

# 複合シーケンス多周波CWによる速度視野拡張の検討

## A Study on Observable Maximum Velocity Expansion using Hybrid Sequence Multiple Frequency CW

山下 遼  
Ryo Yamashita

渡邊 俊人  
Toshihito Watanabe

稲葉 敬之  
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

安全・安心な道路交通実現のため、車載レーダの普及が急がれる。筆者らはこれまでに24GHz帯NB(Narrow Band)での多周波CW方式の車載近距離レーダへの適用を検討してきた[1][2]。一方、多周波CW方式を例えば車載中距離レーダに応用する場合、限られた観測時間・占有周波数帯域幅かつ実用的な低サンプリング周波数にて、要求される速度分解能、距離分解能、速度視野、距離視野のすべてを満足させることが難しい。

そこで本稿では、従来の距離視野が確保された多周波CW方式の周波数ステップに対し速度推定用ステップを組み合わせた複合シーケンス多周波CWを送信波とし、アンビギュイティ推定することなく速度視野拡張が可能な新しい信号処理法を提案する。また計算機シミュレーションおよび一般道路で車を検知目標とした実験的検証によりその有効性を確認する。

### 2. 複合シーケンス多周波CW

多周波CW方式は時分割にて周波数 $f_0$ を $\Delta f$ だけN回ステップさせ、それを1観測時間内でM回繰り返す。多周波CW方式の速度視野は同一周波数のサンプリングの間隔に依存し、間隔が短いほど速度視野が向上する。距離視野は $\Delta f$ に依存し、 $\Delta f$ が小さいほど距離視野は向上する。ここでNを固定した場合、距離視野を拡張すると使用帯域幅が減少し最大限に利用することができない。距離視野を拡張したまま使用帯域幅を広くとる(すなわち高距離分解能を得る)にはNを増やす他ないが、速度視野が低下してしまう。低下した速度視野を拡張する一手法として周波数切替間隔を短くすることが挙げられるが、この場合はより高速のAD変換器が必要となる。そこで本稿では多周波CW方式の送信シーケンスを速度推定用ステップと距離推定用ステップからなる複合シーケンス多周波CWとし、速度視野の拡張を図る。

複合シーケンス多周波CWの送信シーケンスを図1に示す。周波数方向に等間隔にNr回ステップする距離推定用ステップに、Nv回ステップする速度推定用ステップ(図1ではNv=1)を時間方向に等間隔にL回挿入する。これより距離推定用ステップに比べ速度推定用ステップのサンプリングの間隔は1/Lとなり、速度視野がL倍に拡張される。信号処理では、速度推定用ステップのみのベースバンド信号をm方向にフーリエ変換し、閾値を超える周波数ビンを検出しドップラ周波数(すなわち目標との相対速度V)を得る。ここで得られた周波数ビンを用いて距離推定用ステップのみのベースバンド信号にm方向離散フーリエ変換を行い、出力スペクトルにMUSICを適用することで位相勾配を求め距離を推定する。信号処理ブロック図を図2に示す。

### 3. 計算機シミュレーション

計算機シミュレーションにて複合シーケンス多周波CWの有効性を確認する。用いたレーダパラメータを表1に示す。目標がレーダRF部へ近づく速度を正、遠ざかる速度を負として表2のように目標を設定した。雑音はガウス雑音とし、各目標のRCSは共通とした。図3、4に多周波CW方式と複合シーケンス多周波CWのm方向フーリエ変換後のスペクトルおよびMUSICスペクトルをそれぞれ示す。図3より多周波CW方式では速度アンビギュイティが生じ、正しく速度推定が行えていないが、

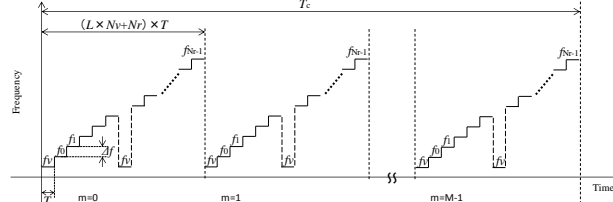


図1 複合シーケンス多周波CW

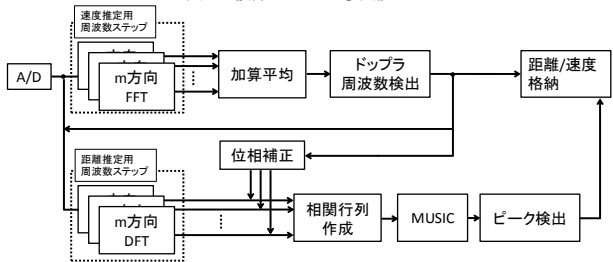


図2 信号処理ブロック図

表1 レーダパラメータ

	多周波CW方式	複合シーケンス多周波CW
送信周波数 $f_0$	24.15 GHz	24.15 GHz
送信帯域幅B	46.5 MHz	48 MHz
距離推定用ステップ数Nr	40	32
速度推定用ステップ数Nv	0	2
周波数切替間隔T	5 $\mu$ s	5 $\mu$ s
拡張前速度視野 Vamb	$\pm 55.9$ km/h	$\pm 55.9$ km/h
拡張後速度視野 Vmax	$\pm 55.9$ km/h	$\pm 223.6$ km/h
観測時間Tc	51.2 ms	51.2 ms

表2 シミュレーションにおける目標設定

	目標距離 [m]	目標相対速度 [km/h]
目標1	30	40
目標2	60	100

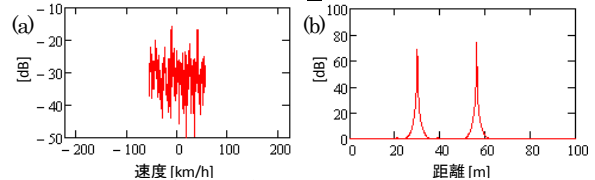


図3 多周波CW方式を用いたシミュレーション結果

(a) m-FFT スペクトル, (b) MUSIC スペクトル

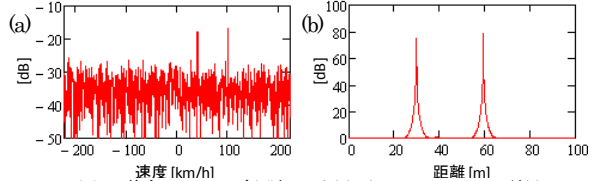


図4 複合シーケンス多周波CWを用いたシミュレーション結果

(a) m-FFT スペクトル, (b) MUSIC スペクトル

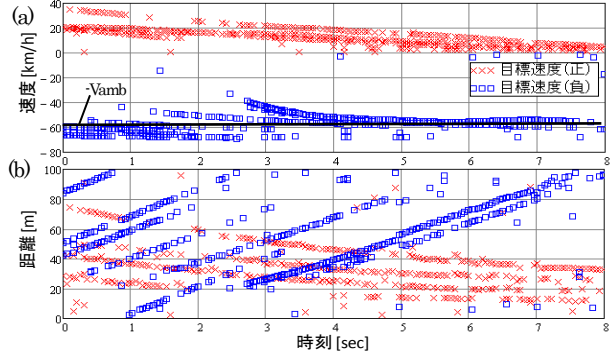


図5 実験結果 (a) 速度推定結果, (b) 距離推定結果

図4より複合シーケンス多周波CWでは速度視野を4倍に拡張することでアンビギュイティなく目標の測距・測速が可能であることが分かる。

### 4. 実験的検証

レーダパラメータは計算機シミュレーションと同一のものを用いた。実験は一般道路の歩道橋においてレーダRF部を道路側へ約10°下へ向け設置し、走行する複数の車両を計測した。各CPIでの検知結果を図5に示す。図5より拡張前の速度視野が $\pm 55.9$  km/hであるのに対し、 $-60$  km/h以上の目標速度を検知した。

### 5. おわりに

本稿では車載中距離レーダへの適用を想定した複合シーケンス多周波CWの検討を行った。計算機シミュレーションおよび実験的検証にて複合シーケンス多周波CWの有効性を確認した。

### 参考文献

- 渡邊俊人, 稲葉敬之, “多周波CW方式の近距離レーダへの適用検討”, 2012年電子情報通信学会総合大会, B-2-51, 2012-3.
- 渡邊俊人, 稲葉敬之, “多周波CW方式の後方監視レーダへの適用検討”, 2012年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-2-7, 2012-9.