

M-25

GPS 信号を用いた小型人工衛星姿勢推定のためのシミュレータ開発

Simulator development for attitude estimation of a miniature satellite using GPS signals

梅山勝大¹, 望月寛²*Katuhiro Umeyama¹, Hiroshi Mochizuki²

Abstract: Remote sensing technologies using miniature satellites has been noted. Here it is important for high accuracy measurement to estimate attitude of miniature satellites. Therefore we proposed attitude estimation method using GPS signals. However since miniature satellites are moving fast, we need to consider the Doppler shift. In this paper, we applied an estimation method using GPS carrier signals, and developed a simulation model using MATLAB/Simulink.

1. はじめに

近年, 小型人工衛星を用いたりリモートセンシングが注目されており, 地震の被害把握や検知など, その応用範囲は多岐にわたる [1][2]. ここで, 実際によりリモートセンシングを行う際は, それが持つアンテナの指向性などを考慮するため, 現在の衛星の姿勢把握及び制御が重要である. 本研究では, 小型人工衛星の姿勢推定を行うために GPS 信号に着目した手法を検討する. ただし, 今回対象とする人工衛星は一辺が数十 cm 程度で, GPS の絶対位置精度に比して小さいことから, GPS の絶対位置を直接利用した手法は困難である. また, 人工衛星は高速で移動していることからドップラーシフトによる影響も考える必要がある. このことを踏まえて, 今回, 二つ以上の GPS 受信器を用いて, その到達時間差を搬送波によって計測することによって, ドップラーシフトの影響を受けない手法について検討した. そして, その評価として科学技術計算ソフトである MATLAB/Simulink を用いたシミュレーションモデルを開発したので報告する.

2. 複数の GPS 受信器を用いた姿勢推定手法の基本
原理

今回は簡単化のために, 2 次元方向での姿勢推定手法について述べる. Fig. 1 に小型人工衛星に二つの GPS 受信器を設置した図を示す. また, Fig. 2 に姿勢推定手法の原理を示す. GPS 衛星は小型人工衛星のはるか上空, 地上約 2 万 km を飛んでいるため, 人工衛星に搭載された二つの GPS 受信器にほぼ平行して GPS 信号が入射される. したがって, 2 つの受信器に入射される信号の位相差を計測することによって, GPS 衛星に対する人工衛星の角度を算出することが可能となる.

次に, 人工衛星と GPS 受信器との距離を L とし, そ

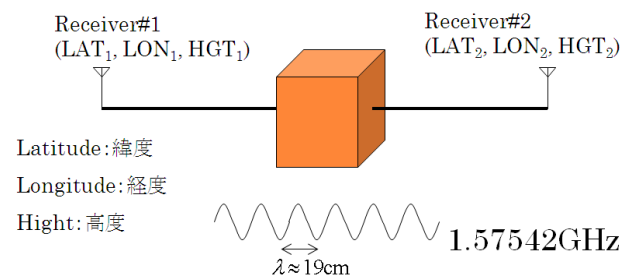


Figure 1. GPS antenna allocation at the miniature satellite.

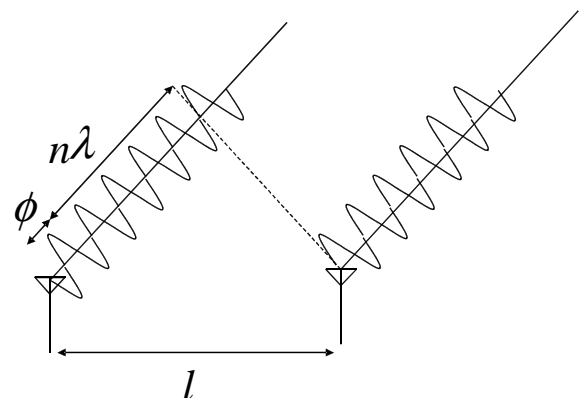


Figure 2. Principle of attitude estimation method.

の長さの変化による角度特性を考察した. 具体的には, 二つ以上の GPS アンテナから単一の GPS 信号を受信したと仮定した時, それらの受信信号の相関 (積) を取ることで, 小型衛星の姿勢角に対する出力特性を算出した. Fig. 3 に L を変化させた時の角度特性を示す. この図より, ゼロ点の数が L に比例し, ゼロ点の検出によって角度分解能の向上する可能性があることを確認した. また, 3 つ目の GPS 受信器を左右非対称に配置することで, ゼロ点の数がユニークに変化することも確認した.

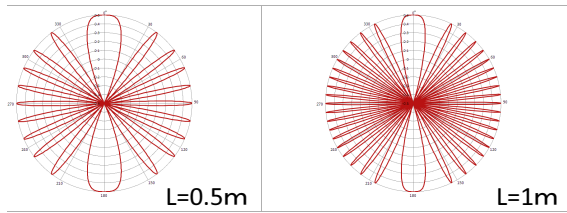


Figure 3. Calculation results.

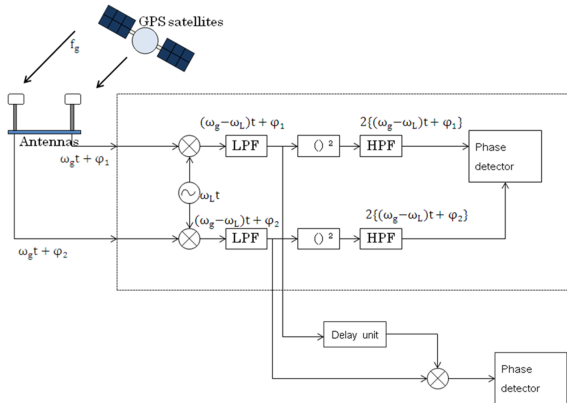


Figure 4. Attitude estimation model of a miniature satellite.

3. 実際の姿勢推定手法の概要とシミュレーションモデルの開発

前節では、複数の GPS 受信器から算出した角度特性について示したが、相関を用いる手法では、信号の直流成分を用いるため耐ノイズの点で不利である。また、GPS の搬送周波数である GHz オーダで小型人工衛星の姿勢推定を行う必要がないことより、Fig. 4 のような姿勢推定モデルを検討した。このモデルの特徴は下記の通りである。

- ローカル発振器で周波数を低くした信号に対して位相検出を行う。
- アンテナ受信波を二乗することにより、PN 符号及び信号成分を除去する。
- 波長差の計測については二つ以上の GPS 受信信号の中から、PN 符号位相差を検出することで実現する。

次に、Fig. 4 を評価するために MATLAB/Simulink によるシミュレーションモデルを開発した。開発したシミュレーションモデルを Fig. 5 に、また、その出力波形例を Fig. 6 に示す。このシミュレーションモデルによって、ローカル発振器により周波数を低くした二つの GPS 受信信号の位相差 ϕ が保持され、出力として得られていることを確認した。本手法の適用により、

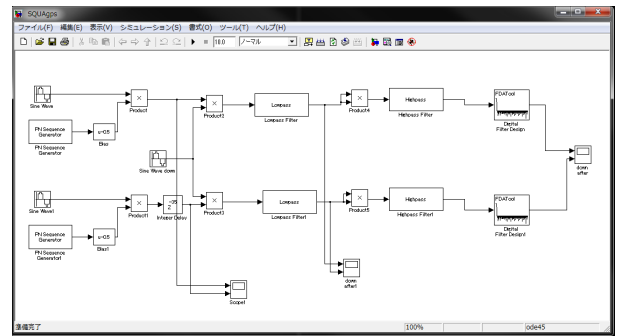


Figure 5. Simulation model using MATLAB/Simulink.

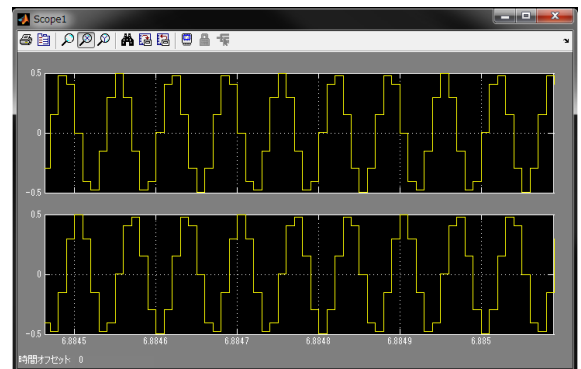


Figure 6. An example of simulation results.

従来のドップラーシフトの影響を受けないという特徴に加えて、信号の直流成分を用いずに直接位相差を検出できることから耐ノイズ性でも有利である。

4. まとめと今後の課題

今回、人工小型衛星の姿勢推定手法として複数の GPS 受信器を用いて、その搬送波に着目したモデルについて検討を行い、その性能評価を行うために MATLAB/Simulink を用いたシミュレーションモデルを開発した。今後、シミュレーションモデルの精緻化を行うとともに、FPGA などのデバイスへの実装、さらに本手法の三次元推定への応用についても検討を行う予定である。なお、本研究の一部は、理工学部シンボリック・プロジェクト（宇宙利用システム）の援助により行われた。

参考文献

- [1] 三浦弘之 他: 人工衛星リモートセンシングから見た 2006 年ジャワ島中部地震の被害; 第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.92-95 (2006).
- [2] 加藤淳 他: 浸水させた岩石を破壊した時の電波放射現象の検討; 2012 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-1-6 (2012).