

[別紙 2]

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 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 年に革新的な進歩を遂げると期待されている。一つは GPS の近代化であり、新たな第 3 周波数の追加はリアルタイムな高精度測位の利用可能性を大きく改善できると言われている。また、欧州を中心に打ち上げ予定のガリレオ衛星は、利用可能な測位衛星の総数を飛躍的に増加させる。さらに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。こうした測位衛星システム群の拡充により、衛星測位の性能は飛躍的に向上する。

しかしながら、こうした測位衛星システムの整備が測位精度や信頼性の向上に直結するのは、上空視界が十分開けている場合であり、大都市部のように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。サービスが低下する主な原因の一つは、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。もう一つは、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非常に困難であり、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高精度測位は位相を利用することから本質的に影響は受けにくいとされているが、計測に際しての初期値推定に疑似距離を利用していることから、高精度計測値を得るまでの時間が大幅にかかるようになるという意味で大きな影響を受ける。

そこで、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を低減化することが非常に重要である。さらにマルチパス誤差の低減が、疑似距離による測位の精度向上のみならず、搬送波測位を利用した高精度測位の性能向上にどのくらい役に立つのかを明らかにすることも重要である。久保氏による提出論文はまさにこうした課題を解決することを目標としている。論文は全部で 9 章からなっている。第 1 章は序論であり研究の背景と目的を述べている。第 2 章は GPS による測定の原理と誤差要因について、特に GPS 衛星を観測して得られる観測値に着目して整理している。第 3 章ではさらに観測値を用いた測位アルゴリズムに焦点をあてている。第 4 章は GPS 信号の反射 (マルチパス) の特性とそれによる疑似距離の誤差の発生プロセスをモデル化している。また搬送位相を用いた高

精度測位への影響についても述べている。第5章はマルチパスが疑似距離の観測に与える悪影響を軽減する既存手法をレビューしている。

第6章はマルチパスによる疑似距離誤差の軽減手法を提案している。軽減手法はまず、マルチパスを特に強く含んだ衛星信号を除去する。その際、信号強度とデルタ疑似距離の変化率を利用する。残された衛星信号にはまったく反射波が含まれていないか、弱い反射が含まれていることになる。しかし弱い反射波でも疑似距離に誤差を生じさせるには十分であり、その影響を軽減することが重要になる。提案手法では反射波の遅れ、位相差、直達波に対する振幅比を推定し、反射波による相関波形の変形とそれによる疑似距離の誤差を推定することで、誤差を含んだ疑似距離の観測値を補正する。反射波の遅れ、位相差、直達波に対する振幅比を推定する際には、強い反射波は一つしかないという前提の下に、観測された相関波形から初期値の推定を行い、その後、最小自乗法を適用してより精密な推定を行う手法とした。さらに誤差の軽減効果を実データにより検証した。

第7章は搬送波位相を利用する高精度測位方法を記述しており、第8章ではその方法を前提にマルチパスの誤差軽減が高精度測位に与える影響を、将来の近代化された衛星測位環境のもとでシミュレーションにより定量的に評価した。第9章は結論である。

マルチパスの軽減手法については、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。しかも唯一、最小自乗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ため、より確実に推定値を得ることができる。しかも実データにより検証され、現在最もマルチパス誤差を低減しているGPS受信機と比較しても、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していることが明らかになった。また、精密測位のシミュレーションについては、実際の都市部を想定した精密測位サービスの評価において、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。

このように、本論文は新しく実用性に富んだ手法を開発し、衛星測位のサービス水準を大きく引き上げることを可能にしており、社会的なインパクトも大きい。

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。