

不均質クラッタ環境下における ELD-STAP の Improvement Factor 評価

B-2 Evaluation of ELD-STAP Performance using Improvement Factor in Heterogeneous clutter

深町 弘毅 稲葉 敬之
Kouki Fukamachi 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

STAP(Space-Time Adaptive Processing)とはアレーアンテナで受信した空間方向と時間方向のレーダ受信信号に対し、不要波であるクラッタ(clutter)や干渉波(jamming)などの抑圧を行う二次元時空間適応フィルタである。特に、不要波(クラッタ)と目標の速度差が小さい場合の目標検出に有効である。一方、STAPにおける課題は、計算負荷の低減、および不均質クラッタ環境下での性能劣化である。筆者等は車載レーダを想定した前方監視STAP処理として、次元を削減し計算負荷を軽減する ELD-STAP(Element Localized Doppler STAP)を提案している[1]。一方、通常 STAP の性能評価において、不要波相関行列を推定する際に距離ビン間で IID (Independent and Identically Distributed) 条件を満たすと仮定する。しかし多くの現実のレーダ運用環境においては IID 条件を満たしていないと考えられる。

本稿では IID 条件を満たさない環境(すなわち不均質クラッタ環境(Heterogeneous))下における ELD-STAP, JDL-STAP[2], および通常のレーダ信号処理である PDF+MBF (Pulse Doppler Filter + Multi Beam Forming)の特性評価を実施し、ELD-STAP は他方式に比べ良いクラッタ抑圧性能を示し、また素子間のばらつきに対しても有効であることを示す。

2. ELD-STAP

STAP 処理では、不要波を抑圧する評価関数として信号対干渉雑音比 (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio: SINR) を考える。出力 SINR を最大にするウェイトベクトルは以下のようになる。

$$W_k = R_k^{-1} S_{s-t}(f_{sp}, \tilde{f}_d) \quad (1)$$

R_K はデータベクトルの相関行列であり $R_K = E[X_k X_k^H]$ を満たし、 $E[\cdot]$ は期待値演算である。 $S_{s-t}(f_{sp}, \tilde{f}_d)$ は目標信号の時空間ステアリングベクトルと呼ばれ f_d は PRI で規格化ドップラ周波数、 f_{sp} は空間周波数である。(1)式を用いてデータベクトルに乗算してアレー出力である $y_k = W_k^H X_k$ が得られる。

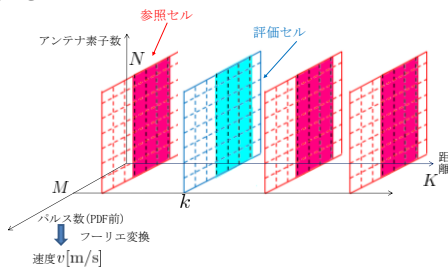


図1. ELD-STAP の測定データ

図1に示すように ELD-STAP は前処理として PDF を行い、自速から推定されるクラッタのドップラ周波数広がりに対応する PDF 出力のみを選択し、STAP 処理を適用することでデータベクトルの削減となる。ELD-STAP の比較対象として JDL-STAP(Joint Domain Localized STAP)を用いる。JDL-STAP は前処理としてパルス方向と素子方向にそれぞれ

FFT(PDF+MBF)を施し、Angle・Doppler 空間に変換した後、その空間で複数の局所領域に STAP 処理を適用する。

3. 計算機シミュレーション

レーダパラメータとしては[1]と同様に、送信周波数 76.5GHz, アンテナ素子数 9, アンテナ素子間隔 0.9λ, パルス繰り返し時間 20μs, パルス数 64, 自速 50km/h, 目標相対速度 45km/h, PDF による速度分解能 5.5km/h, 速度視野 ±176km/h, 前方覆域 30deg, 目標角度 0deg, SN=20dB とした。また、簡単のために干渉波は省略した。Heterogeneous 環境下は図2に示すようにある参照セル内に路面反射点(レイリー分布)の他に強反射点を隣り合うように3点配置した(強レンジビン)。図3は1レンジビンのクラッタ反射点数を 61, 強レンジビン数を 4 としたときの各反射点(レイリー分布)の振幅の標準偏差に対する入出力 S/C (IF: Improvement Factor) である。

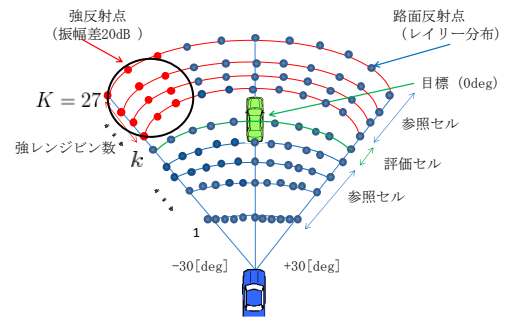


図2. Heterogeneous 環境

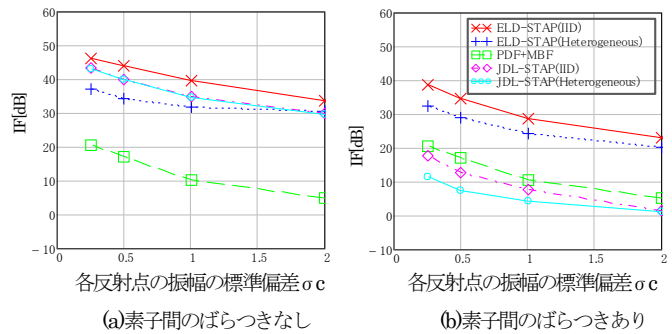


図3. 強レンジビン 4 における IF 比較

ELD-STAP は Heterogeneous 環境下において IID 条件に比べて IF が 5dB~10dB 程度下がるが、PDF+MBF より 15~25dB ほど大きい。また、素子間のばらつきに対しても JDL-STAP に比べて ELD-STAP では劣化が小さい。

4. むすび

ELD-STAP が Heterogeneous 環境下でも PDF+MBF より良いクラッタ抑圧性能が得られることを示した。また、JDL-STAP と比較し素子間のばらつきに対して有効であることを示した。

参考文献

- [1] 稲葉敬之, "前方監視レーダのための Element・Localized Doppler STAP 法," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J87-B, No. 10, pp. 1771-1783, Oct. 2004.
- [2] R. S. Adve and M. C. Wicks, "Joint Domain Localized Processing using measured spatial steering vectors," IEEE National Radar Conference, pp. 165-170, Dallas TX, May 1998.