

# H-PRF レーダにおけるパルス間周期符号変調による測距法の提案

## Range Estimation based on interpulse cyclic phase code for High PRF Pulse Radar

渡辺 優人 稲葉 敬之

Masato Watanabe Takayuki Inaba

電気通信大学大学院電気通信学研究科

Graduate School of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

### 1. まえがき

H-PRF(High-Pulse Repetition Frequency)レーダは、送信デューティが高く L-PRF(Low-Pulse Repetition Frequency)レーダと比較して S/N 改善能力が高いため遠距離性に優れる。しかし、H-PRF レーダでは一般に目標までの距離と比較してパルス繰り返し周期(PRI)が短いため、距離にアンビギュイティが発生するという問題がある。本論文では、この問題を解決するために H-PRF レーダにおけるパルス間周期符号変調による測距法を提案する。また 24GHz 帯レーダを用いて目標距離推定実験により提案法の有効性を検証する。

### 2. H-PRF レーダの遠距離性と距離アンビギュイティ問題

H-PRF レーダと L-PRF レーダ(通常の UWB レーダなどを含む)との距離性能について説明する。まず H-PRF レーダと L-PRF レーダで距離分解能を同じとするためパルス幅を一定とする(受信機帯域は同じであるため、受信機雑音は同じ)。次に、例えば約 200m 程度の探知距離が求められる 車載レーダへの適用 を想定すると L-PRF レーダの PRI(Pulse Repetition Interval = 1/PRF)は 2 次エコー対策のマージンを見込んで約  $3\mu s$  となる。一方、H-PRF の場合、パルス幅デューティを 25% ~ 50% とするため PRI(=1/PRF)=15nsec と考える(パルス幅は約 5nsec)。また、速度分解能を決める 1CPI(Coherent Pulse Interval)は共に約 4msec (速度分解能 1.765km/h) とする。上記の条件において、H-PRF、L-PRF レーダそれぞれでの 1CPI 内のパルス数は、1333 パルス、266700 パルスとなる。これらのパルス間をフーリエ変換にてコヒーレント積分を行うことで、H-PRF レーダは L-PRF レーダと比較して S/N が約 24dB 改善される。距離においては約 4 倍の距離延伸 が期待される。

しかし、パルスレーダでは、最大インストルメント距離 R は  $R=c \cdot (PRI/2)$  で表され上記例では 22.5m となり、それ以上の距離でアンビギュイティが発生するという問題がある。

### 3. 提案法

提案する H-PRF レーダにおけるパルス間周期符号変調による測距法は、図 1 に示すように信号処理を行う 1CPI 間に符号長 N の符号で位相変調されたパルス N 個(1 パルスあたり 1 つの符号を割当てる)を P 周期(全体で  $N \times P$  パルス)繰り返し送信する。受信系ではレンジビン  $k=0 \dots K-1$  とおき、それらに対して図 2 に示す以下の処理を行う。まず各符号の周期方向(p 方向)に FFT を行い、ドップラ周波数検出を行う。その出力に対し Code 補正を行ったのち、n 方向(符号方向)に IFFT を行う。得られた出力に対し検出処理を行い、閾値を超えた PRI 遅延数 a をレンジビン k に加算することにより目標距離  $R=(c(k \cdot \Delta T + a \cdot PRI))/2$  が得られる。

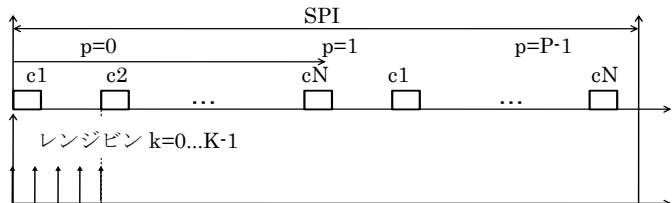


図 1 送信受信シーケンス

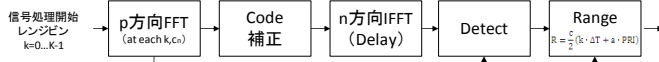


図 2 信号処理ブロック図

### 4. アンビギュイティのある目標の距離推定実験

提案法の原理検証実験を行うため当研究室所有の 24GHz 帯レーダ(帯域幅最大 80MHz)を用いて実験を行った。ここでは以下に示すレーダパラメータを採用した。

- ・パルス幅: 20ns(周波数換算 50MHz, 距離換算: 3m)
- ・パルス繰り返し周期 (PRI): 80ns(距離換算: 12m)
- ・符号長 N: 256(最大インストルメント距離: 3072m)
- ・周期数 P: 1024(速度視野: 1092 km/h)
- ・CPI 時間: 21msec(速度分解能: 1.066 km/h)
- ・サンプリング周期: 10ns
- ・目標: 15.6-17.2m 間を移動するコーナリフレクタ(RCS=10 m<sup>2</sup>)
- ・目標速度: 4 km/h

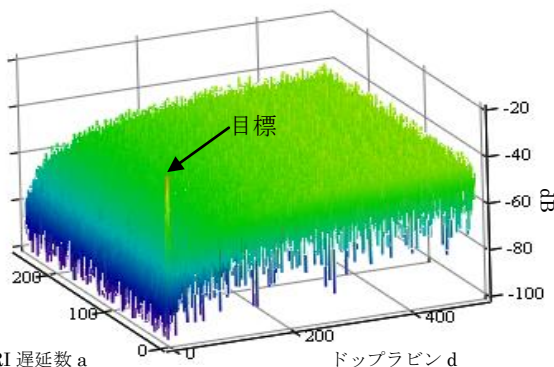


図 3 信号処理出力(レンジビン k=5)

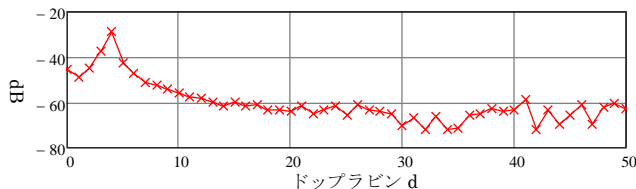


図 4 p 方向 FFT 出力(遅延数 a=1)

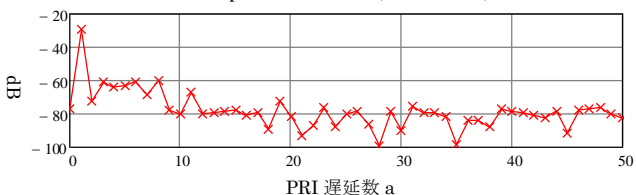


図 5 n 方向 FFT 出力(ドップラビン d=4)

図 3,4,5 に提案法における信号処理結果(レンジビン k=5)を示す。本実験は屋内で実施したため、クラッタ等の静止物の影響を除去するために 1 次の MTI フィルタを適用した。図 4 より目標反射波の相対速度 4 km/h(ドップラビン d=4)が正しく観測されていることが分かる。また図 5 より相対速度 4 km/h 目標の PRI 遅延数 a=1(送信開始から PRI 単位の時間遅延を表す)であり距離アンビギュイティが解けることが確認できた。また、レンジビン 3,4,5 の結果より総合して目標距離 16.5m という結果が得られた。

### 5. むすび

本論文では、H-PRF レーダにおけるパルス間周期符号変調による測距法を提案した。また 24GHz 帯レーダを用いて、目標距離推定実験により提案法の有効性を確認した。本研究の一部は科研費(課題番号: 21246062)によりなされた。