

異なるGNSSアンテナによる測位精度と天頂全遅延の特性評価

Comparison of positioning accuracy and total zenith delay using different GNSS antennas

中川 豊¹
Yutaka Nakagawa

宮内大輝²
Taiki Miyauchi

東野 武史³
Takeshi Higashino

岡田 実⁴
Minoru Okada

奈良先端科学技術大学院大学^{1~4}
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

1 まえがき

ゲリラ豪雨のような局地豪雨の予測には上空の水蒸気量の推定が重要であるが、水蒸気を直接観測することは専用の設備を必要とするため容易ではない。一方で、GNSSの測位情報で得られる天頂全遅延 (Zenith Total Delay: ZTD) は水蒸気量の把握に有効とされており、入手が容易である。我々は民生用2周波GNSS受信器を用いた単独精密測位における天頂全遅延推定量等のデータを継続して蓄積している。2021年6月1日にGNSS用のアンテナを更新したため、更新前後の測位精度とZTDの統計量の特性比較を行ったので報告する。

2 システム構成

図1に観測システムの構成を示す。アンテナは大学がNTP(Network Time Protocol)サーバの時刻校正のために運用している既存のシステムで構成されるもので、分配器を通して別の民生用受信機を経由してワンボードマイコン (Raspberry Pi) でロギングしている。受信機 (U-blox 製 ZED-F9P) が処理可能な周波数はL1帯とL2帯である。

表1にアンテナの諸元を示す。更新前後のアンテナはそれぞれAshtech製ASH701941.B、Nikon-Trimble製TRM159900.00である。共にチョークリングコイルアンテナである。チョークリングコイルアンテナはGNSS測位解の誤差要因の一つである、マルチパスを低減するほか、他システムからの電波干渉を抑圧し、GNSSの多周波受信に適する。以下ではそれぞれをASH、TRMと呼ぶ。TRMはGEONET[1]で採用されており、[2]に特性が公開されている。

評価対象の期間は、2021年5月と7月の各1ヶ月間

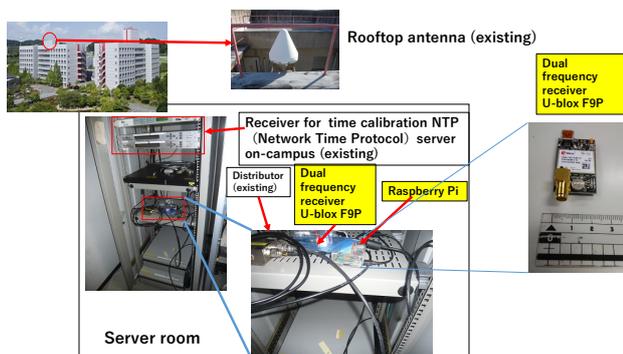


図1 観測システム

表1 アンテナの諸元

型番	衛星	チャネル
ASH701941.B	GPS/GLO	L1/L2
TRM159900.00	GPS/GLO	L1/L2/L3/L5
	GAL/BDS	E1/E2/E5ab/E6,B1/B2/B4

とし、測位情報から測位解の分布とZTDの統計量を評価した。使用した測位解析ソフトウェアはRTKLIBであり、各アンテナに対応するPCV補正量を反映させた。GNSSのL1及びL2帯の受信信号を用いて精密単独測位であるPPP (Precise Point Positioning) 法により測位解とZTDを得ている。得られたZTD波形から直流バイアスを除き、移動平均フィルタ [3] を通過させた波形をフィルタ前の信号から減じることで原信号の誤差信号を得る。

3 評価結果

図2にASH(左)とTRM(右)の東西および南北の平面の測位解のプロットを示す。内側の円の半径は1cm、外側の半径は2cmである。東西方向の誤差にほとんど差は見られないが、TRMは南北方向のばらつきが軽減されているのが特徴的である。

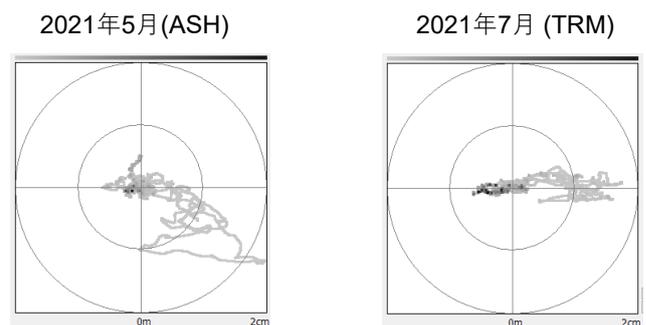


図2 平面のプロット図

表2、3は2DRMS (distance root mean square) を示す。分布の中心までの距離の二乗平均の平方根がDRMSであり、平均値の2倍の2DRMSがGNSSの位置精度の誤差の指標として使用される。2DRMSを半径とする円内に95%の確率で真値が存在する。

図3、4はそれぞれASHとTRMの測位解の東西、南北および上下の変動を示す。比較対象とした期間が違うためこれだけで評価はできないが、2021年7月のTRMの方が各要素とも振幅が大きくなった。

表 2 2DRMS ASH

Holozenital	7.88mm	EAST-WEST	9.43mm
Altitude	14.44mm	North-South	4.56mm

表 3 2DRMS TRM

Holozenital	1059mm	EAST-WEST	10.46mm
Altitude	5.63mm	North-South	1.62mm

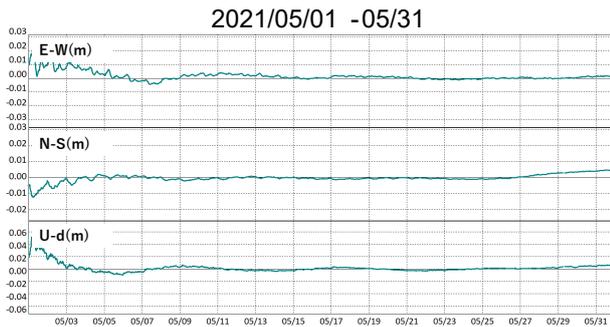


図 3 2021年5月の測位状況



図 4 2021年7月の測位状況

図 5 に ZTD の時系列データを示す。全般に 2021 年の 7 月のほうが ZTD が大きいのは、気温が高いことと、雨の降る期間が多かったことなど気象条件の違いが考えられる。

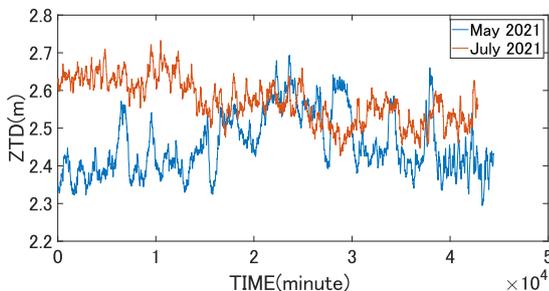


図 5 ZTD の時系列

図 6 に移動平均フィルタによる雑音抑圧の様子を示す。フィルタの効果が明瞭であることがわかる。図 7 に ZTD 波形の電力スペクトル密度と移動平均フィルタの周波数応答を示す。

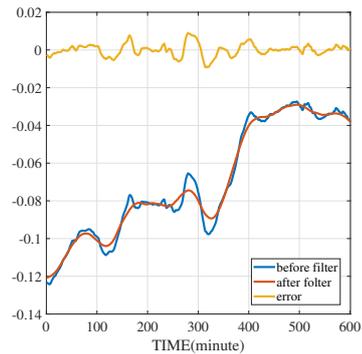


図 6 移動平均フィルタ

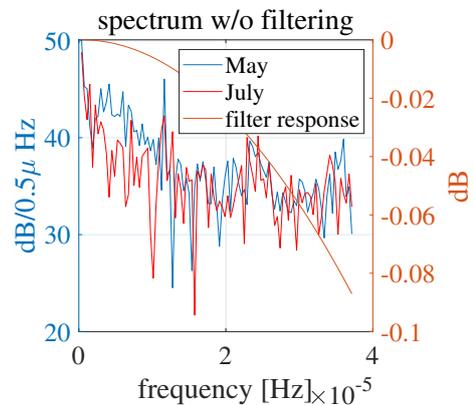


図 7 ZTD の電力密度スペクトル

スペクトルから ZTD 波形の信号成分は低域に集中しており、これらを抑圧しないようにフィルタの応答を設定した。その結果、分散は 5 月は 9.24×10^{-6} 、7 月は 8.32×10^{-6} でありアンテナの更新により分散が 10% 低減した [4]。

4 まとめ

アンテナの更新前後について、測位解の比較、および 2 周波単独精密測位による、天頂全遅延の比較を行った。同時にアンテナを比較することができず、対象期間が異なったため、厳密な精度の評価はできないが、天頂全遅延の誤差の大きさにはほとんど違いはなく、誤差自体も信号に対しては十分小さいことがわかった。ASH は 20 年近く前の製品であるが、測位解および ZTD の解析においては TRM と比べてほとんどその性能に差は見られなかった。TRM は表 1 のように多くの測位信号が対応できるが、現在運用している受信機ではその性能が十分に発揮できていない。今後は L5 も対応している受信機を用いて、ZTD に対する L5 の効果を検証する予定である。

参考文献

- [1] GEONET GNSS 連続観測システム
<https://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/eiseisokuchi41012.html>
- [2] Antenna Calibrations
<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>
- [3] 電子情報通信学会『知識の森』2 章 デジタルフィルタの設計
(<http://www.ieice-hbkb.org/>)
- [4] 中川ら, “民生用 2 周波対応 GNSS 受信器を用いた天頂全遅延測定”, 2021/3/9~12, 2021 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-2-2, 167