

移動型ミリ波 FMCW レーダにおける 干渉低減の為の周波数掃引速度の検討

Investigation of frequency sweep rate for interference reduction in mobil millimeter wave FMCW rader

○齊藤 貴彦¹, 大谷 昭仁²

*Takahiko Saito¹, Akihito Otani²

Abstract: We will investigate interference reduction of millimeter wave FMCW rader by mobile type which was studied in stationary system.

1. はじめに

現在,自動車は移動・輸送手段として社会に不可欠なものとなっており,より安全で効率的な次世代モビリティを目指して高度運転支援システム(ADAS : Advanced Driver Assistance System)や自動運転技術の研究開発が進められている.⁽¹⁾ADAS や自動運転には周囲の環境を認識するために光学カメラ,LIDAR(Laser Imaging Assistance System)やミリ波レーダなどの各種センサが用いられる.これらのセンサにはそれぞれ長所と短所がある.光学カメラは白線や標識などの認識が可能であるが夜間や霧などの視界不良時に環境認識性能が低下する.LIDAR は距離分解能に優れているが高価であり,外界からの光で環境認識性能が低下する.ミリ波レーダは電波を使用するため LIDAR に比べ距離・方向の分解能では劣るが,視界不良時にも計測可能で価格も比較的安価である.このため,これらの複数のセンサが相補的に利用されることで ADAS,自動運転が実現されると考えられる.

ミリ波レーダにはパルス方式,2周波CW(Continuous Wave)方式,FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave)方式などの方式がある.今回検討するFMCWレーダは3GHz程度の広帯域で20cm程度の高い距離分解能が得られ,対象物との距離・相対速度が同時に検出でき,比較的低コストであるから車載センサとして有望である.⁽²⁾しかし,自動運転の普及に伴いミリ波 FMCW レーダを搭載した自動車が増加するとレーダ間干渉が増大し,対象物の誤検出や不検出の発生確率が増大してしまう.今回検討する広帯域干渉は,ほかのレーダからの干渉信号は対象物からの反射信号に比べレベルが大きく,雑音レベルが増加し,対象物の不検出率が増加するものである.

これは信号方式の工夫などにより影響を低減させることができると考えられるが,このような報告は少なく,十分な議論がされていない.滑走路の異物検知に

用いられる FMCW リニアセルレーダにおいて,周波数掃引速度を変化させることで干渉量を低減できるという報告がある.⁽³⁾しかしこれはレーダ,対象物ともに静止している静止系であるから,相対速度を持つ自動車レーダに適用するには議論が必要である.したがって本研究では,自動車を想定した動作系での周波数掃引速度差による干渉量の軽減を検討し,近い将来,より安心・安全な自動車レーダを実現することを目的とする.

2. FMCW レーダの原理

FMCW レーダのブロック図を図1に示す.PLL(Phased Locked Loop)で生成した周波数掃引信号を送信し,ターゲットから反射して受信される信号と送信信号をミキシングした後,LPF(Low Pass Filter)で高周波成分を除去して得られるビート信号をAD変換し,FFT(Fast Fourier Transform)を行い,周波数スペクトラムを得る.この周波数スペクトラムの電力ピークからターゲットを検出し,その周波数からターゲットとの距離を算出する.

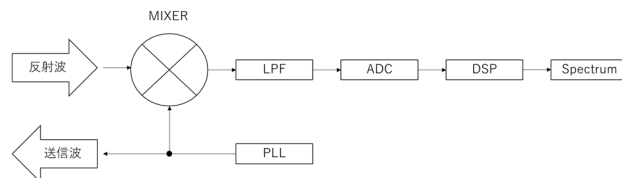


図1 FMCW レーダブロック図

FMCW レーダの周波数掃引方式には三角波方式と鋸波方式の2種類がある.三角波方式ではアップチャープとダウンチャープを使用し,検出される2つの周波数のペアから相対速度・距離を算出する.しかし対象物が複数ある場合,このペアリングが困難となる.鋸波方式はアップチャープまたはダウンチャープのみを使用する方法で,ペアリングが不要であり,チャープ毎の

送受信信号の時間差で速度を算出できるため多数の対象物を認識する必要のある自動車用レーダに有力であると考えられる。

図2に鋸波方式の原理図を示す.FMCW レーダでは送信波と受信波のビート周波数(差周波)を測定する.LPF で高周波成分と雑音を除去し,FFT で周波数スペクトラムを求め,雑音レベルに応じてあらかじめ決めた閾値より大きな周波数あのピークからターゲットを検出し,その周波数から相対距離を計算する.複数のターゲットがある場合には複数の周波数ピークが現れるが,トラッキングにより同一のターゲットを判別することができる.ターゲットとの相対距離 R ,相対速度 v の計算式を式(1),(2)に示す.

$$R = \frac{c_0}{2CR} f_B, CR = \frac{\Delta f}{T} \quad (1)$$

$$v = \frac{\Delta R}{T} = \frac{R_{i+1} - R_i}{T} \quad (2)$$

ここで, R は相対距離, c_0 は光速, CR はチャープ率, f_B はビート周波数, Δf は周波数掃引幅, T は掃引時間, v は相対速度, R_i はトラッキングを行った時のチャープの距離である。

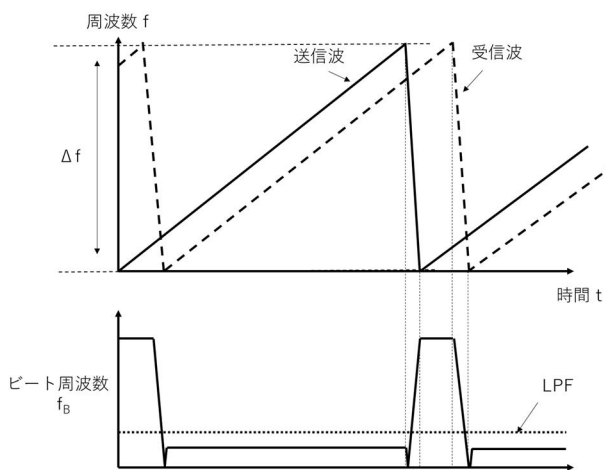
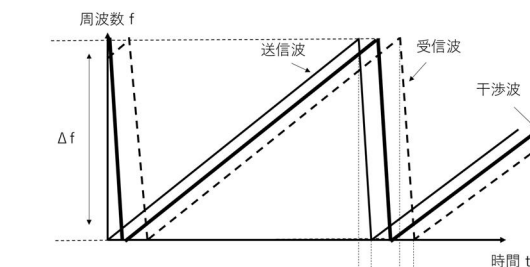


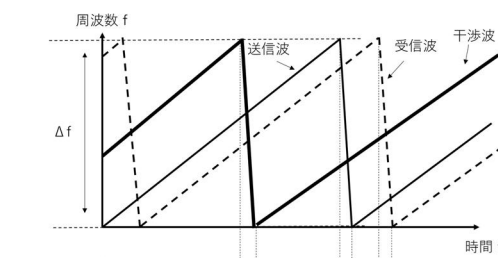
図2 FMCW レーダ原理図

3. FMCW レーダ間干渉

レーダ間干渉は狭帯域干渉と広帯域干渉の2つがある.図3にレーダ間干渉の様子を示す.図3(1)は狭帯域干渉について表したもので干渉波が受信波と同じチャープ方向,同じチャープ率で受信波との位相差が小さい場合に発生する.これにより存在しないゴーストターゲットが観測されてしまう恐れがある.図3(2)は広帯域干渉について表したもので受信波と干渉波のチャープ率が異なる場合にビート周波数が変化するインパルス状の信号が発生する.干渉信号は受信信号よりも大きなレベルであるため,パルス状の信号が観測される.これをフーリエ変換することで全ての周波数帯域において雑音レベルが上昇し,ターゲット不検出の割合が増加する.



(1) 狭帯域干渉



(2) 広帯域干渉

図3 各干渉の様子

4. 今後の展望

3で述べた広帯域干渉において周波数掃引速度を変化させることで干渉量を低減できるという報告がされているがこれは静止系での報告であるから,レーダ,ターゲット共に動いている自動車レーダを想定した動作系においてはさらに議論が必要である.⁽³⁾従って今後は相対速度を考慮して効果的な周波数掃引速度,どの程度の干渉量低減が見込めるのかを検討していく。

5. 参考文献

- (1)CiscoVisualNetworkingIndex
<https://www.cisco.com/c/ja_jp/solutions/service-provider/visual-networking-index-vni/index.html>2018.08.23 アクセス
- (2)総務省 委員会報告(案)「79GHz帯高分解能レーダの技術的条件」 情報通信審議会 情報通信技術分科
<http://www.soumu.go.jp/main_content/000159471.pdf>,2012.2
- (3)赤間 慶,稲垣 恵三,実野 邦久,菅野 敦史,川西 哲也(2017)「FM-CW リニアセルレーダにおける周波数掃引速度による干渉量の低減」『電子情報通信学会 学術技報』5