

## 論文の内容の要旨

論文題目      GPS 測位におけるマルチパス誤差の低減化と  
高精度測位の可能性について

氏 名      久 保 信 明

GPS を中心にして利用されている衛星測位システムは、2010 年度あたりを目標にした近代化により、現在大きく変化しようとしている。世界的な変更点としては 2 点あり、欧州を中心に打ち上げ予定のガリレオ衛星の出現と第 3 周波数の追加である。また日本国内に目を向けると、GPS と同様の機能を持つ準天頂衛星 (Quasi Zenith Satellite System) の開発が進行している。これらの近代化により、衛星測位システムのサービス対象分野は、拡大することが予想される。特に、航空、農業、船舶そして自動車の分野において、精度と利便性が伴うほど、その利用頻度は高まるであろう。また携帯電話においても、緊急時の通報等において、自身の位置を知らせることが必要になることが予想され、そのときに衛星測位システムは、位置特定のための 1 つの選択肢となる。約 20 年前に初めてグローバルに開発された GPS を中心とする衛星測位システムは、その中身と利用分野ともに、大きく変化し、さらなる発展を試みている状況である。

上記の流れを踏まえて、現在の衛星測位システムによる測位精度と利便性に目を向けると、上空の視界が十分に開けた場所であれば、世界中で精度と利便性ともに満足のいくサービスを受けることが可能であるが、上空の視界が十分に確保できない場所では、そのサービスは状況に応じて著しく低下することが知られている。サービスが低下する主な原因は 2 つ存在する。1 つは、衛星の

可視率の低下である。単独測位を行うには、最低 4 個の可視衛星が必要であり、4 個未満になると、数十mの精度を単独で達成することは困難である。多くの都市部で、主要幹線道路においても、可視衛星数が 4 個未満になる状況は頻繁に見受けられる。2 つ目は、マルチパスによる測位誤差の増加である。現在、最高性能の GPS 受信機を用いても、遅延距離の短い (30m 未満程度) マルチパス波に対して、擬似距離に対するマルチパス誤差の影響を 1 - 2m 程度に抑制することは困難であり、状況によっては、5m から 10m 程度に達することがしばしばある。ゆえに、擬似距離 (コード) をベースにした DGPS 測位において、その精度はアンテナ周囲の環境に応じて大きく変化するものである。搬送波位相をベースにした数 cm で位置を特定する高精度測位においても同様である。

本研究では、サービス低下の主な原因となっているコードのマルチパス誤差の低減化を図ることを第 1 の目標とした。さらに、マルチパス誤差を低減し、近代化による恩恵を受けた場合に、どの程度測位サービスが向上するかのシミュレーションも行った。近代化による恩恵は、QZSS の追加と第 3 周波数の追加を考慮した。

コードのマルチパス誤差を低減化する手法を説明する前に、GPS による測定値と位置計算手法の概観を説明し、マルチパス誤差の発生メカニズムや現在広く使用されているマルチパス誤差低減技術についても紹介した。本研究で提案したマルチパス誤差低減技術は、受信機内部で生成される相関波形を直接利用したものである。相関波形を用いた最尤推定法によるマルチパス誤差の低減は、すでにシミュレーションでは実施されているが、生のデータを用いた評価はほとんどなされていない状態である。唯一、最尤推定を用いた手法で市販されている受信機の性能は、最新の GPS 受信機と比較すると、それと同等かやや劣る性能ではあることが確認されている。提案した手法では、相関波形の情報を最大限に利用して、最尤推定法の初期値をできるだけ正解に近い値で開始することが可能となった。それにより、現在最もマルチパス誤差を低減している GPS 受信機と比較すると、遅延距離の短い領域においても、約 30% 程度のマルチパス誤差の低減化を実現することができた。

GPS 近代化による測位サービス向上のシミュレーションは、搬送波位相測位をベースにしたアルゴリズムを用いて行った。現在、QZSS の信号や第 3 周波数の信号を生で取得することができないので、擬似距離と搬送波位相のノイズと誤差を生成するソフトを開発し、そのデータを生データとして利用することにより、精密測位サービスの解析を行った。生データを生成する際に、精密測

位サービスに最も影響を与える要因となる、衛星の可視率とマルチパス誤差の生成をできるだけ実データに近づくように工夫した。シミュレーションの妥当性をチェックするために、現存の L1 と L2 の周波数を利用した場合について、マルチパスの強い環境の生データとシミュレーションで生成した生データを用いて、その測位結果の比較を行った。その結果、測位精度に大きな差はみられないことを確認することができた。実際の都市部を想定した精密測位サービスの評価では、QZSS と第 3 周波数の追加により、大幅にサービスが向上することを確認することができた。さらに、本研究で提案したマルチパス誤差低減技術を利用した場合に、さらにサービスが向上することを確認することができた。

本研究により、( 1 ) マルチパス誤差を現在の最高性能の受信機よりもさらに低減することが可能であることを、シミュレーションだけでなく実データを用いて示すことができた。低減化の手法において最尤推定法を用いたが、最尤推定における初期値を工夫して算出することにより、実用的なマルチパス誤差低減技術を示すことができた。( 2 ) 精密測位のサービス向上には、衛星の可視率が最も重要であることがわかった。QZSS の追加と第 3 周波数の追加が、いずれも大幅に精密測位サービスを改善することを示すことができた。また、更なるマルチパス誤差の低減も、精密測位サービス向上に寄与していることがわかった。