

MUSIC 法によるマルチパス誤差除去のための衛星信号到来方向推定 Satellite Signal Direction of Arrival Estimation for Multipath Error Removal Using MUSIC Method

藤田 剛光
Takemitsu Fujita

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、アレーアンテナと、マルチ受信機システム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られる受信機は、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、初めに複数のアンテナの受信信号相互間の相関を求める。ここでは、図 1 のアレーアンテナの中心と、その周囲の 1 つの、計 2 アンテナで取得したデータを基に、アレーアンテナを構成する他の 5 アンテナ素子の配置の関係で発生する位相差を組込んで、全 7 アンテナで取得する模擬の搬送波位相データを作成し、解析する。MUSIC 法では、受信した搬送波位相データから、信号成分が含まれていないデータだけを抜き取る処理をし、各アンテナの受信パターンを描き出す。結果として、信号が含まれていた部分は、データが欠落するため、鋭いヌル (落ち込み点) が形成される。これを反転することで、鋭いピークが現れ、より正確な方向推定ができる。

過去の実験より、MUSIC 処理で到来方向推定を行い、仰角が極めて低い、または高い時を除いて、正しく到来方向推定が可能であることが判った。2 つの衛星間では、仰角が 10° 以下に近接している場合でも、方位角が少なくとも約 44° 以上離れている場合では、正確に到来方向推定が可能であることが判った。また、2 衛星の仰角が接近していることによる差異が現れ、マルチパスが検知され、複数のピークが出現した場合であっても、エフェメリスデータから算出する、衛星の正しい方位角を参照することで、マルチパス信号の到来方向の判別は可能であると考えられる。

3. 実験概要

- 実験を行う上で、以下のプログラムを開発した。
- ・計算によって、模擬的に 7 つのアンテナ素子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
 - ・搬送波位相データ中の、クロック バイアスによる誤差成分を除去するプログラム
 - ・アンテナ ケーブル遅延量を補正するプログラム

次に、神奈川県 横須賀市にある、防衛大学校 理工学 3 号館屋上に設置したアレーアンテナ、及び、マルチ受信機システム MA-GNSS より取得した、エフェメリス データと、搬送波位相データから、模擬データを作成した。

4. 今後の展望

現段階で、GNSS 衛星の信号到来方向の推定を、複数のアンテナで受信した搬送波観測データを用いて行えることが、模擬データの活用により明らかとなった。

MA-GNSS 受信機で受信したデータには、その構成から誤差成分が生じる。基準クロックが受信機毎に異なっているため、クロック バイアスと、データのサンプリング タイミングが、マルチ受信機間で一致せず、観測データに誤差を生じる。また、基準アンテナと各受信機までのケーブル長、及び、受信機内部の遅延時間の差と、各受信機までのケーブル長による遅延は、それぞれ異なっており、また、受信機内での遅延も同一ではない。

実際の受信機のデータを用いるには、受信機ごとに、異なった基準クロックで動作する、複数の受信機から出力される搬送波位相観測データを、あたかも一つの基準クロックのもとに、動作している受信機から得られた出力データであるかのように、観測データを補正する必要がある。そこで、観測データの補正処理のアルゴリズムを立案し、これを実際の観測データに適用し、その結果を MUSIC アルゴリズムによって処理することによって、信号到来方向の推定を行っていく予定である。



図 1 アレーアンテナ



図 2 マルチ受信機システム MA-GNSS

参考文献 (1) 永瀬、浪江「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」測位航法学会 GPS/GNSS シンポジウム 2023 テキスト、PS-09、p.214 (2023)