

## 多周波ステップ CPC レーダ方式の実験的検証

### Experimental Study on Multiple Frequency Stepped Radar with Complementary Phase Code

坪田 光 稲葉 敬之  
Hikaru Tsubota Takayuki Inaba

電気通信大学 電子工学科  
Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications.

#### 1. まえがき

現代の各種レーダシステムでは、限られた送信周波数帯域・受信機帯域にて高い距離分解能が求められている。この課題に対しCPC(Complementary Phase Code)と、合成帯域法を組み合わせた変調法(以下、多周波ステップCPC法と呼ぶ)が提案されている[1]。CPCは、二つの相補となる符号を加算処理することにより距離サイドローブの抑圧を可能とする。一方、合成帯域法は狭受信機幅で高距離分解能を可能とするが距離アンビギュイティが生じる。また、ドップラシフトにより前者はサイドローブレベルが悪化し、後者は距離バイアス誤差が発生するという問題がある。提案する多周波ステップCPC法は、ドップラシフトに起因するこれら問題を補正し、距離アンビギュイティなく狭い受信機帯域にて高い距離分解能が得られる変調方式である。本稿では、アクチュエータに取り付けられ移動するコーナーリフレクタを目標とし、24GHz帯のレーダを用いて提案法の有効性を実験的に検証した。

#### 2. 多周波ステップCPC法

提案法の送信信号シーケンスを図1に、信号処理ブロック図を図2に示す。提案法では、LFSの同一周波数ステップで、相補な関係のサブパルスをパルス繰り返し間隔(PRI)で交互に送受信する。受信信号は、図2に示すように、全観測時間に亘りそれぞれ符号1, 2に関するサブパルス圧縮処理を行い圧縮後距離サンプル信号を得る。次に、各周波数ステップ(各n)毎に全圧縮後距離サンプル信号に対して、パルス方向(m方向)にパルスドップラフィルタ処理を行いドップラ周波数(すなわち目標速度)検出を行う。検出したドップラ周波数値を用いて、圧縮後距離サンプル信号に対し位相補償処理を行った後、二つのCPC符号1と2を加算(ADD)する。ここで、加算後の距離サンプルのピーク距離を検出し、その距離ピーク信号を周波数ステップ方向に合成帯域処理(n方向にIDFT)を行う。以上にて、CPCサブパルス圧縮の圧縮後パルス幅内にさらに高分解能化した距離情報が得られる。

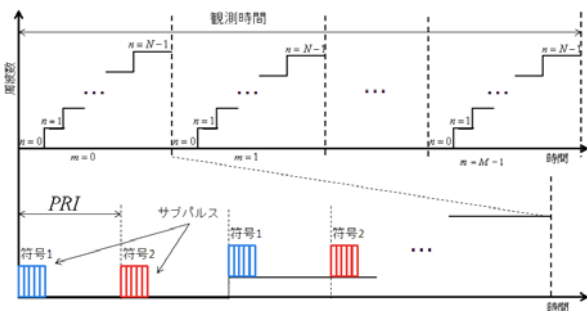


図1 送信信号シーケンス

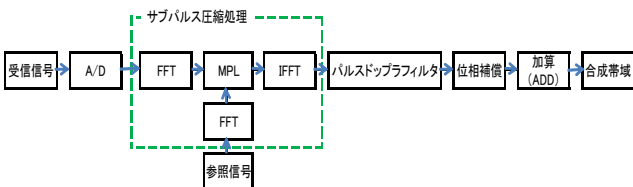


図2 信号処理ブロック図

#### 3. 実験

今回の電波暗室内実験では、24GHz帯特定小電力無線局準拠ソフトウェアレーダ装置を用い、自動車レーダや鉄道レーダなどへの応用を想定し表1に示すパラメータを採用した。目標の距離・速度はそれぞれ、1.2m~2.8m, -4km/hとした。目標速度推定(パルスドップラフィルタ出力)結果とその速度成分に対する加算(ADD)結果を、それぞれ図3, 図4に示す。図3より目標反射波の相対速度(-4km/h)が正しく観測されていることが分かる。また図4より符号長が16と比較的短いにも関わらず0~200m以上に亘り距離サイドローブが平均-60dB以上まで低減されることを確認できた。図4のCPCサブパルス圧縮後のパルス幅は、受信機帯域が10MHzと狭帯域であるため15mである。このパルスピークを合成帯域処理することで図5に示すように約2.1mの距離分解能が得られることも確認できた。

表1 レーダパラメータ

送信周波数	24.15GHz
サブパルス帯域幅	10MHz
サブパルス幅(符号長)	1.6μsec(16chip)
PRI(最大距離視野)	3.25μsec(487.5m)
パルス数:M	1024
周波数ステップ幅	8.857MHz
周波数ステップ数:N(最大速度視野)	8(±215km/h)
送信占有帯域幅(距離分解能)	72MHz(2.083m)
全観測時間(速度分解能)	53msec(0.42km/h)
目標数(距離, 速度)	コーナーリフレクタ1個 (1.2m~2.8m, -4km/h)

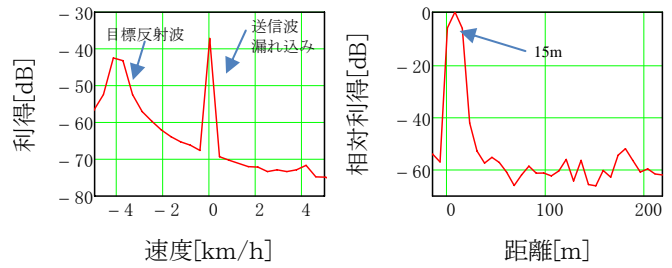


図3 目標速度推定

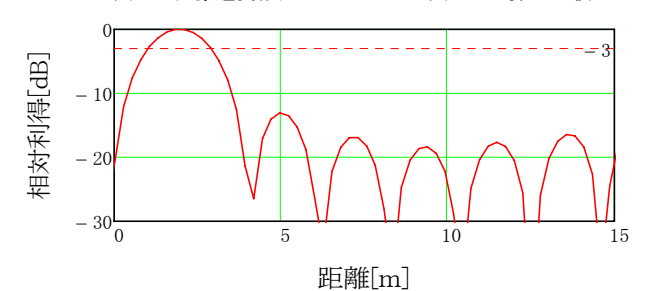


図4 加算処理後

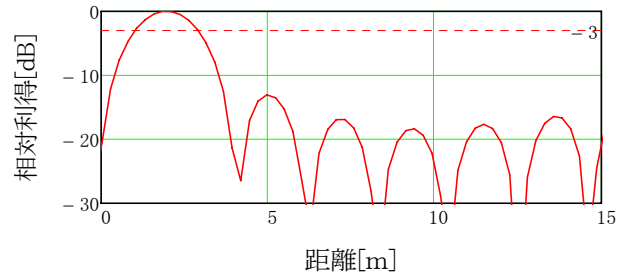


図5 合成帯域処理結果

#### 4. むすび

多周波ステップCPC法を用いて、移動目標検知の実験的検証を行った。その結果、距離アンビギュイティなく高い距離分解能が得られることを確認した。今後、近距離静止目標検知のために、送信漏れ込みの対処法を検討予定である。本研究の一部は、鉄道・運輸機構 基礎研究制度(No.2009.02)により行われた。

#### 参考文献

[1]木島壯氏, 稲葉敬之, “ミリ波車載レーダへの適用を想定した Hybrid-CFS法”, 信学総大, B-2-21, 2009-03