

# 多周波 NL-SWW による距離サイドローブ低減効果

Evaluation of decrease effect of range sidelobe by Multiple Frequency Nonlinear Synthetic Wideband Waveforms

渡辺 優人 稲葉 敬之  
Masato Watanabe Takayuki Inaba

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

## 1. まえがき

パルス圧縮レーダは高い距離分解能を実現するが、送信周波数帯域幅と同等の受信機帯域幅を必要とする。これに対し、中程度の帯域幅をもったパルス圧縮波を周波数ステップさせ、狭受信機帯域幅にて高距離分解能を実現する Synthetic Wideband Waveform(SWW)法が知られている。しかし SWW 法では、パルス圧縮後の信号を帯域合成(IDFT 処理)するときに高いピークサイドローブ(PSL)、グレーティングローブ(GL)が発生するという課題がある。これらに対し、SWW の周波数ステップを非線形化することによって、受信信号にウェイトを乗じるのとは異なり受信電力の損失なく PSL を低減する Nonlinear SWW(NL-SWW)[1]が提案されている。しかし SWW および NL-SWW 法では目標との相対速度がある場合、正確な距離計測ができない課題がある。本論文では、その課題に対し NL-SWW 法にパルスドップラフィルタによるドップラ周波数推定・補正処理[2]を組み合わせた多周波 NL-SWW 法を提案する。さらに車載レーダでの運用を想定し、周波数ステップ N=8、使用する周波数をミリ波、非線形ステップ間隔を 3 次関数として距離サイドローブの低減効果に関し評価を行う。

## 2. 提案する多周波 NL-SWW

提案する多周波 NL-SWW は、図 1 に示すように周波数始点と終点を固定し、その間の第 3 点を与える非線形パラメータ  $\sigma$  によって決定される 3 次関数を、サブパルス(帯域幅  $b$  の LFM)の非線形ステップ間隔  $dFn$  とする送信周波数シーケンスを用いる。次に多周波 NL-SWW における計測信号モデルは、

$$x(n,m) = \exp \left[ 2\pi j \left\{ \left( \frac{\mu}{2} \right) t_p^2 - \left( \frac{2R}{c} dF_n + \frac{2vf}{c} T_{PRI} \right) \cdot n - \left( \frac{2vf}{c} N \cdot T_{PRI} \right) \cdot m \right\} \right] \dots (1)$$

と表され、 $\mu = (b/t_p)$ 、 $t_p$  : サブパルス幅である。提案法では式(1)より、各サブパルスのパルス圧縮処理後、図 2 に示すように各  $n$  に対する  $m$  方向のサンプリング信号をフーリエ変換することで目標速度検出を行い、得られた速度情報を以ってドップラ周波数補正を行った上で、 $n$  方向に逆フーリエ変換によって目標距離検出を行う。

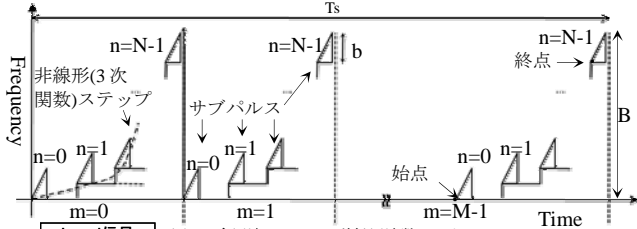


図 1: 多周波 NL-SWW 送信周波数シーケンス

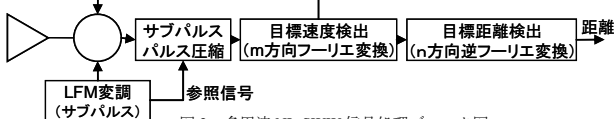


図 2: 多周波 NL-SWW 信号処理ブロック図

## 3. 距離 PSL の $\sigma$ 依存性シミュレーション

ミリ波車載レーダへの適用を想定し、以下のレーダパラメータを用いた。

- 送信周波数  $f$  : 76.5GHz
  - パルス繰り返し周期  $T_{PRI}$  :  $2 \mu s$  (最大インストルメント距離=300m)
  - 周波数ステップ数  $N$  : 8 (距離分解能:  $\delta R = 0.536m$ 、最大速度視野 =  $\pm 220.588km/h$ )
  - サブパルス帯域幅  $b$  : 80MHz (パルス圧縮レーダ方式における同一帯域幅での距離分解能:  $\delta R = 1.875m$ )
  - 占有帯域幅  $B \cong b + dFn$  : 360MHz
  - 観測時間内同一周波数の数  $M$  : 256
  - 全観測時間  $T_s$  : 4.096ms (速度分解能:  $\delta V = 1.723km/h$ )
- 一方、目標数を 1 とした。
- 目標距離  $R$  : 200m
  - 目標速度  $V$  : 200km/h

表 1: PSL の  $\sigma$  依存性

$\sigma$	PSL(dB)
-0.01	-10.193
-0.02	-12.334
-0.03	-15.076
-0.04	-18.364
-0.05	-21.646
-0.051	-21.925
-0.052	-22.187
-0.053	-22.42
-0.054	-22.64
-0.055	-22.841
-0.056	-22.743
-0.057	-21.952
-0.058	-21.23
-0.059	-20.568
-0.06	-19.957
-0.07	-15.613
-0.08	-12.943
-0.09	-11.1
-0.1	-9.758

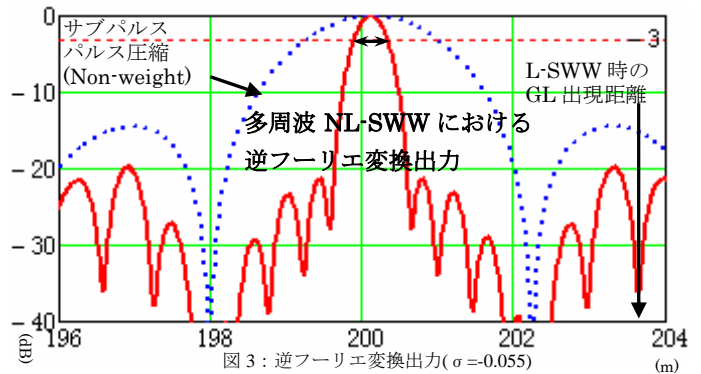


図 3: 逆フーリエ変換出力( $\sigma = -0.055$ )

表 1 に距離 PSL の  $\sigma$  依存性結果を示す。N=8、占有帯域幅  $B \cong 360MHz$  という条件において  $\sigma = -0.055$  の時最も PSL が小さくなる結果が得られた。このときのサブパルスのパルス圧縮結果と多周波 NL-SWW における逆フーリエ変換出力を図 3 に示す。図 3 より理論通りサブパルスのパルス圧縮に比べて約 3.5 倍の高い距離分解能が得られるとともに最大で -22dB、(L-SWW と比較して -9dB) の PSL 低減を達成した。

## 4. むすび

本論文では、多周波 NL-SWW を提案し、車載レーダを想定したレーダパラメータにて PSL の  $\sigma$  依存性を評価し、最大で -22dB の PSL 低減を達成した。

### 参考文献

- [1] Rabideau, D.J. "Nonlinear Synthetic Wideband Waveforms" IEEE radar conference, Long Beach CA, ETATS-UNIS, pp. 212-219, 22/04/2002
- [2] 稲葉敬之, "多周波ステップ ICW レーダによる多目標分離法", 電子情報通信学会論文誌(B), vol.J89-BNo.3, pp.373-383, Mar.2006.