

FMCW レーダ間干渉と干渉抑圧法の評価実験

A-14

Experimental Evaluation of Inter-FMCW Radar interference and Interference Suppression Technique

奥田 健夫[†] 牧野 祐也^{††} 野澤 拓也^{††} 王 瀟岩[†] 梅比良 正弘[†]
 Takeo OKUDA[†] Yuya MAKINO^{††} Takuya NOZAWA^{††} Xiaoyan WANG[†] Masahiro UMEHIRA[†]
[†]茨城大学工学部 ^{††}茨城大学大学院理工学研究科

[†]Faculty of Engineering, Ibaraki University ^{††}Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

1. はじめに

近年、運転支援技術・自動運転技術の研究開発が進められており、雨天性能や夜間性能、コストの点で優れているミリ波 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave)レーダのセンサへの利用が期待されている[1]。将来、ミリ波 FMCW レーダを搭載した自動車が普及すると、レーダ間干渉により、ターゲットの誤検出や不検出が問題となると予想されるが、現状では自動車用 FMCW レーダの標準規格がなく、様々な設計のレーダが混在して使用される。本稿では、実験により異なるチャープ率を持つ FMCW レーダ間干渉[2]、ならびに筆者らが提案している干渉抑圧法[3]の評価を行った。

2. 実験系の構成

実験にはサクラテック(株)の miRadar8-EV2 評価キットを 2 台使用した。実験に使用したレーダは中心周波数が 24.15[GHz]、掃引周波数幅が 200[MHz]で、観測レーダの掃引時間 $T=350[\mu s]$ 、観測レーダとターゲットの距離を 5[m]と 25[m]に設定し、観測レーダと干渉レーダの距離は 5[m]とした。干渉レーダの掃引時間 $nT=700,1400,2800,5600[\mu s]$ ($n=2, 4, 8, 16$) として干渉信号の継続時間、ならびにチャープ率の異なるレーダ間干渉に対する提案の干渉抑圧法の効果を評価した。

3. FMCW レーダ間干渉の評価実験

干渉信号は対象物で反射して受信される信号より大きく、干渉信号のビート周波数が LPF の帯域以下になるとインパルス状の信号が観測される。対象物を検出するために受信信号をフーリエ変換し、雑音レベルを基準としてピーク検出を行うが、干渉信号によりノイズレベルが上昇する。掃引時間が異なる FMCW レーダ間干渉信号の継続時間は、観測信号と干渉信号のチャープ率に応じて変化し、チャープ率の差が大きいほど干渉信号の継続時間は短くなる[2]。これを確認するため、掃引時間の異なる FMCW レーダを使用して実験を行った。

観測レーダの掃引時間 T に対し、干渉レーダの掃引時間を $2T, 16T$ としたときの時間波形を図 1 に示す。チャープ率の差が大きいほど干渉信号の継続時間が短くなる。しかし、CW(Continuous Wave)信号による干渉継続時間と比較して各チャープ率での干渉継続時間は 2 倍程度長くなっていた。これは PLL(Phase Locked Loop)の周波数掃引が線形でないためと考えられる。そこで、干渉レーダの掃引時間を 16 倍としたときの干渉継続時間を基準値とし、干渉信号の掃引時間が観測信号の掃引時間の n 倍のときの干渉継続時間の相対値 R_n を以下の式で求め、実験結果と比較した。

$$R_n = (n/n - 1)/(16/15) \quad (1)$$

実験による干渉継続時間 Δt と相対値 R_n の比較を図 2 に示す。実験値と理論値の相対値はよく一致することが確認できた。

4. 干渉抑圧法の評価実験

FMCW レーダ間の広帯域干渉に対し、当研究室では時間領域でインパルス状の干渉信号を検出・除去する干渉抑圧法を提案している[3]。実験で得た干渉信号を用いて、提案手法による干渉抑圧効果の評価した。

図 1 に示した干渉信号に対し、提案の干渉抑圧法を適用した後の時間波形を図 3 に示す。図 1 で見られたインパルス状の干渉信号が $n=2, 16$ の場合共に除去されていることがわかる。干渉信号がない場合の受信ビート信号、掃引時間が $n=2$ の干渉レーダがある場合の、干渉抑圧前と後の信号をフーリエ変換して求めた周波数スペクトルを図 4 に示す。干渉抑圧

法により、抑圧前に比べ雑音レベルが 20[dB]程度低減でき、提案手法による干渉抑圧法が有効であることを確認した。

5. まとめ

チャープ率が異なるレーダ間干渉、および提案の繰り返しレーダ間干渉抑圧法の干渉低減効果を実験により評価した。

<謝辞>

本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 175003004)の委託を受けたものである。

<参考文献>

[1]Yoshihiro SUDA and Kenji AOKI, "Current activities and some issues on the development of automated driving," JOHOKANRI, vol.57, No.11, 2015, pp.809-817.

[2]牧野祐也 他, "異なるチャープ率を用いる FMCW レーダにおける同一チャネル間干渉," 信学技報 SANE 研究会, 2018 年 1 月 発表予定.

[3]野澤拓也 他, "自動車用 FMCW レーダにおける繰り返しレーダ間干渉抑圧法," 信学技報, Vol.117, No.346, ITS2017-52, 2017 年 12 月, pp.227-232.

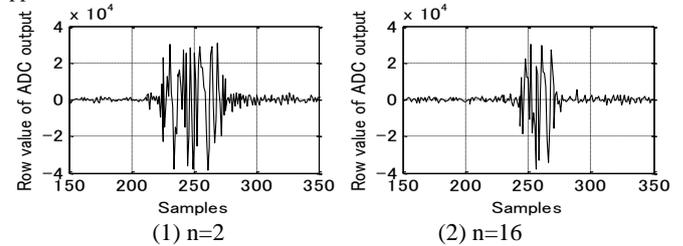


図 1 干渉信号の時間波形

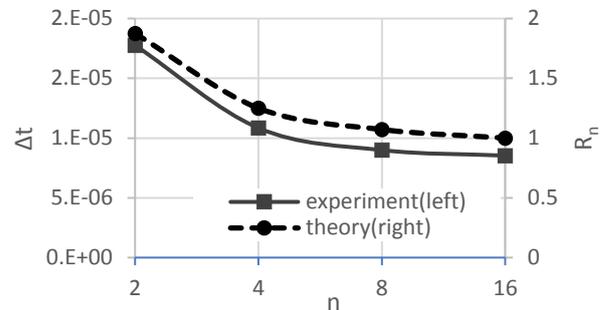


図 2 干渉継続時間

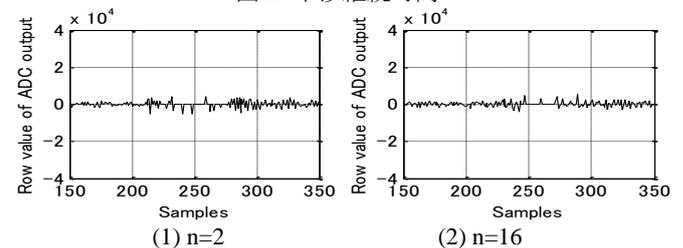


図 3 干渉抑圧後の時間波形

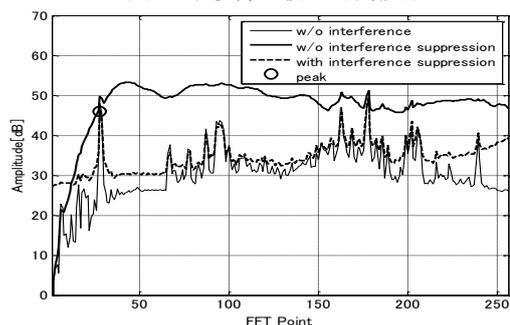


図 4 干渉抑圧前・抑圧後の周波数スペクトル