

富士山山頂における補正データの効果に関する基礎的観測

松岡繁¹、鵜飼尚弘²、小松崎弘道³、白戸丈太郎⁴、西川貴史⁵、細井幹広⁶、横井伸之⁷
1. (一財)衛星測位利用推進センター、2. (株)ジェノバ、3. (株)パスコ、4. アジア航測(株)
5. 中日本航空(株)、6. アイサンテクノロジー(株)、7. 朝日航洋(株)

1. はじめに

測位衛星を利用した位置情報の取得は、測位衛星から出力された電波が地上へ到達するまでの間に電離層や対流圏を通過する際に受ける遅延、屈折などの影響により測位精度が低下するため、高精度な測位を実現するためには、これら影響を補正する必要がある。現在、わが国で開発が進められている準天頂衛星「QZSS」には、衛星測位精度を高精度化する補正データの配信が計画されている。本実証実験では、準天頂衛星「QZSS」から配信される補正データの効果を確認するため富士山山頂における基礎的な観測を実施した。

2. 補正データの問題点

衛星測位の高精度化に用いる補正データは、地上に設置されている位置が既知となる基準局(電子基準点)の観測データから生成される。補正データの要素として、①衛星時計の誤差(クロック誤差)、②衛星軌道誤差、③衛星バイアス、④電離層遅延、⑤対流圏遅延があげられる。①～③については、衛星に関する誤差要因であり、利用者の観測状況に非依存となる。④については、観測位置と衛星位置から推定することができるが、⑤については、観測位置における気象環境の変化を受けるため、モデルによる推定を用いることが多い。

このようなことから、補正データを生成する基準局と観測を行う観測点の標高差が大きくなると大気圏内の影響量がことなるため、補正データの信頼性が低下することが懸念されている(図1)。

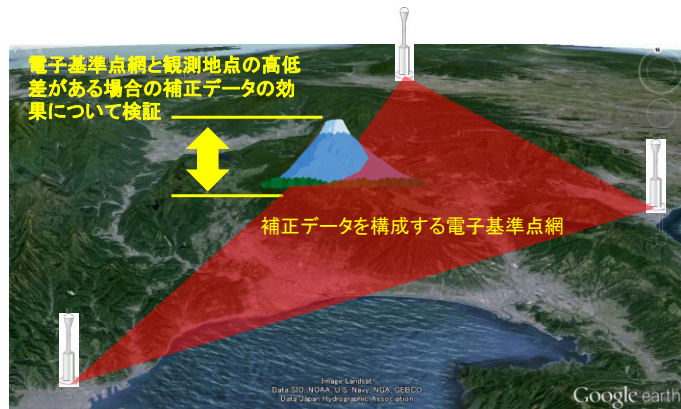


図1. 補正データ生成する基準局と移動局の関係

3. 実施内容

現在、準天頂衛星は試験運用されている1号機のみで、日本上空へ飛来してくる時間帯は限定されことから、本実証実験では、富士山付近を飛来してくる時間帯に合わせて観測を実施した。実証実験は、山頂における定点観測および山頂から麓への移動を利用して観測地点の標高の違いによる補正データの効果について確認した。

表1. 実証実験諸元

	定点観測	移動観測	備考
GNSS 受信機	LEX-R	TrimbleNet-R9	
補正データ	CMAS 方式	CMAS 方式	定点観測は準天頂衛星からリアルタイム配信
解析処理	リアルタイム方式	後処理方式	
観測位置	富士山山頂	太郎坊～山頂	
観測日時	開始:H27.8.4 14:01 終了:H27.8.4 20:01	開始:H27.8.5 11:33 終了:H27.8.5 14:46	移動観測は下山時に観測

4. 富士山山頂における定点観測

山頂では、約6時間の定点観測を実施し(図2)、準天頂衛星から配信(L6帯)される補正データによりリアルタイムで測位計算を行った結果、cm級精度の指標となるFIX解を92.2%取得することができた。



図2. 定点観測 観測機材および観測風景

表2. 定点観測結果

	X座標 (南北成分)	Y座標 (東西成分)	標高
平均値	-70926.998m	20652.071m	3776.566m
標準偏差	0.037m	0.032m	0.122m
最大値	-70926.834m	20652.180m	3777.172m
最小値	-70927.120m	20651.981m	3776.108m
最大-最小	0.286m	0.199m	1.064m

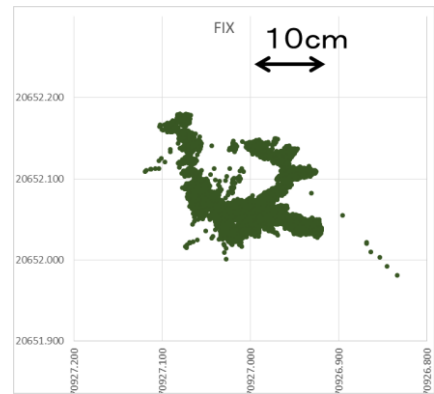


図3. 定点観測(平面位置)

FIX解の平均値から南北成分(図5)、東西成分(図6)における観測のバラつきは、±0.1以内で推移しており非常に安定した傾向であることを確認した(表2、図3)。しかし、標高成分(図7)は、全体的には±20cm程度のバラつきとなっているが、一部の時間帯において、40cm~60cmの観測値のバラつきがあることを確認した。測位にバラつきが発生するタイミングとして、飛来してくる衛星の変化に伴う捕捉衛星数の増減が要因のひとつとして考えられる。

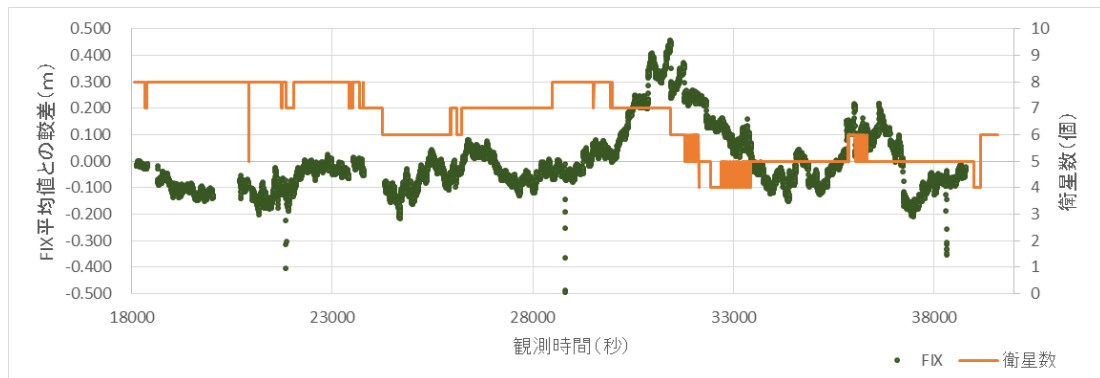


図4. 山頂定点観測結果: 平均標高からの差分(標高)

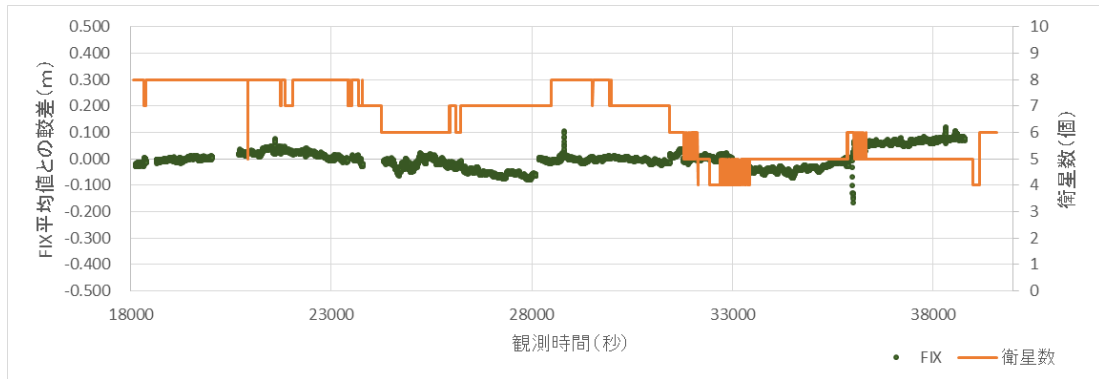


図5. 山頂定点観測結果:平均位置からの差分(南北成分)

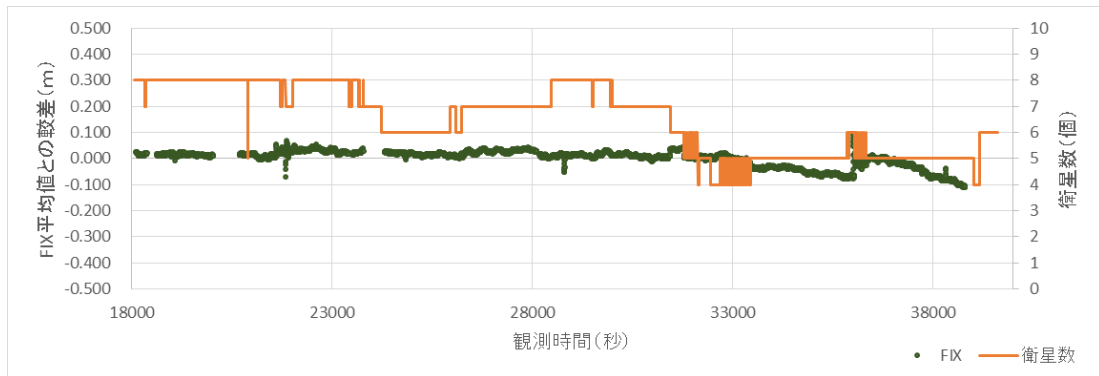


図6. 山頂定点観測結果:平均位置からの差分(東西成分)

5. 移動観測における比高差による影響確認

移動観測は、山頂から下山への移動を利用して観測を実施し(図 7)、標高に応じた測位状態の変化の把握および測位結果から想定される利活用用途について検討した。

観測日 : H27.8.5 11:33:01 ~ 14:46:12

全データ数	FIX 解	FLOAT 解	その他
11,590	10,441	1,075	74

*FIX 率 : 90.1%

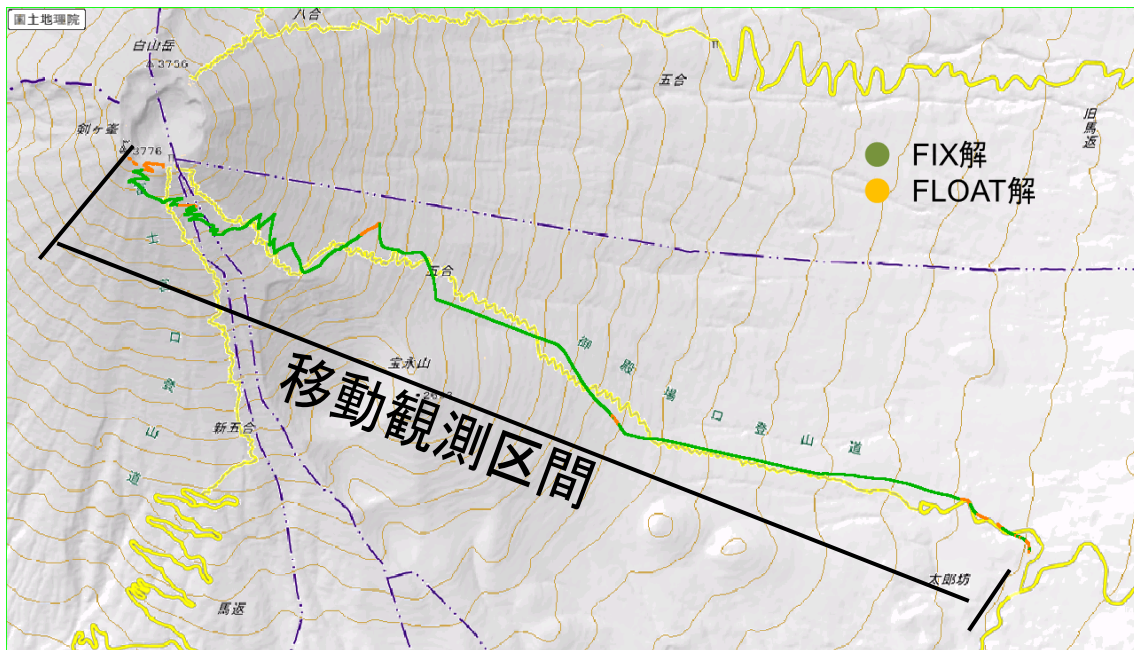


図7. 移動観測結果

移動観測では、90%以上が FIX 解を得ることができたことから、高精度な測位結果を用いて移動速度および傾斜解析を行い、区間における移動速度(図8)、移動車両の通行路における傾斜区分(図9)を把握することができた。

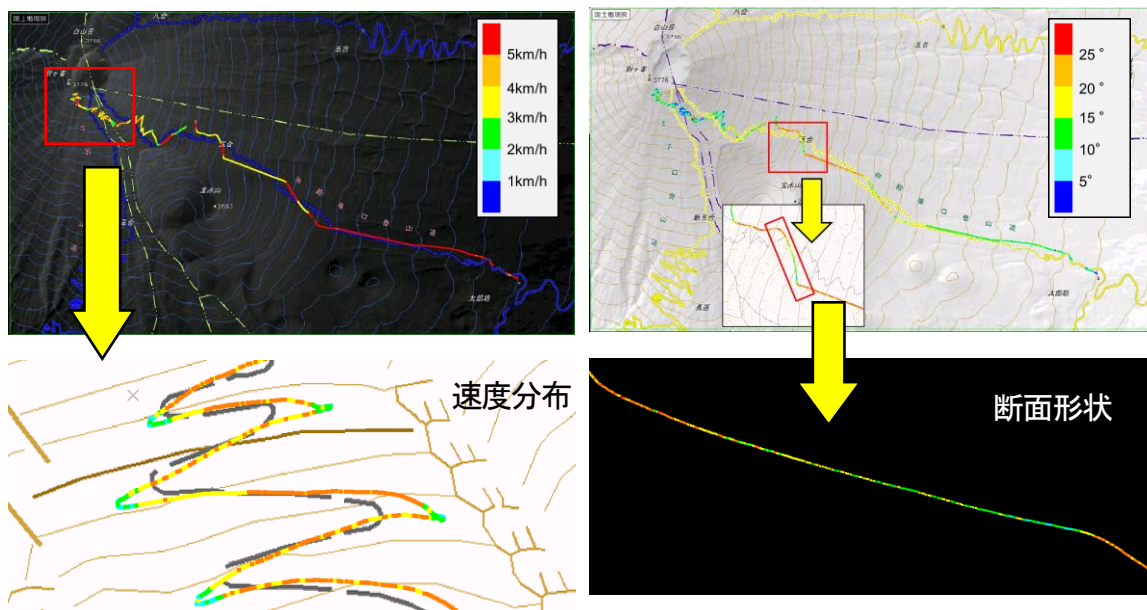


図8. 移動速度の分布

図9. 傾斜区分図

6. まとめ

本観測により、準天頂衛星から配信される補正データにより高山地における定点観測による水平位置精度を確保することができた。一方、標高については、一部の時間帯で標高値にバラつきがあることを確認した。標高値がバラついた時間帯は、山頂周辺における落雷や湿度変化が起きていたため、これら影響が要因のひとつと考えられる。

移動観測では、高精度な測位状態(FIX 解)を維持することができ、移動体の正確な位置情報を解析することで、車両の移動速度、山道の傾斜区分を把握することができた。このように、通信インフラが脆弱な山間地で高精度な衛星測位を実現できたことは、山間地におけるさまざまな課題解決の手段になるものと推察される。

<山間地における想定課題>

- ・山間地の環境管理の高度化
- ・救助活動の安全確保
- ・山地地形のモニタリング

山間地における環境把握においては、正確な位置情報を容易に取得することが可能となり、リモートセンシング技法などと併用することで、山間地の環境管理の高度化が図れる。

登山者の増加に伴う、遭難事故は、昼夜、天候を問わず救助活動を行う必要がある。高精度な測位技術を用いることで、道幅の狭い移動車両の山道をナビゲーションすることが可能となる。さらに、傾斜区分解析や日常の移動速度を統計処理することで、目的地までの所要時間を正確に算出することができる。

また、日常的な移動観測データを用いて山地地形の変化、変状に関するモニタリングが可能となる。

今後、本観測で取得した観測データで確認した標高におけるバラつきの原因を追究するため、衛星測位における誤差要因となる対流圏内の気象や、電離層などの空間状態についてデータ収集を行い、高精度化に向けた検討をしていくと同時に、準天頂衛星システムの利活用について検討を進めていく。

*連絡先：松岡繁 (Matsuoka Shigeru)、matsuoka.shigeru@eiseisokui.or.jp