

(69) QZSS のセンチメートル級測位補強サービス CLAS を用いた測位解の基礎的検討

杉山 海¹・佐田 達典²・江守 央³

¹ 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科交通システム工学専攻

(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: cska20008@g.nihon-u.ac.jp

² 正会員 日本大学教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

³ 正会員 日本大学准教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: emori.hisashi@nihon-u.ac.jp

QZSS (準天頂衛星システム) が配信するセンチメートル級測位補強サービス CLAS は、2018 年より運用が開始されたリアルタイムで高精度な衛星測位の実現を目的とした無料のサービスであり、将来は測量等での利用が期待されている。本研究では、まず静止測位実験による測位精度検証の結果を示し、そのうえで、現場での利用を考慮した作業規程の準則に従い Fix 解の 10 秒平均値を用いた中央値や平均値といった基本統計量から測量で使用可能な測位解の特性を把握するための基礎的な検討を示した。

Key Words: QZSS, CLAS, fixed positioning

1. はじめに

QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)¹⁾とは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星システムであり、みちびき (準天頂衛星システム) と呼ばれている。QZSSには、GPS 補完サービス、GNSS 補強サービス、メッセージサービス、の3つのサービスがあり、本研究では、GNSS 補強サービスの一つであるセンチメートル級測位補強サービス (CLAS : Centimeter Level Augmentation Service)²⁾に着目した。

CLAS とは、高精度な衛星測位を行うため、国土地理院が全国に整備している電子基準点のデータを利用して現在位置を正確に求めるための補正情報を計算し、みちびき (QZSS) から送信するサービスである。CLAS は電子基準点における GNSS 観測データから電離層遅延、対流圏遅延などの誤差要因を推定し、センチメートル級の測位補強情報を生成して準天頂衛星より補強情報を配信する³⁾。補強対象衛星は QZSS, GPS, GLONASS, Galileo であり (GLONASS は電子基準点が対応後にサービス開始予定)、補強対象衛星数は 11 機となっている³⁾。サービス範囲は日本国内、沿岸部、離島周辺である。全国のサービス範囲を 12 網に分割し、分割した地域ごとに上空

の大気遅延 (電離層、対流圏) を推定し、網毎の誤差補正用データをリアルタイムで生成して配信している³⁾。

このサービスは将来、測量、情報化施工、IT 農業での利用が想定されている。ただし受信時には、QZSS が送信する L6 信号を受信することが可能な専用の端末が必要となる。そこで本研究では三菱電機社製 AQLOC-VCX を使用して実験を行った。

2. 既存研究の整理

佐田ら⁴⁾は図-1 に示す日本大学理工学部船橋キャンパスの地点 103 において 12 時間の静止測位実験を行った。観測に使用した受信機は三菱電機社製 AQLOC-VCX であり、測位結果は 10Hz で取得した。解析結果として、Fix 解の座標値の時系列変動図では、開始から約 4 時間後に各座標値で 1m 以上のオフセットを持つミス Fix 解が発生しているが、その後は安定した測位解を示したことが報告されている。この実験は CLAS を用いた静止測位の実験を上空が開けた環境で行っているが、遮蔽環境での実験は行っていない。そこで本研究では、遮蔽環境を含めたより多くの観測地点を対象に静止測位実験を行った。

3. 静止測位実験による測位精度検証

本研究では、まず現状の精度を測るために静止測位実験として、2019年7月に日本大学理工学部船橋キャンパスにて全5か所の観測地点(図-1)において、受信機とアンテナを設置し各々約6時間の観測を行った。各地点の特徴としては、地点103、101がほぼ上空が開けている環境にあり、地点211、213、105においては遮蔽が多い環境にある。観測に使用したCLAS対応受信機は三菱電機製AQLOC-VCX[®]である。GPS、QZSS、Galileoの電波信号を受信するとともに、センチメートル級測位補強情報をQZSSからのL6波で受信する。測位結果の取得間隔は1Hzに設定した。なお、測位解の座標値はAQLOC-VCXの設定により元期座標で出力した。地殻変動の補正(セミ・ダイナミック補正[®])に関しては、AQLOC-VCXの設定変更モードを操作しパラメータの変更(セミ・ダイナミック補正の有効)を行った。また衛星の仰角マスクに関しては、デフォルト値の15.0度の設定となっている。各地点各座標値の測位精度検証として本章ではFix解の参照値からの較差を累積百分率で示す。

4. 測位精度検証における解析結果

図-2にFix解のX座標較差(参照値からの較差)の累積百分率を示す。遮蔽が少ない地点103、101では曲線の傾きが大きく、0.02m以内の累積百分率が70%を占める。遮蔽が多い地点213、211では曲線の傾きが小さく0.02m以内の累積百分率が25%付近である。

図-3にFix解のY座標較差(参照値からの較差)の累積百分率を示す。遮蔽が最も少ない地点103では曲線の

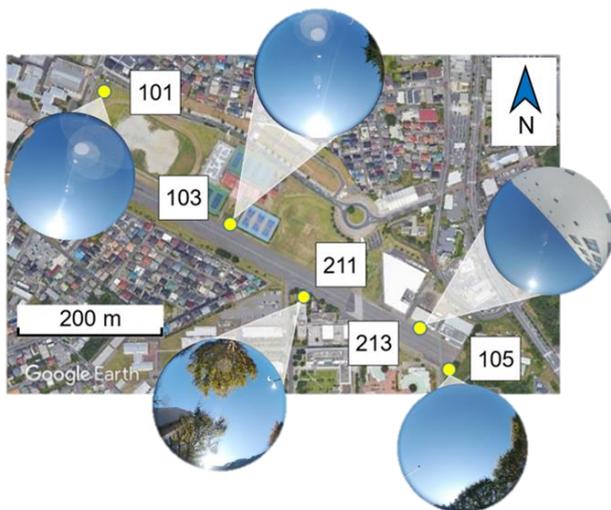


図-1 観測地点と上空の様子
(Google Earth Proにより作成)

傾きが大きく、0.02m以内の累積百分率が50%を占める。遮蔽が多い地点213、211では曲線の傾きが小さく0.02m以内の累積百分率が25%付近である。

図-4にFix解の標高較差(参照値からの較差)の累積百分率を示す。遮蔽が最も少ない地点103では0.03m以内の累積百分率が50%を占める。遮蔽が多い地点213、211では0.03m以内の累積百分率が15%付近である。

なおここでX座標、Y座標において0.02mを、標高において0.03mを評価値のひとつとして取り上げたのは、参考文献7)の作業規程の準則の許容範囲を参考にした。

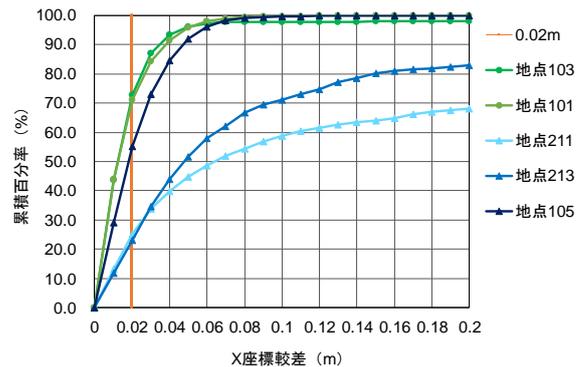


図-2 Fix解のX座標較差の累積百分率

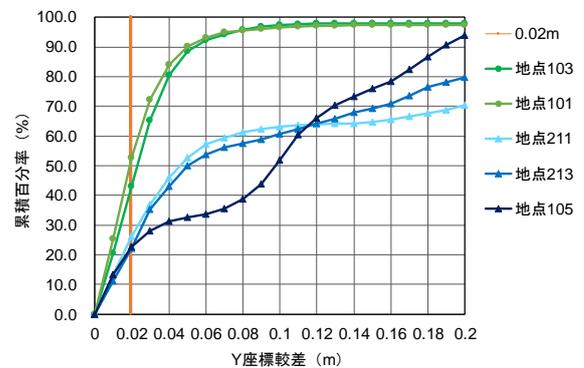


図-3 Fix解のY座標較差の累積百分率

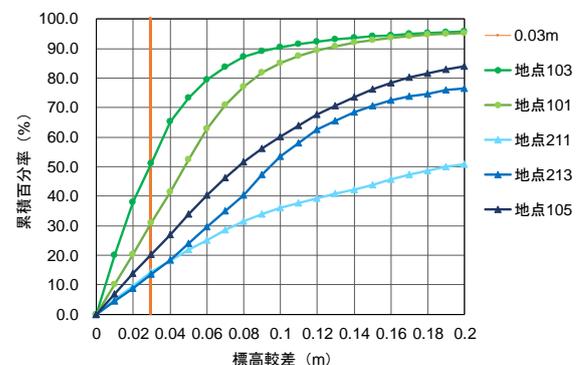


図-4 Fix解の標高較差の累積百分率

5. 測位解の特性に関する検討

本章では CLAS を測量で使うための基礎的な検討を試みる。作業規程の準則⁷⁾では、Fix 解を得てから 10 エポック以上得られたデータを 1 セットとして扱い、セット間の較差が南北成分と東西成分で 20mm、高さ成分で 30mm を許容範囲としている。本研究では、連続して Fix 解が 10 エポック (10 秒) 得られたデータを 1 セットとし、その平均値をセット値として検討対象とする。X 座標、Y 座標で参照値からの較差が 20mm 以内、標高の参照値からの較差が 30mm 以内を測量で使用できる解 (使用可能解) の目安とする。

図-2、図-3、図-4 から分かるように遮蔽がない環境では Fix 解のうち 70% が X 座標の参照値からの較差が 20mm 以内、50% が Y 座標の参照値からの較差が 20mm 以内、50% が標高の参照値からの較差が 30mm 以内となっており、全 Fix 解に対する使用可能解の割合は高い。しかしながら、累積百分率が 95% となる較差は X 座標で 50mm、Y 座標で 70mm、標高で 200mm であり、外れ値も多数含まれており、単純に一定時間のセット値を平均したものが使用可能解になるとは限らない。

そこで、まずセット値の中央値を評価対象として使用可能解となるか検討を行う。観測時間を 10 分ごとに区切ったとき、セット値の中央値が使用可能解となるかを調べた。ここでは遮蔽が少ない地点 103 と 101 での観測データを解析対象とした。10 分を処理時間として定めた理由は、現場を想定し長くなく、指標として区切りがよい時間として、まずは 10 分を取り上げた次第である。

(1) 中央値による検討

結果を図-5、図-6 に示す。各図は横軸が観測時間となっており、縦軸は各座標値の較差となっており、10 分間ごと求めた中央値をプロットしている。X 座標、Y 座標は較差-0.02m から 0.02m を許容範囲としており、標高は較差-0.03m から 0.03m を許容範囲としている。

図-5 の地点 103 では、X 座標は、許容範囲内に入っている中央値が多いが、Y 座標は下限から外れるものが多い。標高に関しては、上下の振れ幅が大きいが許容範囲内に入っている数が多くみられる。また各座標とも観測時間 270 分から 280 分にかけての 10 分間の中央値において大きく外れている。

図-6 の地点 101 では、X 座標は、許容範囲内の中央に分布が多いが、Y 座標は下限に多く分布している。標高に関しては、下限より下において上下の振れ幅を大きくしながら分布している。また各座標とも観測時間 90 分から 100 分にかけての 10 分間の中央値において許容範囲から外れており、170 分から 180 分の 10 分間において Y 座標と標高が大きく外れている。

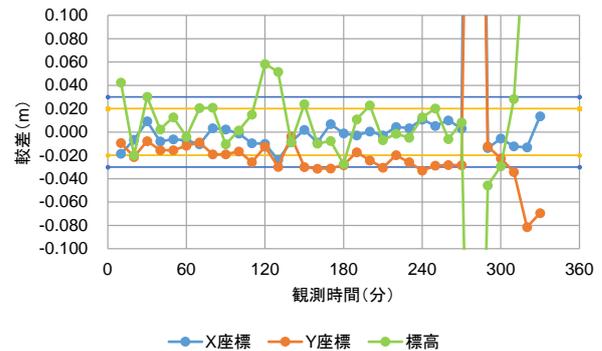


図-5 地点 103 における各座標のセット値 (10 秒平均値) の中央値の分布図

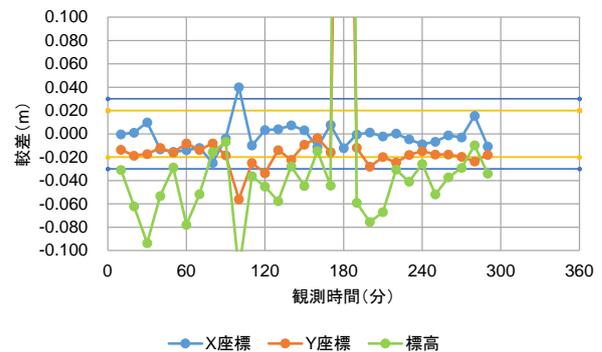


図-6 地点 101 における各座標のセット値 (10 秒平均値) の中央値の分布図

(2) 平均値による検討

中央値に引き続き平均値による検討も行う。結果を図-7、図-8 に示す。各図は横軸が観測時間となっており、縦軸は各座標値の較差となっており、10 分間ごと求めた中央値をプロットしている。X 座標、Y 座標は較差-0.02m から 0.02m を許容範囲としており、標高は較差-0.03m から 0.03m を許容範囲としている。

図-7 の地点 103 では、X 座標は、許容範囲内に入っている中央値が多いが、Y 座標は下限から外れるものが多い。標高に関しては、上下の振れ幅が大きいが許容範囲内に入っている数が多くみられる。また各座標とも観測時間 270 分から 280 分にかけての 10 分間の中央値において大きく外れている。

図-8 の地点 101 では、X 座標は、許容範囲内の中央に分布が多いが、Y 座標は下限に多く分布している。標高に関しては、下限より下において上下の振れ幅を大きくしながら分布している。また各座標とも観測時間 90 分から 100 分にかけての 10 分間の中央値において許容範囲から外れており、170 分から 180 分の 10 分間において Y 座標と標高が大きく外れている。

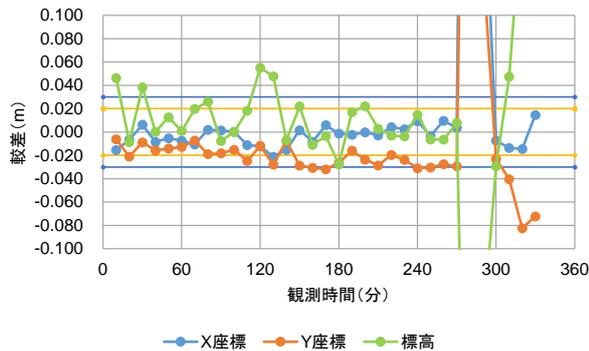


図-7 地点 103 における各座標のセット値 (10 秒平均値) の平均値の分布図

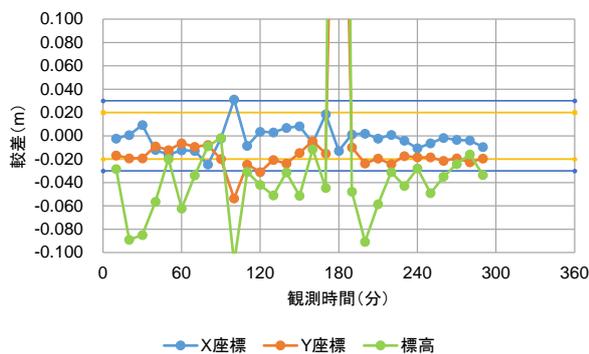


図-8 地点 101 における各座標のセット値 (10 秒平均値) の平均値の分布図

表-1 中央値と平均値の RMS 誤差による比較

	X座標 (m)	Y座標 (m)	標高 (m)
103 (中央値)	0.185	0.126	0.104
103 (平均値)	0.188	0.128	0.102
101 (中央値)	0.012	0.126	0.298
101 (平均値)	0.011	0.095	0.220

(3) 中央値と平均値の比較

図-5から図-8にかけて、中央値と平均値の分布を見比べる限り違いはほとんど見当たらない。そこでそれぞれの RMS 誤差を求めることで精度の比較を行った。結果を表-1に示す。

地点 103 では、X座標は、中央値のほうが 0.003m ほど精度がよく、Y座標も中央値のほうが 0.002m ほど精度がよい。標高に関しては、平均値のほうが 0.002m ほど精度がよい。

地点 101 では、X座標は、平均値のほうが 0.001m ほど精度がよく、Y座標も平均値のほうが 0.03m ほど精度がよい。標高に関しても平均値のほうが 0.078m ほど精度がよい。

6. まとめ

静止測位実験における測位精度検証では、各座標値 (Fix 解) の参照値からの累積百分率を調べた。以下に結論を述べる。

- X座標では、遮蔽が少ない地点で 0.02m 以内の較差が 70% を占め、遮蔽が多い地点では 0.02m 以内の較差が 25% 付近を示した。
- Y座標では、遮蔽が少ない地点で 0.02m 以内の較差が 50% を占め、遮蔽が少ない地点では 0.02m 以内の較差が 25% 付近を示した。
- 標高では、遮蔽が少ない地点で 0.03m 以内の較差が 50% を示し、遮蔽が多い地点では 0.03m 以内の較差が 15% 付近を示した。

測位解の特性に関する検討においては、セット値の中央値及び平均値を求めるため、観測時間を 10 分間ごとに区切り検証を行った。以下に結論を述べる。

- 各々 X座標は、許容範囲の中央に、Y座標は下限に、標高は振幅を大きくし分布する特徴が見られた。
- 結果として平均値のほうが精度がよい方法である可能性が見られた。

本研究では、一例として地点 103 と 101 における 10 秒平均値の中央値と平均値を用いた測位解の特性を図る基礎的な検討を示したが、今後はこれら検討の妥当性や他のデータ分析を用いた検討を考慮しながらさらに研究を重ねる予定である。

謝辞：本実験にご協力いただいた三菱電機株式会社の曾根久雄氏に心より感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府：みちびきとは、<https://qzss.go.jp/overview/services/sv01_what.html>, (入手 2020.06.13).
- 2) 内閣府：センチメートル級測位補強サービス、<https://qzss.go.jp/overview/services/sv06_clas.html>, (入手 2020.06.13).
- 3) 曾根久雄：準天頂衛星システム CLAS 対応受信機 - AQLOC 紹介 -, 測位航法学会, GPS/GNSS シンポジウム 2018, pp.37-40, 2018.
- 4) 佐田達典, 永田大輝, 江守央：準天頂衛星システムのセンチメートル級測位補強サービスを用いた静止及び移動測位実験, 応用測量論文集, Vol. 30, pp.165 - 174, 2019.
- 5) 三菱電機株式会社：製品仕様 AQLOC-VCX, <<http://www.mitsubishielectric.co.jp/esg/aqloc/products/vcx/index.html>>, (入手 2020.06.13).
- 6) 国土地理院：セミ・ダイナミック補正 (概要), <<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun40046.html>>, (入手 2020.06.13).
- 7) 日本測量協会：作業規程の準則, 地形測量及び写真測量編, p.63, 2016.