

Kinematic PPP の鉛直座標解に関する一考察

小司禎教 (気象研究所)

1. はじめに

GNSS 測位で解析される天頂遅延量の誤差は、鉛直座標の誤差と逆比例の関係にある (Santarre 1991, Shoji et al. 2023). そのため、船舶等移動体に設置した GNSS 装置の観測データから高精度の可降水量 (PWV) を推定するためには、特に鉛直座標解のバイアス評価と軽減が必要である。最適な観測および解析条件を探る目的で、固定 GNSS 点で Kinematic PPP 解析を行い、Static 測位による鉛直座標解との比較を行った。その結果、Kinematic PPP の鉛直座標解には、解析時間、更新時間間隔および、大気遅延量の時間拘束に依存してバイアスが生じることがわかった。

2. 固定点データを用いた Kinematic PPP 解析

気象研究所 (茨城県つくば市) 露場の固定 GNSS 点で 2021 年 12 月 1~16 日、10 Hz 観測を行った。受信機はコア製 Chronosphere L6II, アンテナは Septentrio 製 PolaNt-x MF (第 1 図)。



第 1 図 気象研究所露場の GNSS アンテナ

得られた搬送波位相を用い、サンプリング間隔を 0.1~30 秒の範囲で変えながら Kinematic PPP 解析を行った。解析の主なオプションを第 1 表に示す。解析には RTKLIB 2.4.3 b33 を用い、Kinematic PPP 解析の標準的なオプションを用いた。軌道情報には放送暦と、JAXA の公開している MADOCA リアルタイムプロダクトを用いた。解析時間は 0.5 ~ 9 時間の範囲で、0.5 時間間隔で変化させた。

第 1 表 主な解析オプション

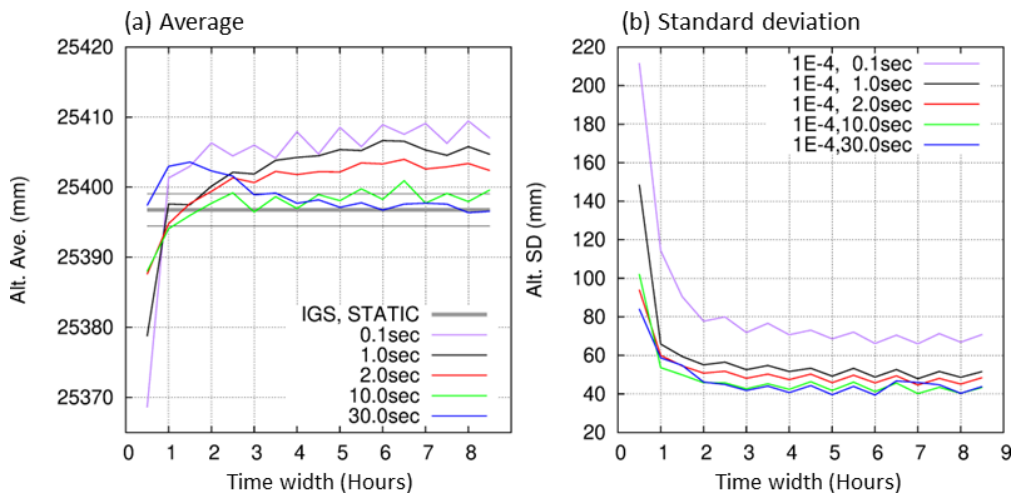
Classification	Specification
Software	RNX2RTKP (RTKLIB ver. 2.4.3, b33)
Analysis procedure	Kinematic Precise Point Positioning
Integer ambiguity	Continuously estimated
Ephemeris	MADOCA real-time product
Mapping function	GMF
Elevation cut-off angle	3°
Antenna phase center variation	igs14.atx
Ionosphere correction	Ionosphere-free linear combination
Time-dependent parameters	<ul style="list-style-type: none"> Antenna coordinate Receiver clock Zenith Total Delay Tropospheric gradient
Random-walk process noise sigma of ZTD	The following values were used for evaluation: 1×10^{-4} , $3 \times 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$
Width of the sliding-window or batch-analysis	The following time lengths were used for evaluation: 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, and 8.5 h
Update interval of the time-dependent parameters	The following intervals were used for evaluation: 0.1, 1, 2, 10, and 30 s

第 2 図は、解析時間、サンプリング間隔に依存する鉛直座標解の変化を示す。(a)は平均座標、(b)は標準偏差である。第 2 図(a)の灰直線とその上下の細実線は、IGS 精密暦を用いた Static PPP による平均鉛直座標と $\pm 1\sigma$ を示している。

Kinematic PPP による鉛直座標解は、解析開始時には過小評価の傾向にあり、解析が進むにつれ、高度が上昇していく。解析時間が 2 時間を超えると、Static PPP 解より高い高度が解析される傾向にある。その傾向は、サンプリング間隔が短いほど顕著である。また、鉛直座標の座標解の標準偏差は、サンプリング間隔が短いほど大きい傾向にある。

これらの結果は、Kinematic PPP において、高サンプリングの解析が、必ずしも高精度の測位や、PWV の解析につながる場合もあることを示唆している。

高頻度解析で、測位解析にバイアスが生じる要因としては、衛星時計誤差やマルチパスの影響により、時間相関を持つ誤差の存在が考えられるが、今後より詳細な解析が必要である。



第 2 図 解析時間 (横軸) 別、サンプリング間隔 (線の色) 別に見た、(a) 鉛直座標解の平均と (b) 標準偏差。