

## 2周波ICW方式レーダの安全運転支援システムへの適用検討

### A study on 2 Frequency Interrupted CW Radar for Driving Safety Support Systems

神保 郁充†

稲葉 敬之†

小河 昇平††

Ikumi Jimbo

Takayuki Inaba

Shouhei Ogawa

†電気通信大学 電子工学科

Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications

††住友電気工業株式会社

Sumitomo Electric

### 1. まえがき

全天候対応路車協調型の安全運転支援システム開発において、電波を用いたレーダ技術の適用が注目されている。安全運転支援システム用レーダシステムでは、多数の車両が存在する環境において誤検知が少なく、また各車両の位置・速度を個別に計測することが重要とされる。しかし、従来のFMCW方式では静止物クラッタの影響やペアリング誤検知が問題となる。また2周波CW方式では等速移動複数目標の分離が困難となる原理的課題がある。本稿では2周波CW方式の課題を解決する方式として、2周波CW方式をパルス化した2周波ICW(Interrupted CW)方式を提案し、その有効性を一般道路での検証実験により明らかにする。

### 2. 2周波ICW方式

2周波ICW方式は、従来方式である2周波CW方式に対し、送信波をパルス化した方式である。このため、広帯域な周波数帯域幅を必要としないが、距離ゲートを形成するため、距離推定時に位相の折り返しを補正することが可能となる。また、2周波CW方式は等速移動複数目標の分離が原理的に困難であり、距離推定に大きな誤差が生じてしまう課題がある。しかし、2周波ICW方式は距離ゲートを用いることにより等速移動複数目標の分離を可能とし正確な距離推定を行うことが可能である。

2周波ICW方式は図1に示す送信周波数シーケンスを用いる。時分割に周波数が $\Delta f$ 離れた周波数 $f_1, f_2$ を、それぞれパルス繰り返し間隔 $T_{PRI}$ 毎にパルス送信時間 $T_p$ だけ波形を送信する。これを、1観測時間 $T_{CPI}$ 内においてM回繰り返す。受信波は各周波数区間で $f_1, f_2$ とミクシングされベースバンド信号となる。ベースバンド信号はサンプリングされデジタルデータとなる。2周波ICW信号処理では、距離ゲートごとのベースバンド信号をm方向にフーリエ変換し、距離ゲート毎に出力が閾値を超える周波数を検出し、その周波数からドップラー周波数(すなわち目標との相対速度V)を得る。また、検出された各周波数に対する $f_1, f_2$ の位相差より位相回転が生じている距離推定する。その後、距離ゲートを用いて、推定された距離に対し位相回転補正を行い、最終的な目標距離を推定する。

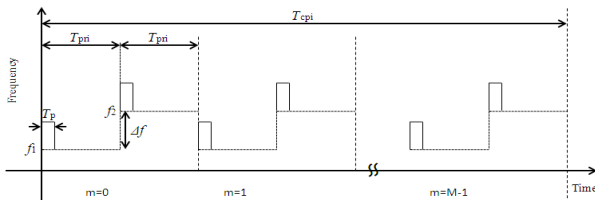


図1 2周波ICW方式送信信号シーケンス図

### 3. 実験的検証

図2(a)の実験環境の下、2周波CW方式及び2周波ICW方式を用いて2車線道路の各車線を縦列走行する2目標(30mほどの距離差がある)の検知実験を実施した。実験風景を図2(b)に示す。

#### 1) 目標条件

- 車両1,2共に、距離：約200mから近接、速度：40km/h
  - 2) 2周波ICW方式のレーダパラメータ
    - ・送信周波数 $f_0$ ：24.15GHz
    - ・周波数切替え間隔 $T_{PRI}$ ：2.4 $\mu$ s(最大速度視野：2329km/h、最大距離視野：330m)
    - ・周波数ステップ幅 $\Delta f$ ：5MHz(距離視野：30m)
    - ・パルス幅 $T_p$ ：0.2 $\mu$ s(距離ゲート幅：15m)
    - ・AD変換速度：10MHz
    - ・観測時間 $T_{CPI}$ ：100.8ms(速度分解能：0.22km/h)
    - ・アンテナビーム幅： $\pm 30$ deg(アジマス)、 $\pm 8$ deg(エレベーション)
- 計測開始は第一目標がレーダRF部から約200m離れた地点を通過したタイミングである。2周波CW方式の結果を図3(a)に、2周波ICW方式の結果を図3(b)に示す。

なお、2周波CW方式で使用したパラメータは周波数ステップ幅 $\Delta f$ ：1.5MHz(最大距離視野：100m)のパラメータで行った。

また、使用したレーダは特定小電力無線局を満足している。



図2(a) 実験環境

図2(b) 実験風景

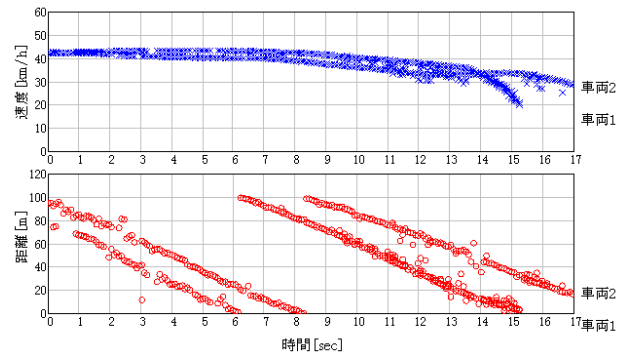


図3 2周波CW方式の実験結果

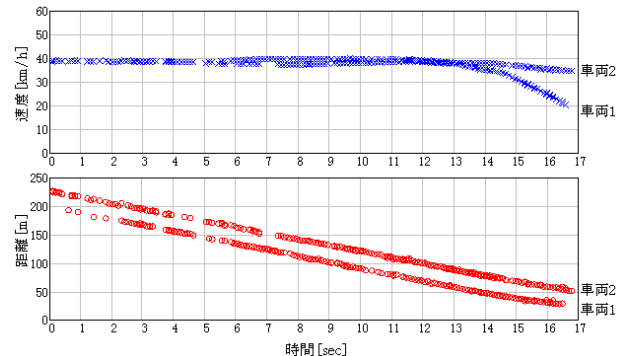


図4 2周波ICW方式の実験結果

図3の計測開始から車両1について6秒間、車両2について8秒間は2周波CW方式の最大探知距離の関係により位相の折り返しが生じているために、実際の距離が200mから100mとなることに注意すると、2周波CW方式、2周波ICW方式共に走行車両の接近を約200m先から検知していることが確認される。しかし、図3の2周波CW方式の結果では、等速移動複数目標が存在する観測時間において、目標距離推定にて正確な距離推定が行えていないように見受けられる。それに対し、図4の2周波ICW方式の結果では、等速移動複数目標が存在する観測時間においても、複数目標を分離し正確な距離推定が行われていることが確認される。

### 4. おわりに

本研究では2周波ICW方式の安全運転支援システムへの適用を想定した検証実験を行った。実験より、2周波ICW方式は遠距離目標を折り返しなく検知し、また等速移動複数目標が存在する環境下においても、目標を分離し各目標に対して距離推定を行っていることを確認した。

#### 参考文献

- [1] 稲葉敬之・平井俊之：FMCWレーダにおける移動目標検出法，電子情報通信学会論文誌(B)，vol.J88-B.No.4，pp.795-803，April 2005.