

8ch PocketSDR を用いた GNSS 用 CRPA アレイアンテナ評価

Performance Evaluation of a GNSS CRPA Array Using an 8 Channel PocketSDR

山本健広 藤原健
Takehiro Yamamoto Takeshi Fujiwara

宇宙航空研究開発機構, 航空技術部門
The Aviation Technology Directorate, Japan Aerospace Exploration Agency

1. まえがき

近年,GNSS 信号の妨害・スプーフィング対策として, CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna) を用いたアンテナ指向性制御が広く検討されている. しかし防衛用途を主対象とした市販 CRPA アレイアンテナは, 輸出管理を含む調達制約が大きく, 価格や納期の面でも導入障壁が高い. 本研究の目的は, 市販単素子アンテナを用いて自作したアレイアンテナ (以下, ユーザーアレイ) が, CRPA アルゴリズム適用時にどの程度市販 CRPA アレイと同等の指向性・干渉抑圧性能を実現できるかを定量的に評価することである. ユーザーアレイが十分な性能を有することが示されれば, コスト低減やカスタマイズ性の面で有望な代替手段となり, 市販 CRPA アレイが優位な点が明確になれば, 高価であっても購入・維持の根拠を与えることができる.

2. 評価構成

本研究では, フロントエンドとして 8ch 版 PocketSDR [1] を用い, L1 帯の IF 信号を 8 つ同時にダンプしてオフライン処理を行った. アンテナ構成としては, 市販 CRPA アレイ Antcom 7NF-14CG5 (図 1 左) と, 市販単素子アンテナ CALIAN TW3012 を 7NF-14CG5 と同一の幾何配置となるように配置したユーザーアレイ (図 1 右) を準備し, 同一のケーブル長・設置条件のもとでそれぞれ別セッションとして記録した. PocketSDR への CRPA 統合に先立ち, 図 2 に示すようにダンプした IF に対してオフライン処理を施した. まず, HWB (ハードウェアバイアス) 推定ソフトにより, 各素子の位相バイアスを推定・補正する. 次に, 図 3 (右) に示すように仰角 30° 固定で方位変化 360°/5min ビーム方向を逐次更新する Beamforming の重み付けを計算, 出力合成 IF を PocketSDR 追尾・測位ソフトに入力し, 搬送波位相や C/N0 パターン, 測位性能を比較することで市販アレイとユーザーアレイの指向性特性を評価した.

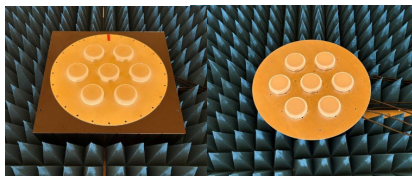


図 2 市販アレイ (左) とユーザーアレイ (右)

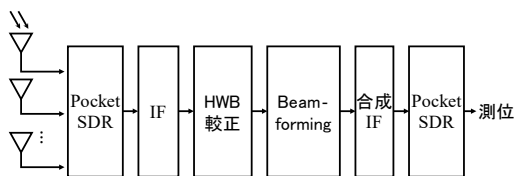


図 1 データ処理ブロック図

3. 実験結果

図 4 に, 一例として衛星 QZS03 に対する CRPA 処理後 C/N0 トレースを示す. 市販アレイおよびユーザーアレイはいずれも, 理論パターンに近い時刻に 3 つのピークと 4 つのヌルを形成しており, 方向制御が適切に動作していることが分かる. ピーク近傍 $\pm 15^\circ$ における理論値との MAE, RMSE は, ユーザーアレイで 2.0~3.6 dB, 市販アレイで 1.4~3.8 dB と同程度であり, 相関係数も 0.7~0.9 程度と高い. したがって, ユーザーアレイは市販アレイと同等レベルで回転 Beamforming による主ローブパターンを再現できているといえる. 一方, ヌル近傍ではピーク近傍と比べて理論値との一致度が悪くなることが分かる. 市販アレイ本解析ではヌルの位置や出現タイミングの一致度を主な評価指標とし, ヌル深さそのものの優劣は処理系の見直しを含む今後の課題とした.

4. 結言

本研究では 8ch PocketSDR と回転 Beamforming により, 市販アレイとユーザーアレイの指向性特性を比較評価した. TW3012 を用いた本構成においては, ユーザーアレイは CRPA 適用時に市販アレイと同等レベルの指向性性能を示し, コスト低減および構造カスタマイズ性の観点から有望な代替手段となり得ることが示された.

参考文献

[1] <https://github.com/tomojitakasu/PocketSDR>

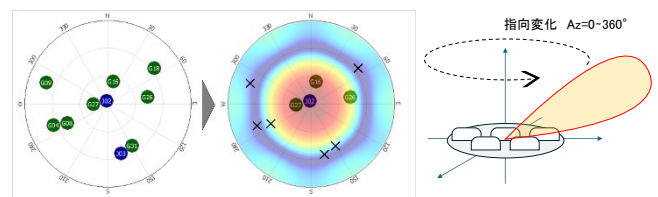


図 3 Beamforming 適用例 ($EI=90^\circ$) (左)
アンテナパターン評価方法 (右)

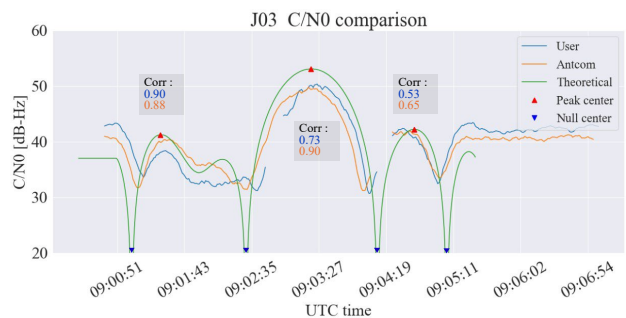


図 4 回転 Beamforming によるアンテナパターン比較