

#小門研亮<sup>1</sup>

1: 国土交通省国土地理院

Kensuke Kokado<sup>1</sup>

1: Geospatial Information Authority of Japan

## はじめに

国土地理院は日本全国に約1,300点の電子基準点を整備し、その観測データ及び解析結果を提供することで正確な位置の基準を与えている。電子基準点の平均間隔は約20kmであり、測量の位置の基準や大規模地震等に伴う地殻変動監視に対しては十分な配点密度を持っているが、近年、測位や測量の分野で普及が進んでいるRTK測位の高精度化や、より空間スケールの小さい内陸型地震やスロースリップ、地すべり等の変動監視の分野においては、電子基準点のようなGNSS連続観測局をより高密度に整備することが求められている。こうした中、GNSS測位技術の進展により、測量用のGNSSアンテナや受信機以外にも、数千円～数万円で購入可能な低価格のGNSSアンテナ(以下「低価格アンテナ」という。)やGNSS受信機(以下「低価格受信機」という。)が普及し始めており、これらの機器を用いた民間や大学機関等によるGNSS連続観測局の整備も進んでいる。こういった背景を踏まえ、国土地理院では、民間等のGNSS連続観測局を位置情報サービスや地殻変動監視等の分野で安定かつ有効に活用するための取組を進めているところである。

低価格アンテナ及び低価格受信機を用いたGNSS連続観測局は、設置や運用に係るコストを抑えることができるため、今後、さらに民間等において整備され、位置情報サービスや地殻変動監視等に利用されることが見込まれる。一方で、低価格アンテナや低価格受信機は、測量用のGNSS機器に比べ、マルチパスや電波干渉等の影響を受けやすいものが存在し、正確かつ安定した測位を実施するには、十分な測位性能を持つアンテナや受信機を選定するとともに、設置する場所をしっかりと検討することが必要と考えられる。

このため本研究では、低価格アンテナや低価格受信機で達成しうる測位性能を評価するとともに、これらの低価格GNSS機器を用いた簡易的なGNSS連続観測システムを開発・運用し、長期間の連続観測によるGNSS座標解の安定度を検証した。

## 研究内容

今回の測位性能評価で使用した低価格アンテナは、GPSや準天頂衛星システム、GLONASSやGalileo等の複数の衛星測位システム及び複数の周波数に対応し、数万円から十数万円の価格で購入可能なものを4つ選定した(表-1)。また、低価格受信機は、スイスu-blox社製のZED-F9Pを使用した。

表-1 測位性能評価に使用した低価格アンテナ

アンテナ名	使用可能な衛星システム・周波数帯										位相特性 情報	アンテナ 直径	
	GPS/QZSS			GLONASS			Galileo			Beidou			
	L1	L2	L5	G1	G2	G3	E1	E5a	E5b	B1			B2
Tallysman(米) TW797Z	○	○		○	○		○	○	○	○	○	有 (NGS)	7.0cm
小峰無線電機(日) QZG12wQ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	有 (NGS)	9.5cm
小峰無線電機(日) 受信機一体型	○	○		○	○		○	○	○	○	○	無	14.0cm
TOPGNSS(中) GN-GC80710	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	無	15.0cm

u-blox ZED-F9Pは、数万円程度の低価格で購入できるGNSS受信機モジュールであるが、複数の衛星測位システムに対応しており、L1及びL2(L2Cのみ)の複数の周波数信号を受信することができる。なお、選定した低価格アンテナのうち、小峰無線電機製の受信機一体型アンテナには、内蔵の受信機としてu-blox ZED-F9Pが使用されている。

これらの低価格アンテナ及び受信機を用いて以下の4つの検証を行い、測位性能を評価した。

- ① 国土地理院構内の測量用検定架台におけるキネマティック観測(FIX率や標準偏差等の比較)
- ② 国土地理院構内の測量用検定架台におけるアンテナ位相特性の計測およびモデル作成
- ③ ②で作成したモデルを適用し、①のデータを再解析(FIX率や標準偏差等の比較)
- ④ 国土地理院構内3点におけるキネマティック観測及び数か月間の連続観測

## 結果と考察

測位性能評価の結果を表-2にまとめる。低価格アンテナ及び低価格受信機による測位性能をキネマティック解析の標準偏差及び座標解と成果座標値の較差を確認することで評価したが、直径が14cm以上のアンテナ(小峰(一体)及びTOP(低))を用いることで比較的良い測位性能が得られることを確認した。但し、適切な位相特性モデルを用いた補正を適用しないと長距離基線において座標解に大きなバイアスが生じる可能性があるため、地殻変動監視や測位・測量において低価格アンテナを使用する場合には、アンテナの性能に加え、位相特性モデルの有無及び有効性を考慮すべきである。今回は、各アンテナの位相特性を国土地理院構内の測量用検定架台で計測し、独自のアンテナ位相特性モデルを作成することで、測量用のGNSS機器とほぼ同等の座標再現性及び正確性が得られることを確認した。しかしながら、測位性能評価を実施した場所は、測量用検定架台やGNSS長距離基線場などの比較的電波環境の良い場所であり、上空視界不良の場所では、測量機器ほどの再現性及び正確性を得られない可能性がある。今後は、本評価結果を踏まえ、u-blox ZED-F9P以外にL2PやL5信号にも対応しているSeptentrio社製のmosaic等を用いた連続観測システムを開発し、地殻変動監視に有効なデータが得られるかを検証する予定である。

表-2 測位性能評価で実施したキネマティック解析結果のまとめ

(最低仰角 15 度の場合の性能判定)

アンテナ (受信機)	位相検定架台 長距離基線						GNSS長距離比較基線場 (位相特性モデル適用)			国土地理院構内 3 点 (位相特性モデル適用)			
	(初期設定)			(位相特性モデル適用)			FIX率	標準偏差	成果との較差	観測点の 上空視界	FIX率	標準偏差	
	FIX率	標準偏差	成果との較差	FIX率	標準偏差	成果との較差							
Tally(低)	×	△	×	○	○	△	---	---	---	---	---	---	
小峰(低)	○	△	×	○	△	○	○	○	○	---	---	---	
小峰(一体)	○	○	△	○	○	○	○	○	○	良	○	○	
TOP(低)	○	○	△	○	○	○	○	○	○	不良	×	×	
TOP(測)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	不良	△	○	
備考	各性能判定 (○△×) は下表の値を基準に実施												
	性能判定	FIX率	標準偏差 (南北・東西/上下)			成果との較差 (南北・東西/上下)							
	○	95%以上	15mm以内 / 30mm以内			15mm以内 / 50mm以内							
	△	80%以上	30mm以内 / 60mm以内			30mm以内 / 100mm以内							
×	上記以外												