

## 審査の結果の要旨

氏名 播磨 健

宇宙飛行体における位置と軌道の決定は、従来から、加速度計測値を積算していく慣性航法装置 IMU (Inertial Measurement Unit) と、レーダー等の地上局の支援を受ける電波航法装置の組み合わせによって行われることが多かった。しかし、後者は地上局の維持費がかかる上に、有効な空間範囲が制限されるという問題点があった。そこで、宇宙飛行体用の電波航法に、地上局を必要としない GPS (Global Positioning System) 受信機の使用が切望されている。この宇宙飛行体搭載用の GPS 受信機の開発における技術的課題の一つとして、高ダイナミクス、すなわち「高速かつ複雑な運動」への対応が挙げられる。回転運動を行う宇宙飛行体用 GPS 受信機の研究に関しては、主に無指向性アンテナを搭載しやすい小型ロケット用 GPS 受信機の研究開発に限られていた。数 Hz (1 秒間に数回転) の回転運動を行う直径数 m の中型大型ロケットに搭載用の GPS 受信機の技術的課題は、未だ、未解決であった。

本研究では、回転運動を含む高ダイナミクス飛行体搭載用の GPS 受信機を実現するための技術的課題に対して、GPS 測位に必要な搬送波追尾、測距コード追尾及び航法メッセージの復号アルゴリズムを提案したものである。提案する GPS 受信機アルゴリズムの有効性は数値的シミュレーションによる評価で検証している。

本論文は 6 章から構成されている

第 1 章は序論であり、宇宙飛行体へ GPS 受信機を搭載する利点を挙げてから、過去の実例を通して宇宙用 GPS 受信機の研究動向を概説する。その中で更なる高ダイナミクスへの対策の必要性を論じた上で、本研究の目的と構成を述べたものである。

第 2 章では、GPS 受信機に関しての一般事項を紹介している。GPS 測位の原理を説明し、システム構成及び現在使用されている NAVSTAR 衛星とその特性が述べられている。次いで、GPS 受信機が測位するために必要な処理である、信号捕捉、搬送波・測距コードの追尾、航法メッセージの受信、及び実際の時刻・位置・速度の推定アルゴリズムが説明され、高ダイナミクスによる宇宙用 GPS 受信機の精度は、高ダイナミクスの環境下で生じる搬送波と測距コード位相追尾誤差で決まることを述べている。

第 3 章では、宇宙分野での GPS 利用の研究動向と技術的課題が説明されている。ロケットの推力による加速度やジャークが大きい状況では、搬送波の位相追尾は困難であり、搬送波の周波数追尾が行われる。更に、大きな回転運動が存在するロケットの場合、急激に姿勢が変化するので全方位にアンテナ利得を確保する必要があり、複数のアンテナからのダイバ

一シテ受信方式が必要であることが述べられている。

第4章では、回転運動を含む高ダイナミクス下での搬送波周波数と測位コード位相追尾を可能にする提案手法が説明されている。従来の信号合成方法を採用すると、複数のアンテナからの異なるドップラー周波数を持つ信号を合成する必要があり、伝送情報の1ビットよりも短い時間内に各信号の間の位相差を推定する必要があり、現実的ではないことが述べられている。このため、本研究で新たに提案しているアルゴリズムでは、各アンテナからの信号から、搬送波周波数追尾とコード追尾に対しては各々の推定値(discriminator)の結果を、航法メッセージに対してはビット復調結果を求める。そして、それらの結果をアンテナ毎に合成することで、各々、搬送波周波数追尾、コード位相追尾、航法メッセージ復号を行うことを提案している。提案手法の搬送波追尾とコード追尾に関して、シミュレーションにて評価を行なっている。

第5章では、回転運動を含む高ダイナミクス下でのGPS航法メッセージの復調方式と復号方式が提案されている。搬送波は位相追尾ではなく周波数追尾されているため、航法メッセージの復調はDPSK復調であり、かつ、搬送波の周波数追尾精度はこのDPSK復調には不十分であるため、オープンループ動作として周波数の最尤推定を併用する方法が提案されている。周波数推定をする時間間隔の検討、および、飛翔体上での周波数推定に必要な計算量が少ない計算法の提案を行ない、数値シミュレーションにてその効果を確認している。また、航法メッセージの復号に関しては、PSK変調のメッセージをDPSK復調した場合に発生する連続的なエラーに有効な、Periodogram比による準軟判定復号方式を新たに提案している。

第6章は結論であり、本論文をまとめ、研究の成果について総括している。

以上のように、本研究は、従来実現が困難であった、回転を含む高ダイナミクスな運動をする宇宙飛翔体搭載用GPS受信機を実現するため、複数アンテナと接続するGPS受信機の構成、信号追尾方式、復調方式、誤り訂正符号の準軟判定復号方式などを提案し、数値シミュレーションを用いて評価したものであり、電子工学、宇宙工学上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。