

アレーアンテナを用いた GNSS 測位精度の向上に向けた Mutual Coupling 低減手法の検討

Mutual Coupling Reduction to improve the Accuracy of Positioning and Navigation Using Antenna Arrays

瀬間 晶徳
Akiho Sema

辻井 利昭
Toshiaki Tsujii

大阪公立大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University

1. 研究背景

重要な社会の基盤技術である GNSS 測位は様々な要因で誤差を生み、測位精度の劣化を招く。本研究ではマルチパス誤差やスプーフィングなどの不要信号に対し、アレーアンテナの指向性を用いて不要波を抑制、また所望信号に対してビームフォーミングを行うことで測位精度の向上を目指す。しかし、アレーアンテナのような複数構成の素子間では Mutual Coupling が生じ、アレー性能を低下させる可能性がある。今回は吸収体を素子間に挿入することで Mutual Coupling を低減させ、ハードウェアバイアスを正しく較正する手法を検討し、評価した。

2. Mutual Coupling の概要

Mutual Coupling とはアンテナ素子間の電磁的な相互作用のことで、それによりビームフォーミングやヌル性能の低下などを招く。

3. DCMP(Directionally Constrained Minimization of Power : 方向拘束付き出力電力最小化法)

基本原理はウェイトに関する拘束条件の下で出力電力を最小化することである。入力信号を $\mathbf{X}(t)$ とすると相関行列 R_{xx} は

$$R_{xx} = E[\mathbf{X}(t)\mathbf{X}^H(t)] \quad (1)$$

となり、最適ウェイト \mathbf{W}_{opt} は

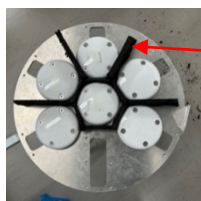
$$\mathbf{W}_{opt} = R_{xx}^{-1} \mathbf{C}(\mathbf{C}^H R_{xx}^{-1} \mathbf{C})^{-1} \mathbf{H}^* \quad (2)$$

となる。このとき、 \mathbf{C} は拘束行列、 \mathbf{H} は拘束応答ベクトルである。また、アダプティブアレーの所望波に対するアレー応答値を D とすると、

$$D = \mathbf{W}_{opt}^H \mathbf{V} = \mathbf{V}^T \mathbf{W}_{opt}^* \quad (3)$$

となる。到来方向を変化させることで $|D|$ をプロットしたものがアンテナパターンである。

4. 実験概要



電波吸収体

Fig. 1 Antenna array with absorber

本研究では電波暗室に使用されている電波吸収体をアレーアンテナ素子間に挿入した場合としていない場合でハードウェアバイアスを較正し、DCMP アルゴリズムにより GPS20 番衛星(方位角 5° 、仰角 65° と仮定)へのビームフォーミングを行ったアンテナの指向性パターンを求めた。ま

た、ハードウェアバイアスなしと仮定し、同様にビームフォーミングを行うよう計算した受信予想アンテナパターンとそれぞれ比較した。Fig. 1 に電波吸収体を挿入した様子を示す。6月13日17時13分6秒からの30[s]吸収体を挿入した場合で測位を行い、7月6日15時45分6秒からの30[s]吸収体を挿入していない場合で測位を行った。

5. 解析結果



Fig. 2 Satellite Constellation (6/13)

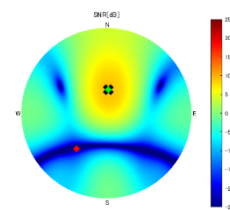


Fig. 3 ideal antenna pattern

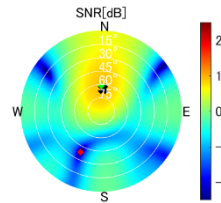
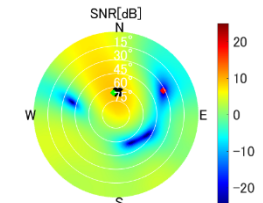


Fig. 4 (a) with absorber



(b) without absorber

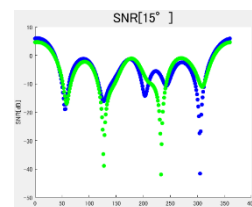
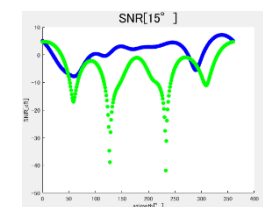


Fig. 5 (a) with absorber



(b) without absorber

Fig. 2 に 2023 年 6 月 13 日 17 時 13 分の衛星配置、Fig. 3 にハードウェアバイアスがないと仮定した受信予想アンテナパターン、Fig. 4(a)に吸収体を挿入している場合のアンテナパターン、(b)に吸収体を挿入していない場合のアンテナパターンを示す。また、Fig. 5(a)(b)にそれぞれ仰角 15° の場合の方位角と SNR のグラフを示す。青線が測定値、緑線が受信理想値である。吸収体を挿入している場合の方がより急峻なヌルを形成できており、得られたハードウェアバイアスの値が真値に近いものと考えられる。

6. 今後の課題

今回の結果から拘束点の数を増やし、不要波を想定したアンテナパターンを理想的な受信電力予想図に近づけることを検討する。また、その測位結果を検討する。