

本論文は、「Study on Nonlinear Filter Signal Processing for Standalone GPS（非線形フィルタを用いた単独 GPS 信号処理に関する研究）」と題し、誤差情報を送信するといった設備を要さない単独 GPS による位置推定システムに関して非線形フィルタを用いたもので、従来にない新しい測定モデルを提案し非線形フィルタで位置推定精度の向上、さらに微弱信号を計測するための GPS 受信機を提案し非線形フィルタを適用し位置精度とロバスト性の向上を目指し、理論的な導出とシミュレーション及び実験を行い、その有効性を示したもので、全 6 章からなる。

第 1 章は「序論」であり、単独 GPS における信号処理上の問題点である低精度、衛星数減少によるロバスト性の欠如及び長時間起動を簡潔にまとめ、本論文の目的と構成を示している。

第 2 章は「GPS(グローバル・ポジショニング・システム)」と題し、GPS の原理を詳細に説明し、GPS 受信機の構造を 3 つの部分に分け本研究との関係を明らかにしている。また、単独 GPS を用いた位置推定の原理と過去に行われた位置推定法をまとめている。

第 3 章は「非線形フィルタを用いた単独 GPS 測位」と題し、本研究の主要な部分である非線形フィルタに関して、その導出から実システムへの適用及び実験に関して述べている。

まず、擬似距離およびドップラーシフトを融合し位置推定のための測定モデルを導出している。このモデルを用いて得られた測定値は、それぞれ独立しており互いに補完的な情報を含んでいて、より正確な状態推定が可能となる。また、非白色雑音による誤差をトラッキングすることで位置精度向上を可能としている。本研究では、上記モデルを用いて位置推定のために Unscented Kalman filter(UKF)を適用している。UKF は、拡張カルマンフィルタ(EKF)より正確であり、解析的な微分計算を必要としないといった特徴があり、また、GPS の未知パラメータの学習を行なう EM(Expectation Maximization)/Unscented スムーザをベースとしたパラメータ学習アルゴリズムとともに提案することにより、位置推定精度の向上を実現している。これらのアルゴリズムは実システムに実装され良好な実験結果を得ている。

第 4 章は「GPS 衛星信号処理」と題し、GPS 衛星からの微弱信号に関して、その信号処理に関して現在までの知見とともに述べている。

第 5 章は「微弱信号処理のための GPS 受信機」と題し、悪条件下での信号の受信および正確性をさらに改善するため、微弱信号処理を実現する GPS 受信機について述べている。

本研究で提案する GPS 受信機は、code phase における高速処理および高分解能を保持するためにハードウェア相関器を使用し、信号トラッキングのためのアルゴリズムとしてカルマンフィルタを使用して、トラッキング性能およびロバスト性を改善している。シミュレーション結果により、提案したアプローチが微弱信号トラッキングの性能を改善しロバスト性を向上することを確認している。

第 6 章は「結論」として本研究を総括し、非線形フィルタを用いて単独 GPS での位置推定精度の向上及びロバスト性を向上することによって、その応用範囲が広いことを示し、さらに今後の課題をまとめている。

以上これを要するに、本論文は単独 GPS による位置推定のための非線形フィルタを開発し、非白色雑音としてモデル化される擬似距離誤差とドップラーシフトの融合による測定モデルを提案し、UKF を含む枠組みおよび EM/Unscented スムーザに基づくパラメータ学習を実現し、位置推定実験の結果によりこの方法の正確性およびロバスト性を示した。さらに、GPS 信号トラッキングおよび獲得における微弱信号処理を行うために、新しい構造の GPS 受信機を提案し、微弱信号の処理方法として、非線形フィルタベースのアルゴリズムを実現し、シミュレーション結果により、微弱信号トラッキングの実現性を明らかにしたもので、電気工学及び計測工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。