

マルチ GNSS に対応した RINEX 前処理ソフトウェアの開発 Development of a software for multi-GNSS RINEX data pre-processing

#川元智司¹

1: 国土地理院

Satoshi Kawamoto¹

1: Geospatial Information Authority of Japan

はじめに

近年, これまで広く用いられてきたGPSに加えて, QZSS, GLONASS, BeiDou, Galileo, IRNSSと複数の衛星測位システムの整備が進み, マルチGNSSを用いた測位が可能となった. このような状況を受け, IGSにおいても, Multi-GNSS Experiment (MGEX) pilot projectにおいてマルチGNSSに対応した精密暦の提供を開始した他, 本格的なマルチGNSSデータの保存に対応したRINEX 3.02形式もリリースされるなど, マルチGNSSデータの普及が進んでいる.

このように今後広く普及していくことが予想されるマルチGNSSデータであるが, データを取得した受信機によって受信機時計誤差の扱いが異なっていることや, サイクルスリップが含まれていることから, GNSSデータを保存したRINEXファイルからはこれらの影響を取り除くなどの前処理を行うことが一般的である. すでにRINEXファイルの前処理ツールには多くのソフトウェアが存在しており, 標準的なものとして, RINEXファイル中のクロックジャンプ補正を行うclockprep, RINEXやその他の形式のデータの結合, 形式変換, サイクルスリップ編集などを行うteqc, gpstkが広く利用されている. ところが, これらのソフトウェアはマルチGNSSデータ又はRINEX3.02形式に対応しておらず, マルチGNSSデータが十分に活用できていないのが現状である. そこで今回, マルチGNSS及びRINEX3.02形式にも対応したRINEX前処理ソフトウェアの開発を行ったので, その概要を報告する.

方法

多くの受信機は, 内部時計がGPS時刻とずれるのを防ぐため, その誤差が1ミリ秒を越える毎にタイムタグに1ミリ秒ずつ加算する等の処理を行っている. クロックジャンプは, これが一定のタイミングで正秒へとリセットされる受信機において発生する. この際, 受信機時計誤差のリセット分だけ疑似距離がシフトされるため, これを滑らかにつなぐよう, まず疑似距離に0.5ミリ秒に相当する以上の飛びが生じている箇所を抽出して1ミリ秒単位に丸めて補正し, 次にタイムタグの1ミリ秒単位の時計誤差が積算値となるように修正を行った. ここで, Trimble 4000SSIシリーズの受信機ではクロックジャンプ時に搬送波位相値が連続となっているのに対し, TOPCON NETG3受信機では搬送波位相値にも飛びが反映されるなど, 受信機種によって挙動が異なる. そのため, コード疑似距離のみに飛びがあり, 搬送波位相値に飛びが無い場合はコード疑似距離のみ補正することとした. また, クロックジャンプをサイクルスリップと区別するため, 一つの衛星データのみに飛びが発生した場合は, サイクルスリップであると判定することとした.

サイクルスリップの検出方法には, 主に, 搬送波位相値の多重差分, 幾何フリー (GF) 線形結合, Melbourne Wubbena (MW) 線形結合の飛び値検出が用いられる. だが, 現在広く利用される30秒間隔

のデータでは搬送波位相値の数サイクル分の飛びの検出は難しい。また、MW線形結合はコード疑似距離を使用するため、特に低仰角の衛星データにおいて誤検知率が高くなる。そこで、本ソフトウェアでは、基本はGF線形結合の飛び値10cmを閾値として検出することとし、MW線形結合での検出をオプションとした。また、サイクルスリップ修正は、飛び値が小さな場合はMW線形結合のバラツキの範囲内に収まるようGF線形結合飛び値と整合するようなL1, L2搬送波位相整数値の組み合わせをグリッドサーチで探索して行い、飛び値が大きな場合は、GF線形結合及びMW線形結合両者の飛び値を用いて最小二乗法で推定して行うこととした。

ソフトウェアの概要

ソフトウェアは、python 3.4を用い、外部モジュールとして、numpy, scipy, pandas, matplotlibを利用した。現状ではCUIでの操作のみであるが、IPython等の実行環境を使用してAPIを呼び出すことにより容易にデータを可視化することができる(図1)。ソフトウェアには、クロックジャンプ補正、サイクルスリップ修正を行う機能の他、電離層遅延量監視への利用のため、衛星軌道データを読み込み、衛星視線方向のTEC値(STEC)変化量を出力する機能も加えた。対応している衛星系は、GPS, QZSS, GLONASS, BeiDou, Galileoである。

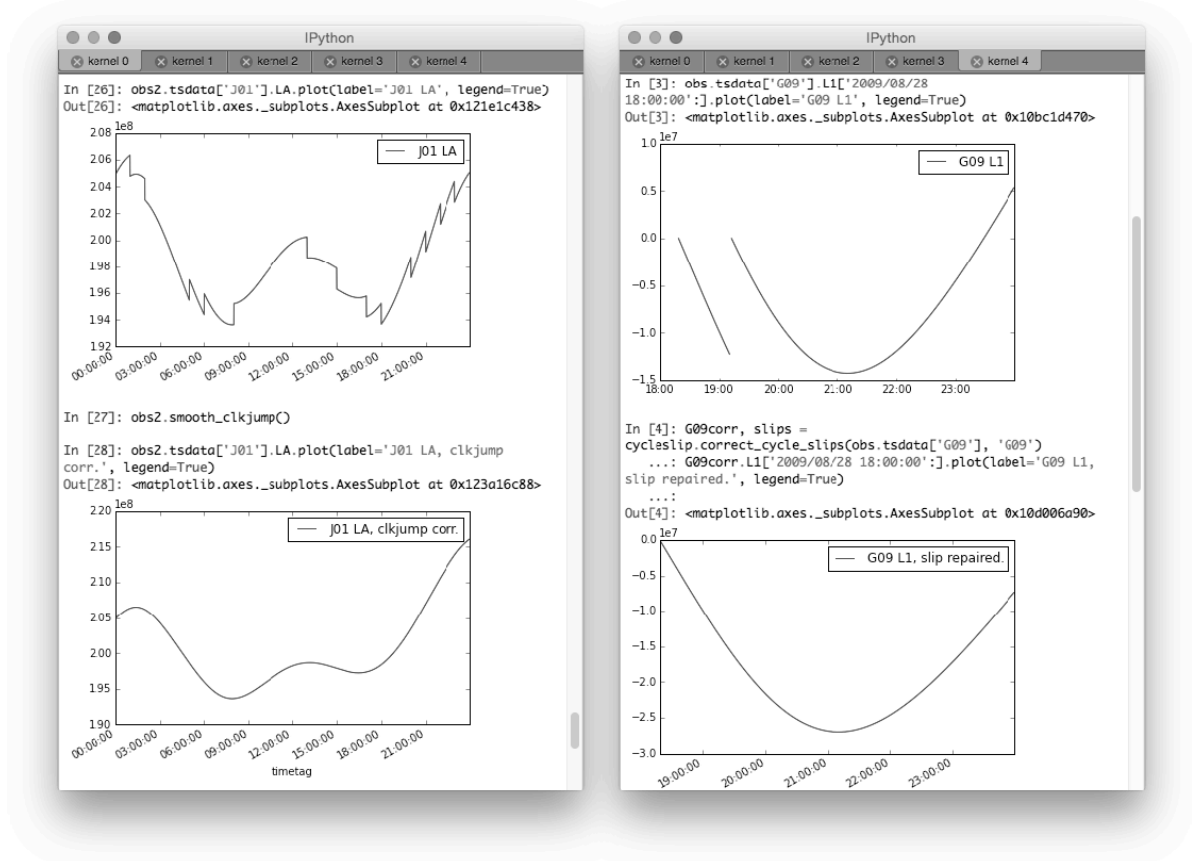


図 1: 本ソフトウェアを IPython シェル上で実行し、GNSS データを可視化した様子。クロックジャンプ補正を行ったところ (左図) と、サイクルスリップ修正を行ったところ (右図)。