

# マルチパス誤差改善のためのアレーアンテナを用いた

## 衛星信号到来方向推定

Direction-of-arrival Estimation of Satellite Signals Using Array Antenna for Multipath Error Improvement

永渕 大  
Dai Nagafuchi

浪江 宏宗  
Hiromune Namie

防衛省 防衛大学校 電気電子工学科

The Department of Electrical and Electronic Engineering, The National Defense Academy, The Ministry of Defense

### 1. まえがき

GNSS 測位の主要な誤差要因として、マルチパスがある。本研究は、マルチパス誤差改善の前段階として、アレーアンテナで観測したデータを用い、MUSIC (Multiple Signal Classification) 法により、衛星信号の到来方向を推定しようとするものである。従来、アレーアンテナの処理に用いる受信機は、IF (中間周波) 信号を高速でデジタル化した結果を出力できるなど、特殊なものであった。これに対して、本研究では、汎用の受信機が出力する搬送波位相観測データをを用いることとした。

### 2. MUSIC 法を用いた衛星信号到来方向推定

MUSIC 法による衛星信号到来方向推定は、始めに、複数のアンテナの、受信信号相互間の相関を求める。 $K$  個のアンテナ素子の、時刻  $t$  における信号入力ベクトルを  $X(t)$  とすると、

$$X(t) = \sum_{l=1}^L F_l(t) a(\theta_l) + N(t) = AF(t) + N(t) \quad (1)$$

$$A = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_L)] \quad (2)$$

となる。ここで  $L$  は衛星数 (信号源数)、 $F(t)$  は到来信号波形、 $N(t)$  はノイズ、 $A$  は衛星の視線方向行列を表す。これをもとに、信号の相関行列  $R_{xx}$  は、

$$R_{xx} = E[X(t)X^H(t)] \quad (3)$$

で得ることができる。相関行列には信号到来方向の情報が含まれているため、これをもとに、衛星の視線方向 (仰角・方位角) を推定することもできる。しかし、MUSIC 法では、到来信号と考えられる成分を、相関行列中から除いた結果と、搬送波位相観測データを乗算し、その結果の逆数が最大となる視線方向を、信号の到来方向とするものである (以下「MUSIC 処理」とする)。

### 3. 実験概要及び結果

実験を行う上で、以下のプログラムを用意した。

- ・計算によって、模擬的に 7 個のアンテナ素子分の搬送波位相データを作成するプログラム
  - ・搬送波位相データを用い、MUSIC 処理を行うプログラム
- この 2 つのプログラムを使用して、求めた位相データを MUSIC 処理することで、複数の衛星信号の到来方向が推定できることが確認できた。

サンプル プログラムによる実験結果を示す。使用したサンプル プログラムは、2 機の衛星 (信号源) 1、2 から放射した電波を、基準アンテナとアンテナ 1 の、2 個のアンテナ素子を使用して受信する。信号源それぞれの位置を、信号源 1 [仰角  $20^\circ$ 、方位角  $100^\circ$ ]、信号源 2 [仰角  $60^\circ$ 、方位角  $200^\circ$ ] とした。信号の出力は同レベルとした。

図 1 は、MUSIC 処理を用いた各信号源に対する受信信号強度の視線方向分布を示しており、信号源 2 より低仰角に位置する信号源 1 は、2 に比べて受信強度が低く、低仰角方向にかけてレベルが分布していることが分かる。この結果から、低仰角の信号源は、到来方向推定の精度が低いことが分かる。

### 4. 今後の展望

現段階で、搬送波位相データの模擬データを用いて、MUSIC 処理により、信号到来方向が推定可能であることが確認できた。今後は、模擬データではなく、7 個のアンテナ素子による実衛星信号の受信結果を用いて、推定を行う予定である。

実験に使用予定の受信機 (MA-GNSS) は、独立した 6 台の L1/L2 2 周波受信機が組込まれている (図 2、3)。受信機間でのハードウェアによる位相同期は取られていないが、図 2~4 から分かるように、全ての受信機で、基準アンテナ ANT1 の信号を受信できる (各受信機は 2 個のアンテナ素子からの入力を有す) ため、クロックが同期した受信機として、観測データを計算により求めることが可能であると考える。まずは、この処理ソフトウェアを準備し、実衛星の信号による MUSIC 処理を行う計画である。

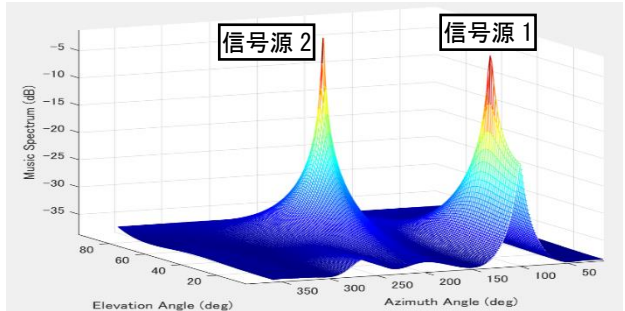


図 1 MUSIC 処理による信号強度の視線方向分布



図 2 MA-GNSS 受信機



図 4 MA-GNSS 用アレーアンテナ

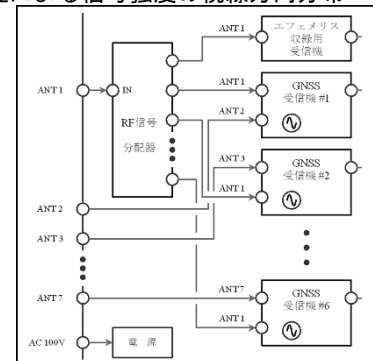


図 3 MA-GNSS 受信機の構成

### 参考文献

- (1) 菊間信夫：次世代移動通信のカギを握る—移動体通信用アダクティブアンテナの解析と設計技術