

GNSS 信号放射用クロス八木アンテナの試作

Trial production of the cross-yagi antenna for GNSS signal transmission

小林海斗 久保信明
Kaito Kobayashi Nobuaki Kubo
東京海洋大学

Tokyo University of Marine Science and Technology

1. 背景

近年 GNSS 利用の意図的な妨害であるスプーフィングやジャミングのリスクが危惧されており、その対策研究も盛んである。スプーフィング対策の研究を行うためには攻撃者を模したスプーフィングの試験も必要であり、今回は長距離のスプーフィング試験で用いるための高利得の指向性アンテナをクロス八木アンテナで試作した。また試作したアンテナを受信に用いて指向性アンテナによるスプーフィング対策の実験も実施した。

2. アンテナのデザイン

GNSS の送受信ができる表 1 に示す性能のクロス八木アンテナを試作した。八木アンテナは通常直線偏波アンテナであるが、水平偏波のエレメントと垂直偏波のエレメントを位相をずらして組み合わせることで円偏波を扱えるクロス八木アンテナとなる。

アンテナのデザインにはフリーのアンテナシミュレーションソフト MMANA を主に使用した。

表 1. アンテナ仕様

中心周波数	1575.42MHz (GNSS L1帯)
偏波面	右円偏波(RHCP)
アンテナ利得	11.4dBi
VSWR(電圧定在波比)	1.41
ビーム幅	±20度
実験用なのでできるだけ安価に	

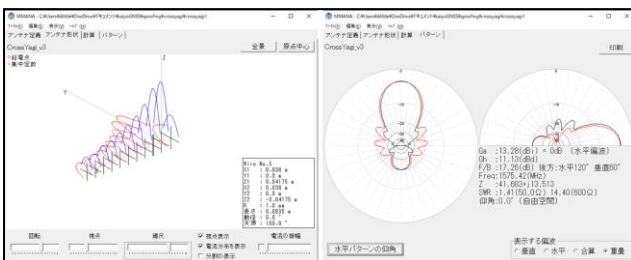


図 1. アンテナの設計とシミュレーションの画面

3. 送信実験

屋内の送信で試作アンテナの性能を確認した。信号ソースには GPS と QZSS のスプーファを使用し、送信アンテナを GPS source GNSS-3P パッチアンテナとクロス八木アンテナの 2 つで比較を行った。GNSS 受信機には Septentrio AsteRx m2 を使用した。受信機の C/No はクロス八木アンテナを用いた場合、アンテナ利得 3.2dBi の GNSS-3P アンテナにくらべて 6dB ほど上昇し、指向性をもたせることによる利得向上が確認できた。

また、屋外におけるスプーフィング実験も行った。この実験ではスプーフィング出力を免許不要の微弱電波(-70dBm)に設定した際に GNSS-3P アンテナのスプーフィング限界となる 7m の距離からスプーフィングを行った。この試験では GNSS-3P アンテナではスプーフィングできなかったが、クロス八木アンテナに交換したところ受信アンテナまで強度が維持されたスプーフィング信号が到達しスプーフィングに成功した。

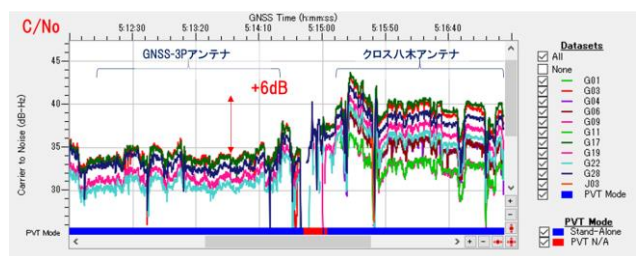


図 2. 屋内試験におけるスプーフィング信号の受信 C/No

4. 受信実験

試作アンテナを受信アンテナとして使用するスプーフィング対策の実験も実施した。通常の GNSS アンテナではスプーフィング信号が本物の信号よりも強い信号強度で侵入しこれを追尾・測位利用してしまうが、対策手法は指向性アンテナを天頂方向に向けることで低仰角から飛来するスプーフィング信号を減衰させる。受信機の C/No マスクと組み合わせてスプーフィング信号を測位計算から除外する。

スプーフィング前は天頂方向の衛星を C/No40dB ほどで受信したため C/No マスクを 35dB に設定しスプーフィングしたところ、天頂方向の 3 衛星は継続して本物の信号を追尾できた。しかし、35dB を超えて侵入するスプーフィング信号も存在し、完全にスプーフィング信号を排除することはできなかった。これを解決するためにはアンテナの受信感度をさらに上げ、同時に横方向からの信号を減衰させる必要があることがわかった。

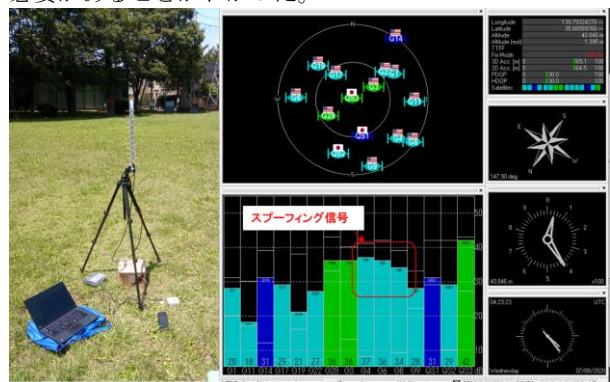


図 3. 横からスプーフィングを行った様子