

The University of Electro-Communications

1. まえがき

測角機能を備えたレーダを用いて前方の横切り車両の横方向速度を推定する方法として、各反射点の角度と相対速度を用いる方法が報告されている[1][2]。しかし、高い測角精度を実現するには大きなアンテナ開口が必要となりハードウェア規模が大きくなる。当研究室で開発している多周波ステップ CPC(Complimentary Phase Code)ミリ波レーダ[3]は、目標に対し高い分解能で各反射点の距離と速度の計測が可能である。そこで、本稿では、横切り車両の各反射点の距離と速度の情報から車両の横方向速度を推定する方法を提案し、原理検証実験結果を報告する。

2. 原理

レーダと反射点の位置関係を図 1 に示す。図 1 中の \bar{v}_n , \bar{R}_n , v_x , v_y , $R0$, θ_n から得られる幾何学的な関係を示す式(1)を用いた横方向速度の推定式を式(2)に示す。ここで、本実験においては、実験車両と横切り車両の進行方向は垂直に交わる条件設定とし、実験車両の速度 v_x は既知とする。

$$\left(\frac{R0}{\bar{R}_n}\right)^2 + \left(\frac{\bar{v}_n - v_x * \frac{R0}{\bar{R}_n}}{v_y}\right)^2 - 1 \approx \cos^2(\theta_n) + \sin^2(\theta_n) - 1 = 0 \quad (1)$$

$$\left(v_y\right) = \underset{R0, v_y}{\operatorname{argmin}} \left[\sum_n \left\{ \left(\frac{R0}{\bar{R}_n}\right)^2 + \left(\frac{\bar{v}_n - v_x * \frac{R0}{\bar{R}_n}}{v_y}\right)^2 - 1 \right\} \right] \quad (2)$$

3. 実験的検証

実験では、 $v_x=30$ [km/h], $v_y=13$ [km/h]として、図 1 において $R0=25$ [m]の地点で、横切り車両を 8CPI (Coherent Processing Interval) 分計測する。実験で用いたレーダパラメータを表 1 に示す。1 番目の CPI における反射点の分布図を図 2 に示す。ここでは、ノイズフロアより 19dB 以上高いものを反射点としてプロットしており、その数は 193 である。反射点の距離の広がり、速度の広がり、各反射点の距離と相対速度の情報から式(2)を用いて $R0$ および v_y を推定すると $R0=25.1$ [m], $v_y=11.4$ [km/h]が求められる。同様に CPI 番号 2~8 まで、 $R0$ および v_y を推定した結果を表 2 にまとめる。表 2 より、横方向速度推定値は平均値 13.3[km/h], 標準偏差 3.0[km/h], バイアス誤差は 0.3[km/h]である。

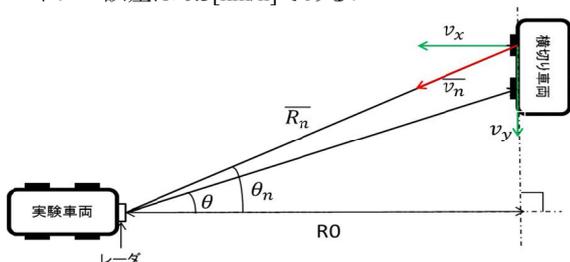


図 1 レーダと反射点の位置関係

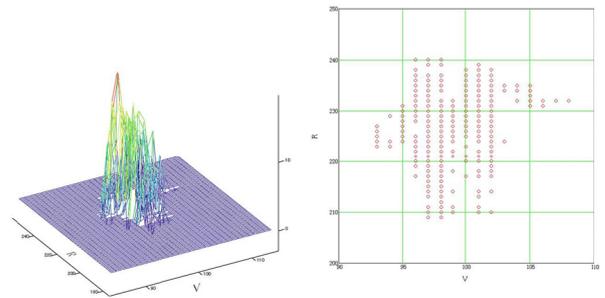


図 2 反射点の分布図

表 1 多周波ステップ CPC ミリ波レーダパラメータ

Radar Parameters	Specification
Transmission bandwidth	430MHz
(Range resolution)	(0.35m)
Observation time	28.6msec
(Velocity resolution)	(0.311km/h)

表 2 $R0$, v_y の推定結果

CPI	$R0$ [m]	v_y [km/h]
1	25.1	11.4
2	25.0	12.1
3	22.5	11.9
4	25.7	20.7
5	23.0	11.3
6	23.7	12.6
7	24.6	11.4
8	24.5	15.1

4. むすび

本稿では、多周波ステップ CPC レーダを用いて得られる車両の各反射点の距離と相対速度の情報から、横方向速度を推定する方法および原理検証実験の結果を示した。今後、反射点の分布図における閾値の検討など、横方向速度推定精度の向上を図る。横方向の速度推定精度に関する情報から、車両と人等の分離認識のための特徴量開発へ発展が期待される。

参考文献

- [1] Foelster, F., Ritter, H., Rohling, H., *Lateral Velocity Estimation for Automotive Radar Applications*, International Conference on Radar Systems, Edinburgh, UK, October 2007
- [2] Steffen Heuel, Hermann Rohling, *Pedestrian Classification in Automotive Radar Systems*, International Radar Symposium, Warsaw, Poland, May 2012
- [3] 坪田光, 稲葉敬之, “多周波ステップ CPC レーダ方式の実験的検証”, 信学総大, B-2-36, 2010-03.