

GPS 衛星軌道及び時計準リアルタイム推定アルゴリズムの開発及びその評価

Development and evaluation of GPS satellite orbit and clock near-realtime estimation algorithm

高須 知二[1]; 笠井 晶二[2]

Tomoji Takasu[1]; Shoji Kasai[2]

[1] なし; [2] 笠井デザインオフィス

[1] none; [2] Kasai Design Office

GPS を使ったリアルタイム精密測位のためには即時利用可能な衛星軌道及び時計推定値の高精度化が重要である。現在即時利用できる高精度衛星軌道及び時計としては IGS (International GPS Service) Ultra-Rapid プロダクトがあるが提供されるまで半日程度の時間遅れがあり時間分解能及び精度の面でも利用するに当たって制限がある。以上の背景により GPS の衛星軌道及び時計を準リアルタイムで高精度に推定するアルゴリズムを開発した。

本アルゴリズムにおいては、ゼロ差の電離層フリー搬送波位相を基本観測量とし、拡張カルマンフィルタ (EKF) を用いて衛星軌道及び時計を推定する。観測点の対流圏遅延 (全天頂遅延及び水平傾度) 及び受信機時計も同時にパラメータとして推定する。オプションとして地球回転パラメータを推定することも可能である。搬送波位相バイアスについては float 解として推定し、サイクルスリップを検出した場合はバイアスの再初期化を行なう。またフィルタを繰り返し適用することによりモデルの非線形性を補正し精度を向上させるための backward filter 及び iterated filter 機能を有する。

観測モデルとしては以下の各種補正を行っている：衛星アンテナ位相中心オフセット、受信アンテナ位相中心オフセット・変動、相対論効果、phase-windup 効果、地球潮汐による観測点位置変動、地球回転パラメータ sub-daily 変動。衛星運動モデルとしては地球重力ポテンシャル (JGM3)、月及び太陽重力 (質点) 及び太陽輻射圧による摂動を考慮している。標準では太陽輻射圧モデルとして CODE モデルを使用し 6 パラメータを推定する。その他、品質管理のため、残差による outlier データの検出及び破棄、平均残差及び outlier 率による衛星、観測点の除外・再推定機能を付加している。

以上のアルゴリズムを Matlab プログラムとして実装し推定精度及び性能の評価を行った。

IGS の世界 36 観測点の観測データを使用し衛星軌道及び時計を推定した。衛星軌道及び時計バイアスの初期値としては放送暦を使用し、観測点位置については ITRF2000 (IGS00) に固定した。その結果、IGS 推定値 (Final) と比較した衛星位置及び衛星時計バイアスの RMS 誤差は、9 cm (3D) 及び 0.2 nsec 以下であった。また同時推定した対流圏天頂全遅延及び受信機時計バイアスの RMS 誤差はそれぞれ 6 mm、0.2 nsec 以下であった。