

# 多周波ステップ CPC 方式を用いたミリ波レーダの実験的評価

## Experimental study of Millimeter wave Radar using Stepped Multiple Frequency Complementary Phase Code modulation

渡辺 優人 坪田 光 矢野 公大 稲葉 敬之  
 Masato Watanabe Hikaru Tsubota Takahiro Yano 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

筆者らは現在、車載および鉄道応用を想定し、多周波ステップ CPC 方式を用いたミリ波レーダ（実験モデル）を開発中である。本稿では、ミリ波レーダの概要を説明するとともに、電波暗室にて行ったオフライン試験結果について報告する。

### 2. ミリ波レーダ

図 1 に示すミリ波レーダはミリ波の特定小電力無線局規格（送信電力 10mW, 周波数帯域幅 500MHz）に準拠し、狭受信機帯域幅で高分解能を実現する独自の計測変復調方式である多周波数ステップ CPC（Complementary Phase Code）方式を用いている[1][2].

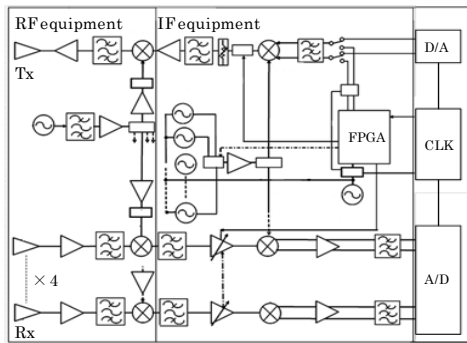


図 1 ミリ波レーダの構成

### 3. 多周波ステップ CPC 方式

多周波ステップ CPC 方式は、合成帯域法とパルス圧縮方式を複合した方式である。合成帯域法は狭受信機帯域で高距離分解能を有するが、観測時間の増大、ドップラシフトによる距離バイアス誤差、距離に折り返し（距離アンビギュイティ）が発生するという問題がある。これに対し、多周波ステップ CPC 方式は、図 2 に示す送信周波数シーケンスを用いることにより車載レーダとして必要な観測時間を確保し、図 3 に示すようにドップラ補正処理を備え、かつ CPC 方式のパルス圧縮で距離ゲート化することにより距離アンビギュイティなく狭受信機帯域にて遠近両用かつ高距離分解能が得られる変調方式である。

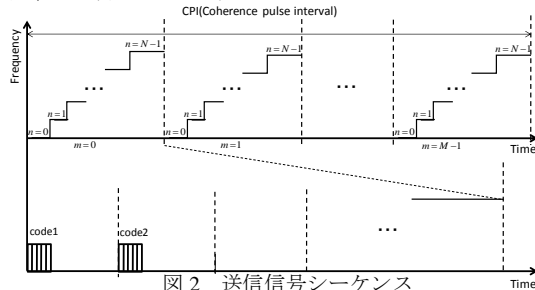


図 2 送信信号シーケンス

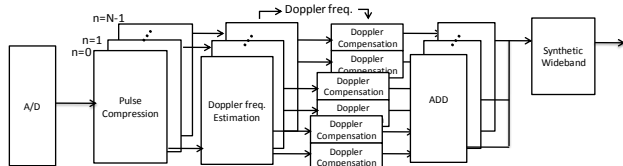


図 3 信号処理ブロック図

### 4. 実験

目標の距離・速度はそれぞれ、3.9m~5.5m、-4km/h とした。オフライン信号処理した目標速度推定（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 4、図 5 に示す。図 4 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 5 より符号長が 16 と比較的短いにも関わらず 20~200m 以上にわたり距離サイドローブが-60dB 以下に低減されたパルス圧縮波形(すなわち距離ゲート)が得られ、目標の距離、速度が異なれば、合計 110dB のアイソレーションを実現する。図 5 の CPC サブパルス圧縮後のパルス幅は、受信機帯域が 80MHz、距離に換算して約 1.8m である。この距離ゲート化された信号を合成帯域処理することで図 6 に示すように送信帯域幅 500MHz に相当する約 0.3m の距離分解能が得られた。

表 1 レーダパラメータ

送信周波数	60.25-60.75GHz
パルス帯域幅	80MHz
パルス幅:Pw	0.2 μ sec(30m)
符号長	16
PRI	3.5 μ sec
パルス数:M	512
周波数ステップ幅	60MHz
周波数ステップ数:N	8
送信帯域幅	500MHz
観測時間	29msec
A/D サンプリング周波数	160MHz

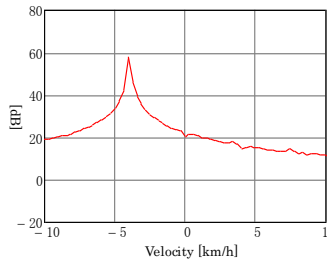


図 4 目標速度推定結果

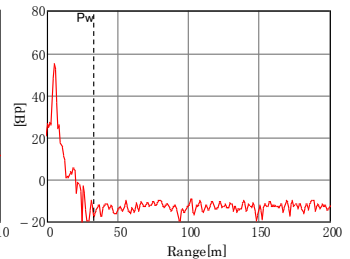


図 5 加算処理結果

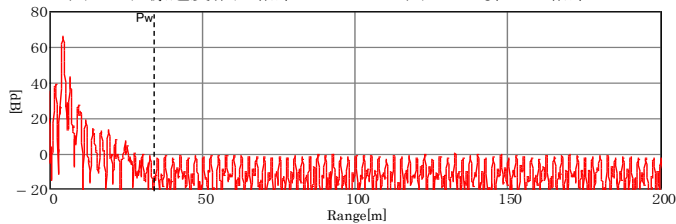


図 6 合成帯域処理結果

### 5. むすび

ミリ波レーダを用いて電波暗室にて行ったオフライン試験を行った。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た。今後、自動車および鉄道車両に搭載してのリアルタイム試験を実施予定である。本研究は、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] Masato Watanabe, Takayuki Inaba, Hikaru Tsubota, Takahiro Yano, "Development of Millimeter wave Radar using Stepped Multiple Frequency Complementary Phase Code Modulation, ICSANE2011, SANE2011-81, Oct. 2011.
- [2] 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