

# レーダ波への OFDM 方式の適用に関する検証

## Experimental study on OFDM modulation for Radar application

塚田 渉 稲葉 敬之  
Wataru Tsukada 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

OFDM (直交周波数分割多重) 方式は、放送・通信分野で多く使われている変調方式であり、その特徴の一つとして周波数利用効率が良いといわれている。一方レーダにおいても、OFDM の複数搬送波 (副搬送波) に符号系列を用いた位相変調波を用いるレーダ方式が報告されている[1]。

本論文においては、OFDM 方式をレーダに応用するための研究の第一段階として、文献[1]にて報告されている 5 副搬送波×5 チップの OFDM 波と通常の 25 チップ P4 符号について周波数占有帯域幅と圧縮後のパルス幅の関係について、電波暗室内でコーナリフレクタを目標と見立てた実験により比較評価を行う。

### 2. OFDM方式を用いたレーダ信号

$N \times M$  OFDM 波の概念図を図 1 に示す。チップ数  $N$  の符号列を、 $M$  回サイクリックシフトすることにより、チップ数  $N$  の符号列を  $M$  個得る。  $M$  個の OFDM 副搬送波に、生成したこれらのチップ数  $N$  の符号列をもちいてそれぞれ位相変調する。図 1 に示すように、周波数スペクトルが長方形形状になり周波数利用効率が良いとされている。

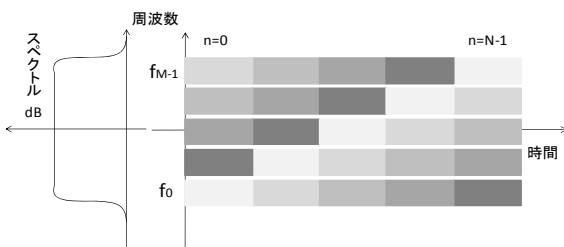


図 1 OFDM 方式概念図

### 3. 実験的検証

実験に際しては、当研究室で制作した 24GHz 帯ソフトウェアレーダ装置を使用し、表 1 に示すパラメータを採用した。

表 1 パラメータ

| 送信信号名       | 5×5OFDM | 25P4  |
|-------------|---------|-------|
| 送信周波数 [GHz] | 24.15   | 24.15 |
| 符号数         | 25      | 25    |
| 符号長 [ns]    | 120     | 40    |
| パルス長 [μs]   | 0.6     | 1     |
| 副搬送波数       | 5       | -     |

今回の実験は奥行きが 7m 程度の電波暗室内で実施したため、目標 (コーナリフレクタ) までの距離は約 2m である。レーダに於いて、このような近距離では送信波との干渉が問題となる。今回は距離分解能を比較評価することを目的としており、送信波漏れ込みと分離するためにコーナリフレクタをアクチュエータに取り付け移動 (4km/h) させた状態で送受信を行い、受信信号に対しパルスドップラフィルタ (PD) を適用し移動目標のみを抽出した。5×5OFDM と 25P4 (各パルスドップラ (PD) 処理後) の、パルス圧縮結果および受信信号の DFT 出力 (周波数スペクトル) をそれぞれ図 2, 図 3 に示す。図 2 より、実験およびシミュレーションともに、25P4 に比べ 5×5OFDM の方が、メインローブ幅が狭いことが確認できた。また図 3 より、25P4 と 5×5OFDM の双方において 25MHz 以上の周波数領域にも比較的高いスペクトル成分が含まれることが分かる。そこで、5×5OFDM の受信信号に対し、25P4 符号の第一ヌル点である約 25MHz をカットオフ周波数とした LP (Low Pass) フィルタ処理を適用し、その出力に対しパルス圧縮を行った。LP フィルタ後の DFT 出力 (周波数スペ

クトル) 及びパルス圧縮結果が図 4 である。図 4 よりスペクトルは 25P4 符号のメインローブと同等の 25MHz 以下に制限されているにも関わらずパルス圧縮結果は図 2 とほぼ同様であり、レーダにおいても周波数利用効率が良い (スペクトルが長方形に近い形をしている) ことが実験的に確認された。

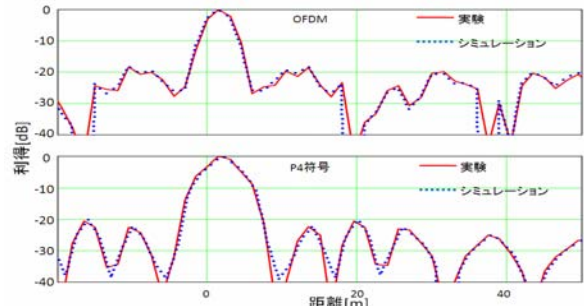


図 2 目標の PC 結果

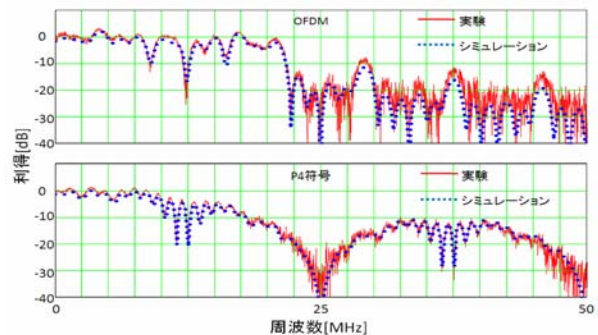


図 3 DFT 出力結果

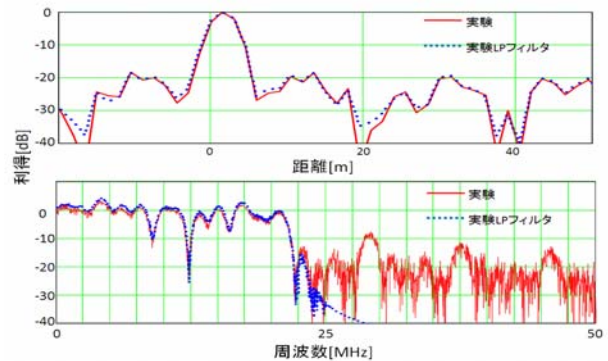


図 4 OFDM 信号サイドローブ抑圧前後比較

### 4. むすび

レーダ波へ OFDM 方式を適用するための実験的検証を行った。実験結果より同等帯域幅の P4 符号信号よりパルス圧縮後のパルス幅が狭いことを実験的にも確認できた。今回は OFDM 波においても副搬送波を復調することなく直接送信波を参照関数としてパルス圧縮したが、今後近距離静止目標測距等を目的として OFDM 波の新しい受信信号処理の研究を進めることが課題である。

#### 参考文献

- [1] Levanon, N. "Multifrequency complementary phase-coded radar signal." IEEE Proceedings-Radar, Sonar Navigation, Vol. 147, No. 6, December 2000, 276-284