

多周波ステップ CPC レーダによる各種環境でのクラッタ信号解析

Analysis of Clutter Signals of a Stepped Multiple Frequency CPC Radar

木村徳典 渡辺一宏 秋田学 稲葉敬之
Tokunori Kimura Kazuhiro Watanabe Manabu Akita Takayuki Inaba

電気通信大学大学院情報理工学研究科
Graduate school of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. はじめに

独自のレーダ変復調方式である多周波ステップ CPC (Complementary Phase Code)方式を用いたミリ波レーダは現在の FMCW 方式に比較して人物などの目標物に対する広い探知距離や距離分解能に優れ、遠近両用が可能であるなどの特長を有する[1]. 本報の目的は同方式レーダにおいて、クラッタ信号の特性に関し、道路周囲環境のちがひによる空間分布および確率密度分布の差異を解析し、それが人など目標物検知の信頼性向上に役立てうるかを検討することである.

2. 方法

2.1. クラッタ空間分布

取得した 4CH のデータより距離-速度(RV)マップを用いて自速(視線速度)情報を用いたビームフォーミングにより距離-方位(R0)マップおよび 2 次元距離(RX)マップを生成した. 道路周囲環境として表 1 に示す平滑舗装路, 砂利道, 周囲に構造物の並ぶ舗装路などの 8 種類で取得したレーダデータに対して実施した. なお#5~8 は始点より 10m ずつ前方移動した位置で計測したものである.

2.2. 振幅の確率密度分布

表 1 のデータに対し「クラッタ領域」と「ノイズ領域」に分けて振幅の確率密度分布を評価した. 各々のデータについてクラッタ区間と雑音区間を決め, 振幅の平均値で正規化後の確率密度分布をモデル関数で近似し関数パラメータを求めた. なお領域設定に関し, 距離-振幅特性で大きな振幅を持ち, 距離-ドップラ特性でレーダ搭載自動車の速度に対応したドップラが計測される区間をクラッタ領域とし, レーダの反射波がほとんどないとみなせる遠距離を雑音領域とした. 統計分布モデル関数は下記を用いた.

$$\text{Weibull: } p(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

b : 尺度パラメータ, c : 形状パラメータ

$$\text{対数正規: } p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(x-a)} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-a)-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

μ, σ : 正のパラメータ, a シフトパラメータ

3. 結果

3.1. クラッタ空間分布

R0マップは視覚に対応し, 道路周囲の構造物の存在がある程度判別できる(図 1). これにより左右でのグレーティンググローブの影響に注意すれば静止反射物の位置同定がある程度可能になるといえる.

3.2. 振幅の確率密度分布

関数近似ではクラッタ領域では近似誤差が対数正規の $a=0$ では砂利道や両側芝で Weibull よりも大きくなったが, a

を可変とすることで, すべてのケースで近似誤差は最小となった. さらにクラッタ領域では構造物の多くあるケースで平均振幅が大きく, 振幅の大きな側に裾野を引く特性を反映して σ も大きくなり環境の差異を表した. またノイズ領域ではいずれも Weibull 分布の近似誤差が小さく $c \approx 2$ なので Rayleigh 分布といえる(図 2, 表 1).

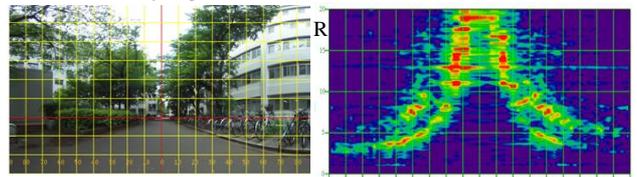


図 1. 計測レーダ方向の写真(a)と R0 マップ(b) 例(データ#6)
R 方向の 10m 付近に立木を反映した高信号部が示されている.

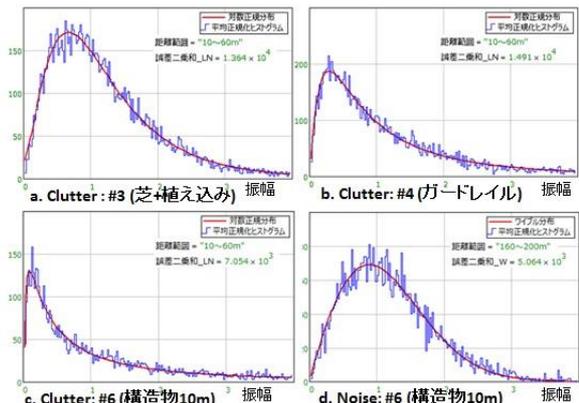


図 2. クラッタ領域(a-c)とノイズ領域(d)での振幅確率密度分布

表 1. 各種道路環境での振幅確率密度分布パラメータ(a 可変)

#	計測対象道路環境	クラッタ領域			ノイズ領域		
		平均振幅	対数正規		平均振幅	Weibull	
			μ	σ		c	b
1	平滑舗装路	0.74	-0.02	0.96	0.15	2.01	1.33
2	砂利道	0.58	0.52	0.41	0.14	1.99	1.33
3	両側に芝と植込のある舗装路	0.40	0.27	0.57	0.18	1.92	1.30
4	左車線にガードレールのある舗装路	1.39	-0.10	1.03	0.19	1.97	1.28
5	側方に構造物が並ぶ舗装路0m	4.96	0.26	1.63	0.17	1.96	1.32
6	側方に構造物が並ぶ舗装路10m	4.08	-0.18	1.54	0.17	1.91	1.30
7	側方に構造物が並ぶ舗装路20m	3.07	0.02	1.39	0.16	1.93	1.32
8	側方に構造物が並ぶ舗装路30m	3.48	-0.29	1.02	0.14	1.95	1.31

4. むすび

レーダクラッタ信号の振幅確率密度分布に加え R0 や RX マップなどの空間分布は, ある程度の道路周囲環境情報を与え得るといえる. さらに ELD-STAP 処理などクラッタ抑圧手法[1]を併用すれば, 目標物と環境との相互関係が把握できより有用と考えられる. なお本研究は科研費(16H02344)の助成により実施された.

参考文献: [1] 渡辺一宏, 横川貴洋, 高橋隆, 渡辺優人, 秋田学, 稲葉敬之. 各種環境での多周波ステップ CPC レーダを用いた計測実験と ELD-STAP の特性評価, IEICE-115, 65-70, 2016.