

ソフトウェア GNSS 受信機における擬似距離の算出方法について

Calculation method of Pseudo-range in Software GNSS Receiver

長岡賢吾 久保信明 小林海斗
Kengo Nagaoka Nobuaki Kubo Kaito Kobayashi

東京海洋大学
Tokyo University of Marine Science and Technology

1. はじめに

ソフトウェア受信機による測位計算は、アンテナから衛星信号を受信し AD 変換を行うフロントエンドと信号処理や測位演算を行うソフト部により行われる。安価なフロントエンドとして利用しやすい RTL-SDR はサンプリング周波数が約 2MHz と低く設定されており、測位精度も高いサンプリング周波数のものと比較して芳しくない。

本稿では、ソフトウェア GNSS 受信機における擬似距離の算出方法に着目し、上述の RTL-SDR で測位精度を向上させる方法について検討した。

2. 擬似距離の算出方法

擬似距離の算出にあたって航法メッセージの先頭のプリアンブルを見つけ、航法メッセージをデコードする。衛星の時刻が刻印されており（基準となる衛星を決める）、おおよそ 70ms 前後（GPS）で受信機側に到達する。受信時刻（どのタイミングでとるかは自由）を GPS 時刻の整数秒に近づける場合は、時々刻々見ている整数時刻から約 70ms 程度前の同一タイミングで各衛星の擬似距離等を推定することになる（搬送波位相とドップラ周波数も同一タイミングで推定）。一度測位演算を行うと自身のクロック誤差も判明し 1ms 未満の精度もわかる。各衛星の擬似距離は、以下のように算出する。

- ①ms 分オーダーの差分（先頭の衛星からの遅れ量 ms）
- ②1ms 以内の相関ピークの場合（何個目/サンプリング数）
- ③相関をとっている段階での 1023 チップ目の余り量

3. 実験概要

個人用 PC に RTL-SDR を USB 接続し IF データを取得する。取得したデータをもとにソフトウェア GNSS 受信機で測位計算を行い、通常の単独測位の測位結果を以下の 3 つのパラメータを変更し比較した。初期設定は、コードノイズ帯域幅は 2Hz（PLL は 20Hz で固定）でコード追尾の積分時間は 1ms とした。

- ①コードノイズ帯域幅の変更→0.5Hz
- ②コード追尾部の積分時間の変更→10ms
- ③キャリアスムージング→5Hz で 10 回（2 秒）



図 1 データ取得の様子

4. 実験結果

2022 年 5 月 26 日、東京海洋大学第 4 実験棟の屋上アンテナを使用し RTL-SDR により 10 分程度データを取得した。通常の単独測位の測位結果と①～③でパラメータを変更した結果を以下にまとめた。基準座標は東京海洋大学第 4 実験棟の屋上としている。

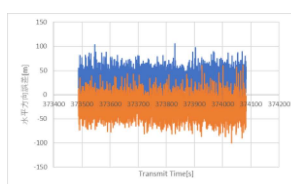


図 2 初期設定の測位結果

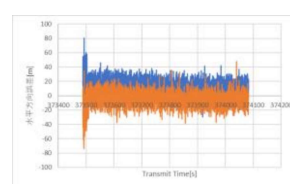


図 3 ①の測位結果

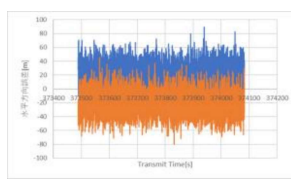


図 4 ②の測位結果

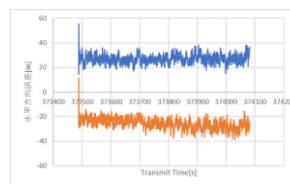


図 5 ③の測位結果

図 2 と図 3 を比較し図 3 では測位精度が向上していることがわかった。また図 2 と図 4 を比較したが測位精度の向上はみられなかった。最後に図 2 と図 5 を比較し図 5 でノイズが除去されている様子がわかった。また図 3 は時刻が経つにつれて測位精度が高い結果となった。以上の結果から RTL-SDR の測位精度に関係するパラメータは①と③が大きいと考えられ、双方を考慮すると、2～3m の標準偏差で 10m 未満の位置精度が得られた。

5. まとめ

ソフトウェア GNSS 受信機における擬似距離の算出方法に着目し、RTK-SDR の測位精度評価を行った。コードノイズ帯域幅、コード追尾部の積分時間、キャリアスムージングにおけるパラメータの変更を行い、コードノイズ帯域幅およびキャリアスムージングの変更によって測位精度が改善されたことを確認した。一方で、水平方向の誤差が一定にずれていることから測位結果に何らかのバイアスがかかっている可能性がある。③の余り量を考慮せずに計算したところ、バイアスが小さくなったことから、今後もこれら詳細について明らかにし、HP 上で公開する予定である。

本研究は文部科学省の令和 3 年度宇宙航空科学技術推進委託費の支援を受けて実施したものである。

