

GNSS 測位における EBAA を用いたジャミングの影響低減に関する研究

The Study on Reducing Jamming Effects Using EBAA in GNSS Positioning

森貫喬¹ 辻井利昭¹ 岸本信弘²
Kansuke Mori¹ Toshiaki Tsujii¹ Nobuhiro Kishimoto²

¹大阪公立大学 大学院工学研究科 ²マゼランシステムズジャパン株式会社
¹ Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University ² Magellan Systems Japan, Inc

1. 研究背景・目的

GNSS は現在そして未来社会に必要な不可欠な社会インフラといえる。しかし、多くの脆弱性を抱えており、特に妨害波に対する脆弱性は重大な結果をもたらす可能性が高く対策が急務である。そこで本研究は、妨害波としてジャミングを想定し、アレイアンテナを用いてその悪影響を低減させ、妨害波に対する脆弱性を改善することを目的とした。

2. 研究概要

ジャミング抑制手法として PIAA (Power Inversion Adaptive Array) を用いる方法がある。PIAA は電力の大きさに妨害波を識別できるため方向推定が不要であり、他の手法よりも処理を簡略化できる。しかし、アレイの自由度と妨害波数が一致しなければならないという制約があり、実用性向上に課題が残っている。そこで本研究は、その制約のない EBAA¹⁾ (Eigenvector Beamspace Adaptive Array) を利用し、実際に GPS-L1 信号をジャミング波とともに照射し実験的にその耐ジャミング性能を PIAA と比較検討した。

EBAA は、合成ウェイトに相関行列 R_{xx} の固有ベクトルを用いる方法である。図 1 のように K 素子アレイアンテナにおいて、相関行列 R_{xx} の固有値を大きさの降順に並べたときに k 番目となる固有値 λ_k に属する固有ベクトル $\mathbf{e}_k = [e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kK}]^T$ を受信信号 $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_K]^T$ に合成することで得た出力を y_k とする。出力 y_k は最大 K 個存在し、出力信号 $\mathbf{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_K]^T$ として相関行列 R_{yy} を考えると、 R_{yy} は対角成分が各固有値 λ_i である対角行列となり、 $\langle y_i y_i^* \rangle = \lambda_i$, $\langle y_i y_j^* \rangle = 0$ ($i \neq j$) となる。

ここで、波形がそれぞれ u_1, u_2 である所望波および妨害波が入射しているとすると、出力 y_1, y_2 は u_1, u_2 を用いて $y_1 = au_1 + bu_2$, $y_2 = cu_1 + du_2$ と表すことができる。ただし、 u_1, u_2 の大きさは 2 乗平均が 1 となるように規格化されており、 a, b, c, d はその複素振幅を表す。このとき出力 y_1, y_2 の SIR はそれぞれ $\text{SIR}_1 = |a/b|^2$, $\text{SIR}_2 = |c/d|^2$ と表すことができるため、 $\langle y_1 y_2^* \rangle = 0$ より $a^*c = -b^*d$ だから $\text{SIR}_2 = 1/\text{SIR}_1$ となる。よって、 $|b| \gg |a|$ より $\text{SIR}_2 \gg 1$ であるから、出力 y_2 は妨害波を抑圧した出力となる。

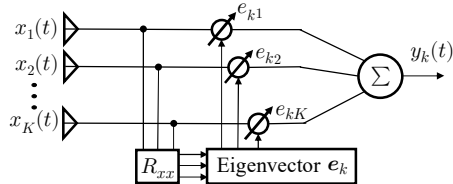


図 1 EBAA の基本構成

3. 実験概要

本実験では、図 2 のように所望波として GPS-L1 信号（仰角 55.9 [deg]，方位角 0 [deg]，信号強度 -81.30 [dBm]，

周波数 1.57542 [GHz]）を、妨害波としてジャミング波（仰角 30.6 [deg]，方位角 180 [deg]，信号強度 -55.35 [dBm]，周波数 1.58 [GHz]）を電波暗室内で照射した。アンテナは図 3 に示す 3 素子を用いた。

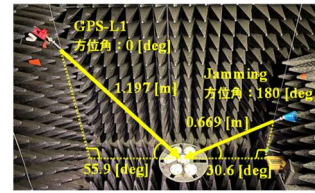


図 2 ジャミング実験

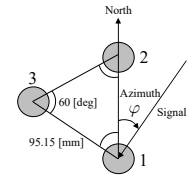


図 3 素子配置

4. 実験結果・考察

PIAA および EBAA で算出した合成ウェイトから予測される指向性パターンは図 4 のようになった。この結果から EBAA は PIAA よりもより深いヌルを生成できていることが予測された。そして、このウェイトを合成した出力データを用いて単独測位を行った結果を、合成前データを用いた 1 素子のみの単独測位結果とともに表 1 に示す。この結果から、EBAA は PIAA よりも耐ジャミング性能が高いことが確認された。また、PIAA は 3 素子の場合に性能が低下したが EBAA は逆に向上した。これは、EBAA はアレイの自由度に妨害波数が一致する必要があるためと考えられる。

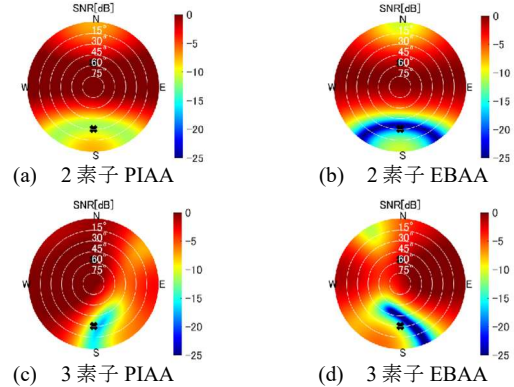


図 4 指向性パターンの予測結果

表 1 RMS 値

方向	1 素子 合成前 [m]	2 素子 PIAA [m]	2 素子 EBAA [m]	3 素子 PIAA [m]	3 素子 EBAA [m]
E-W	7.4	5.3	4.6	7.5	4.0
N-S	10.2	7.2	5.5	9.6	4.4
U-D	23.8	18.7	12.6	20.2	11.6

参考文献

- 1) 畑中芳隆，唐沢好男．“突発的に発生する強い干渉波に耐性を有するソフトウェアアンテナ—アレイアンテナ相関行列第 2 固有値のパワーインバージョン特性を利用した—”．電子情報通信学会論文誌．2002 年 7 月，Vol. J85-B，No.7，pp. 1086-1094