

## F1-7

## QZSS のセンチメートル級測位補強サービスにおける Fix 率と DOP 値の天空率を用いた評価

## Evaluation of Fix Rate and DOP Value Using Sky View Factor in Centimeter Level Augmentation Service by QZSS

○山田真<sup>1</sup>, 佐田達典<sup>2</sup>, 江守央<sup>2</sup>\*Makoto Yamada<sup>1</sup>, Tatsunori Sada<sup>2</sup>, Hisashi Emori<sup>2</sup>

Abstract: Centimeter Level Augmentation Service (CLAS) is one of the services provided by QZSS. Compared to other positioning methods, CLAS can be used with simple equipment and low cost. Therefore, CLAS is suitable for kinematic positioning. In this study, we evaluated Fix rate and DOP value in kinematic positioning using CLAS, using Sky View Factor (SVF). As a result, it was found that the Fix rate of CLAS tends to be less likely to decrease even if SVF decreases, compared to RTK positioning. In addition, it was found that the DOP value required to fulfill usage assumptions of CLAS is realized when SVF is high.

## 1. はじめに

センチメートル級測位補強サービス (CLAS: Centimeter Level Augmentation Service) とは, 日本の衛星測位システムである QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) が提供するサービスの一つであり, 電子基準点を用いて計算した補強情報を QZSS 衛星から配信するサービスである. CLAS は, RTK 測位で必要となる基準局の設置や, ネットワーク型 RTK 測位で必要となる地上系の通信環境, サービスの利用料金が不要であるなど, 利用時の手軽さが特徴である. その手軽さを活かし, CLAS は除雪車や UAV など, 移動体での利活用が進んでいる.

移動体での測位では, 周囲の建物などの影響で時々刻々とアンテナ上空の開空状況が変化するため, 測位精度も常に変化すると考えられる. そこで本研究では, アンテナ上空に占める空の割合である天空率 (SVF: Sky View Factor) を用いた, CLAS の Fix 率と DOP (Dilution of Precision) 値の評価を研究目的とする.

Fix 率とは, 測位解全体に占める Fix 解 (搬送波位相の整数の曖昧さが解かれた精度のよい解) の割合であり, Fix 率が高いほど精度よく測位が行われているといえる. また DOP 値とは, 衛星の幾何的配置による測位精度の低下率であり, DOP 値が低いほど衛星配置に起因する測位誤差が小さい (衛星配置がよい) といえる.

## 2. 実験および解析の方法

## (1) 移動測位実験

実験では, CLAS および比較用の RTK 測位 (大学構内に基準局を設置し実施) による自動車での移動実験を日本大学理工学部船橋キャンパス内にて行った. 大学構内を周回する 3 つのルートを図 1 のように設定し, それぞれを時計回り, 反時計回りに時速 15km/h 程度で走行した. また, 実験スケジュール (Table 1) の通り, 時間帯を分けて計 3 回の実験を行った.

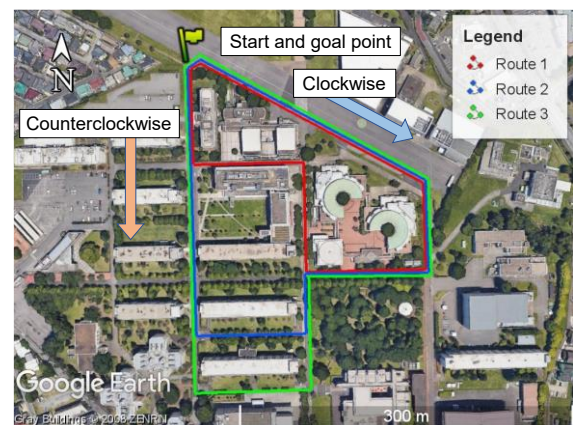


Figure 1. Location of experiments

(Source : Created by the author based on Google Earth Pro)

Table 1. Experiment schedule

	Date and time (JST)	
1st	May 29th, 2021	11:27:00 - 11:47:02
2nd	May 29th, 2021	13:30:00 - 13:49:57
3rd	May 29th, 2021	16:08:00 - 16:27:36

## (2) 使用した機材とソフトウェア

CLAS 用の受信機は, 三菱電機株式会社製の AQLOC-Light (F/W VER: SF-F3-19-003 G) を用いた. 受信機的主要な設定項目は Table 2 のように設定した. また, 比較用の RTK 測位で用いた受信機は, Trimble NetR9 である. 測位データの基線解析は, 後処理基線解析用のアプリケーションプログラム「RTKPOST ver. 2.4.3 b33」にて行った. 基線解析時の設定は CLAS と同様とした.

Table 2. Settings of receiver (CLAS)

Setting item	Settings
GNSS	QZSS, GPS, Galileo
Elevation mask	15°
Use of INS	OFF
Output cycle of solution	10Hz

1 : 日大理工・院 (前)・交通 2 : 日大理工・教員・交通

(3) 天空率の算出と測位解との時刻同期

天空率を算出するため、360°カメラ「KODAK PIXPRO 4KVR360」のDOME（半球）モードで撮影したアンテナ上空の半球動画に対し、フレーム毎にOpenCVによる「大津の二値化」を行うことで、Figure2のように開空部分を白色にした。そして、画像全体の画素数に占める白色画素数の割合を天空率として算出した。天空率の出力周期は測位解と同じ10Hzとした。

動画の射影方式には、天空率測定の事例<sup>[1]</sup>を参考に等立体角射影方式を採用した。撮影で用いたカメラは立体射影方式であったため、魚眼画像などの射影変換が可能なソフトウェア「Cube2DM」で射影変換した。

また、天空率と測位解の時刻同期は、RTK測位の結果から得た走行開始時刻を、半球動画の動き始めのフレーム（目視で判断）に与える方法を採用した。そのため、時刻同期は正確ではなく、両者は最大で数秒程度のずれを含む可能性がある点に留意する必要がある。

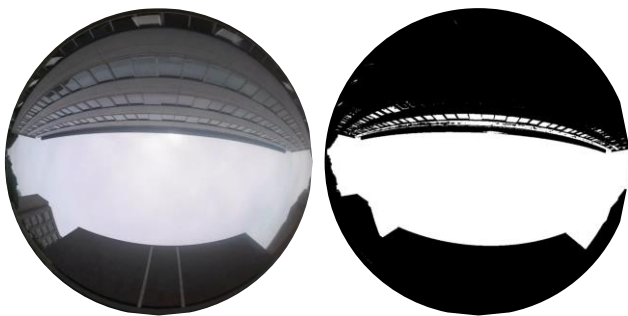


Figure2. Sky image binarization

3. 解析結果

Figure3は、各天空率別にFix（Float）率を算出したものである。単独測位率はごく僅かであるため省略した。また、Figure4は内閣府が示す利用条件（平均的なHDOPが1.1以下、VDOPが1.8以下<sup>[2]</sup>）を満たすCLASの補強対象衛星によるDOP値の割合と、CLASの平均観測衛星数（ANSAT：Average Number of SATellites）を天空率別に算出したものである。両図とも「1回目」での解析結果を示している。両図より、天空率とFix率、DOP値の間には以下のような関係性が見られる。

- 天空率の低下によりFix率も低下する傾向にあるが、低下の程度はRTK測位よりCLASが小さい
  - 天空率が高い場合でも、CLASでは一定数のFloat解を取得し、一部でFix率がRTK測位を下回った
  - 天空率が上昇すると、測位衛星数の増加に伴いDOP値は内閣府の利用条件を満たしやすくなる
- なお、「2回目」と「3回目」の解析結果も同様の傾向であった。

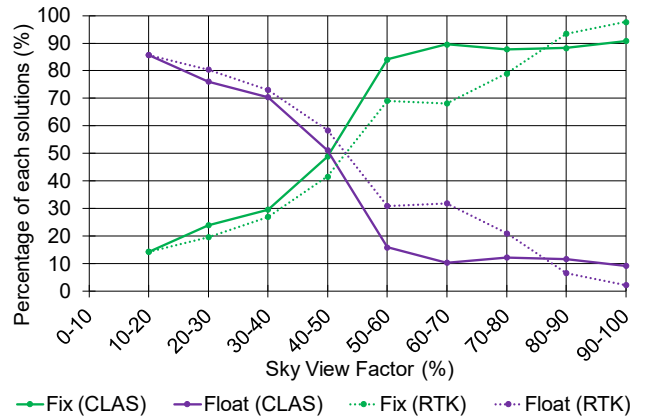


Figure3. Relation between SVF to positioning solutions

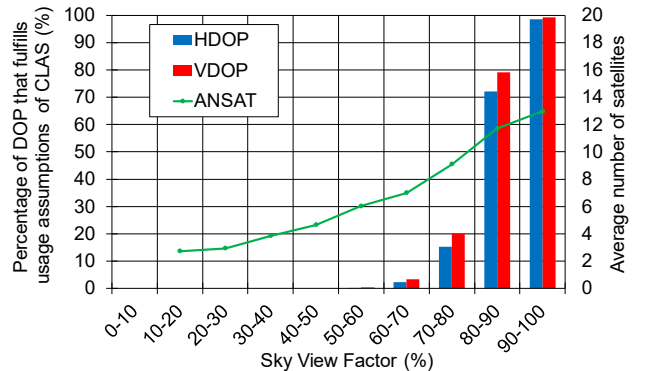


Figure4. Relation between SVF to DOP and ANSAT

4. 考察とまとめ

移動体での利用では、CLASはRTK測位と比較し、空の狭い環境でもFix解を取得しやすい傾向にあるといえる。またDOP値は、空が開けるほど低下する傾向にあり、内閣府の利用条件を満たすには少なくともアンテナ上空の6割から7割以上、理想的には9割以上が開空している必要があるといえる。しかしながら、空が開けた環境においても、CLASでは一定数のFloat解を取得する傾向がある点に留意する必要がある。

本研究では大学構内での実験を行ったが、今後は街路等のより多様な環境での実験・評価を行う必要がある。また、天空率の算出手法として、今回はアンテナ上空の映像の二値化を行ったが、一部で二値化が正しく行われなかった箇所があった。そのため、今後はより精度の高い天空率測定の手法を導入する必要がある。

5. 参考文献

[1] ソ ユファン, 本條毅:「全天球カメラ, Google Street View, Digital Surface Model による天空率測定」, 環境情報科学学術研究論文集, Vol.32, pp.125-130, 2018.  
 [2] 内閣府宇宙開発戦略推進事務局:「センチメートル級測位補強サービス」, <<https://qzss.go.jp/technical/system/16.html>>, (アクセス日: 2021年9月6日).