

広帯域多周波ステップ CPC 方式レーダーにおける周波数ステップランダム化による速度視野拡大効果の統計的確認

Statistical Evaluation of Observation Maximum Velocity Improvement Using Random Step Method for Wideband Multiple Frequency Complementary Phase Code Modulation Radar

芝 隆司
Takashi Shiba

太田 裕也
Yuya Ota

秋田 学
Manabu Akita

稲葉 敬之
Takayuki Inaba

電気通信大学大学院情報理工学研究所

Graduate school of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. まえがき

多周波ステップ CPC 方式^[1]の、広帯域化に伴う速度折り返し効果による速度視野減少の問題を、我々は、周波数ステップのランダム化により改善できる事^[2]を示した。シミュレーションにより得られた速度方向のサイドローブはサイドローブ電力のピーク比で約 35dB であった。本稿では、上記の結果を統計的に評価する。

2. 周波数ステップのランダム化による速度方向サイドローブの低減

図 1 に従来の広帯域多周波ステップ CPC 方式レーダーの送信シーケンスと信号処理後の受信信号（シミュレーション）を示す。広帯域化のための速度視野低下（折り返しによるピーク）が確認される。我々はこの課題を解決するため、図 2 に示すように周波数ステップのランダム化により、サイドローブを改善し、速度視野の拡大を達成した。表 1 に本シミュレーションの計算条件を記載する。

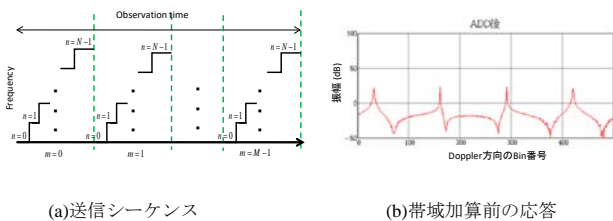


図 1. 従来の送信シーケンスとその応答

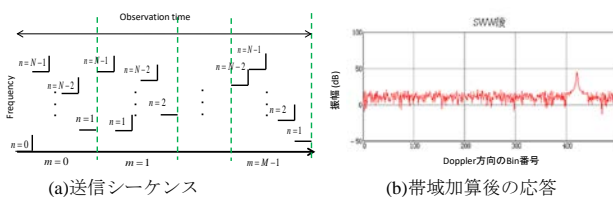


図 2. ランダムステップ送信シーケンスとその応答

表 1. 多周波ステップ CPC レーダパラメータ

送信周波数 f_0	79.5GHz	パルス（シーケンス）数:	128
A/D サンプリング周波数	160MHz	周波数ステップ幅	50MHz
パルス繰り返し間隔(PRI)	3.5 μ s	周波数ステップ数:	32
パルス帯域幅	80MHz	送信帯域幅	1630MHz
符号長	16	全観測時間	28.672msec
PRI	3.5 μ s	距離分解能	0.092m

3. 計算機シミュレーションによる統計的評価

今回の統計的シミュレーションの基本条件（レーダパラメータ）は表 1 と同様とした。また、統計的に変動させるパラメータは、表 2 に示すように、目標距離と速度を 1 単位要素分（距離方向では ΔR だけ、速度方向では ΔV だけ、ここで ΔR は距離分解

能、 ΔV は、同じく速度分解能である）条件を振る事とした。また、条件 1 は、それぞれの分解能の 1/10 と 1/20 を単位として、順に増加させる条件とし、条件 2、3 は分解能幅に、振り幅 1 のランダム関数（表では $\text{rnd}(1)$ として示した。）によりそれぞれ、所定の回数だけ条件を振って求めた。各条件でのデータ数は 200 となり、全体では 600 個のデータが得られた。

図 3 の点線は上記 $N=600$ 個のデータのサイドローブに関する確率密度をプロットしたものである。サイドローブは Peak 値で規格化している。横軸は規格されたサイドローブ振幅、縦軸は確率密度である。また、実線は実験値にフィッティングされた Weibull 関数である。得られた Weibull 関数から、ある閾値以上にピークが出現する確率が求められ、今回のフィッティングされた Weibull 関数を元に計算を行うと、ピーク比-23dB より高いレベルでサイドローブが出現する確率は 2.85×10^{-10} となった。（-20dB は RCS (Radar cross-section) 比 20dB（例えば車と人）を意味し、1 つの目安である。）

表 2. 計算機シミュレーションにおける統計評価条件

	距離	速度	備考
条件 1	$20m + \Delta R * Nr/20$	$100\text{km/h} + \Delta V * Nv/10$	$Nr=0-19, Nv=0-9$
条件 2	$20m + \Delta R * \text{rnd}(1)$	$100\text{km/h} + \Delta V * \text{rnd}(1)$	ランダム回数: 距離 20 回, 速度 10 回
条件 3	$20m + \Delta R * \text{rnd}(1)$ (条件: 2 と変更)	$100\text{km/h} + \Delta V * \text{rnd}(1)$ (条件: 2 と変更)	ランダム回数: 距離 10 回, 速度 20 回

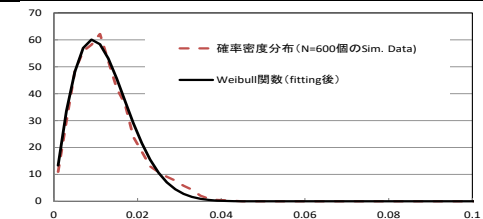


図 3. $N=600$ 点の統計評価結果（サイドローブの確率密度）

4. むすび

本稿では、広帯域多周波ステップ CPC 方式の速度視野拡大のための、周波数ステップのランダム配置化技術の統計評価結果を示した。 $N=600$ データの確率密度にフィッティングされた Weibull 関数から計算すると、本手法でのサイドローブは、ピーク比-23dB より高いレベルで出現する確率は 2.85×10^{-10} となった。今後は、同法の有効性に関して一層、信頼性を向上させるため、データ数を増して検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、総務省 SCOPE（受付番号 175003002）の委託を受けたものです。

参考文献

- [1] 渡辺優人, 秋田学, 稲葉敬之, "多周波ステップ CPC レーダの提案と原理検証実験", 電気学会論文誌 C, Vol. 135, No. 3, pp.285-291, 2015
- [2] 太田裕也, 秋田学, 渡辺優人, 稲葉敬之, "広帯域多周波ステップ CPC レーダの実験的検証と速度視野改善", 信学技報 IEICE-SANE2017-14, 2015