

(67) QZSS のセンチメートル級測位補強サービスにおける都市部街路での測位性能評価

山田 真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: csma21012@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

本研究では、センチメートル級測位補強サービス (CLAS) の都市部街路における測位性能を評価するため、AQLOC-Light を用いた CLAS による測位と、VRS 測位 (比較用) による移動測位実験を行った。評価指標としては、Fix 率や Float 率といった基礎的な指標に加え、走行した車線の位置と測位解の一致率 (走行車線一致率) に着目した。評価の結果、CLAS では Fix 率や Float 率の変動が大きく、測位が安定しない傾向が見られた。Fix 率と Float 率の和は、一部で CLAS が VRS 測位を上回った。また、CLAS では走行車線一致率の変動が大きく、一部で大きなオフセットを持つ測位解の発生が示唆された。

Key Words: QZSS, CLAS, PPP-RTK, VRS, kinematic positioning

1. はじめに

近年、自動運転システムの社会実装が進んでいる。自動運転を実現するためには、自動車に高精度な位置情報を与える必要があり、その一手法として衛星測位技術が用いられている。自動車のような移動体で測位を行うには、手軽かつ低廉な手法を用いることが理想的である。

本研究では、日本が運用する衛星測位システムである準天頂衛星システム (QZSS : Quasi-Zenith Satellite System) が提供するサービスのセンチメートル級測位補強サービス (CLAS : Centimeter Level Augmentation Service) に着目し、自動運転などの街路での CLAS の応用を想定した測位性能評価を行う。CLAS は、国土地理院が整備する電子基準点を用いて生成した補強情報を QZSS 衛星が放送する L6 信号で配信するサービスである。ユーザーは、CLAS 対応の受信機を用いることで、高精度測位が可能となる。

CLAS の利用時には、ネットワーク型 RTK の利用時に必要となる地上系の通信環境やサービスの利用料金が不要である。また、CLAS では精密単独測位型 RTK (PPP-

RTK : Precise Point Positioning Real Time Kinematic) と呼ばれる測位方式での測位演算を行うため、基準局を設置しない単独測位型の測位が可能である。PPP (Precise Point Positioning) で課題となる初期捕捉時間は、60 秒以下 (95% 値) ¹⁾ と比較的短い。このような特徴から、CLAS は自動車などの移動体に適した測位手法といえる。

既存研究として、筆者ら ²⁾ は CLAS を用いた移動測位実験を行っているが、実験は大学 (日本大学理工学部船橋キャンパス) 構内で行われたもので、都市部街路を対象とした考察や、走行した車線と測位解の関係性に関する考察はしていない。また、外谷と木谷 ³⁾ は RTK 測位を用いた走行実験 (実験場所 : 静岡県浜松市内の公道) を行い、ダイナミックマップ上の車線リンク (車線の中心線) と測位解のずれを評価しているが、CLAS については触れられていない。

そこで本研究では、基礎的な測位解の評価に加え、一般にダイナミックマップ上で地物として収録されている車線の位置と測位解の関係性を考察し、都市部街路における CLAS の測位性能を評価することを研究目的とする。

2. 実験・解析方法

(1) 実験概要

本研究では、都市部街路における CLAS の測位性能評価を行うため、公道での移動測位実験を行った。移動測位実験は、片側 2 車線道路である東京都新宿区内の都道 305 号線（明治通り）外回り線（図-1）の右側車線（以下，“走行車線”と表記）にて行い、計 8 回走行した。実験用車両には、トヨタプリウス PHV を用いた。実験スケジュールは表-1 にまとめた通りである。

また、CLAS との比較のため、仮想点（VRS : Virtual Reference Station）方式によるネットワーク型 RTK での測位（以下，“VRS 測位”と表記）も同時に行った。

(2) 実験に用いた機材について

a) CLAS

CLAS 対応の受信機として、本研究では三菱電機株式会社製の AQLOC-Light (F/W VER: SF-F3-19-003G) を用いた。受信機の主な設定は表-2 のように設定した。また、アンテナには AQLOC-Light の付属アンテナを用いた。

なお、AQLOC-Light には地殻変動に由来する元期座標からの変位を補正する「セミ・ダイナミック補正」の機能が搭載されているが、本実験では OFF としたため、実験で得られた測位解（生データ）は今期座標である。

表-1 実験スケジュール（実験日：2021年8月5日）

実験回	開始時刻 - 終了時刻 (UTC)
1 回目	4:34:46 - 4:40:37
2 回目	4:58:10 - 5:01:23
3 回目	5:18:48 - 5:23:25
4 回目	5:44:30 - 5:47:45
5 回目	6:05:57 - 6:11:30
6 回目	6:44:54 - 6:48:24
7 回目	7:03:38 - 7:07:53
8 回目	7:29:35 - 7:32:55



図-1 走行ルート（東京都新宿区，明治通り外回り）
（地理院タイル⁴⁾を QGIS で加工して作成）

b) VRS 測位

VRS 測位は、株式会社ジェノバから配信されている Ntrip 方式のリアルタイムデータ（仮想点 RTK データ）を用いて行った。使用した受信機は Trimble NetR9、使用したアンテナは Trimble Zephyr 3 Rover であり、リアルタイム基線解析は RTKNAVI ver.2.4.3 b33⁵⁾で行った。基線解析時の主な設定は表-3 のように設定した。なお、ジェノバ社による VRS 測位では、国家座標に基づく測位解（元期座標）が取得される⁶⁾。

c) アンテナの設置について

CLAS および VRS 測位用のアンテナは、図-2 のように実験車両のルーフ中央部分に設置した。

(3) 解析方法について

a) 地殻変動補正

本実験では、CLAS で取得した測位解は今期座標であるが、VRS 測位で取得した測位解は元期座標であり、2 つの測位解は整合していない。そこで、定常時地殻変動

表-2 AQLOC-Light の主な設定内容

主な設定項目	設定内容
使用する衛星測位システム	GPS, QZSS, Galileo
測位方式	GNSS Only (衛星測位型)
測位モード	automotive (移動体モード)
測位解の出力周期	10.0Hz
仰角マスク	15°
セミ・ダイナミック補正	OFF

表-3 RTKNAVI の主な設定内容

主な設定項目	設定内容
使用する衛星測位システム	GPS, QZSS, Galileo
測位モード	Kinematic
使用する信号周波数帯	L1+L2+L5
整数値バイアスの決定方法	Instantaneous
測位解の出力周期	1.0Hz
仰角マスク	15°

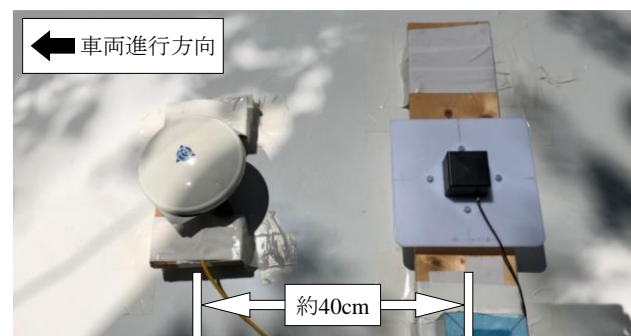


図-2 アンテナ（左：VRS 測位用，右：CLAS 用）

補正システム POS2JGD⁷⁾を用いて、CLAS の測位解を後処理で元期座標に補正している。補正に用いたパラメータは「pos2jgd_202104_ITRF2014.par」である。

b) 測位解の構成について

PPP-RTK (CLAS) や VRS 測位などの搬送波位相を用いた測位方式では、Fix 解や Float 解と呼ばれる測位解が取得される。Fix 解とは、搬送波位相の曖昧さ（整数値バイアス）が整数値で解かれた解であり、Float 解とは整数値バイアスが実数値で解かれた解である。一般に Fix 解は測位精度が高く、センチメートル級の測位精度が期待できる。一方、Float 解は測位精度が低く、メートル単位でずれが生じることもある。

本研究では、CLAS の測位性能の評価指標として、Fix 解や Float 解がデータ全体に占める割合（Fix 率、Float 率）と、Fix 率と Float 率の和（以下、“測位率”と表記）に着目し、その構成を算出する。

c) 走行車線一致率

CLAS の測位性能を評価するため、走行車線との整合性に着目する。走行車線データは、Google Earth Pro で提供されている航空写真上の車線境界線を手動でなぞり、車線境界線を表現したパス（点および線）を生成し作成した。つまり、パスに囲まれた領域が走行車線にあたる。

本研究では、生成したパスに囲まれた領域より内側にプロットされた測位解を「一致」と判定する（図-3）。一致と判定された測位解の割合を「走行車線一致率」とする。一致／不一致の判定には「点の多角形に対する内外判定」の考えを用いた。また、内外判定には、Python パッケージの一つである Shapely を用いた。内外判定は、実験で得た測位解および走行車線データに含まれる点の座標を平面直角座標系 9 系に変換した上でやっている。

なお、Google Earth Pro で取得できる座標は国家座標ではないため、作成した走行車線データと、CLAS や VRS 測位の測位解は、厳密には整合していない。作成した走行車線データの位置精度を確かめるため、国家座標に基づく地理院地図（地理院タイル）⁴⁾に作成したパスを重

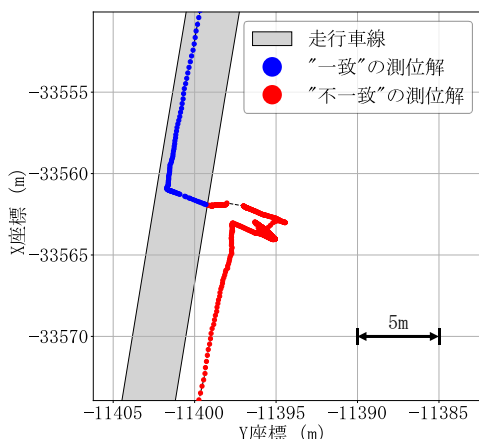


図-3 一致／不一致の判定イメージ

ねたところ、パスを構成する点や線は車線境界線と概ね一致した（図-4）。このことから、CLAS や VRS 測位の測位解とパスは概ね整合していると考えられる。

3. 実験結果

(1) 測位解の構成について

図-5 および図-6 は、AQLOC-Light および RTKNAVI にて取得した測位解の構成を示したものである。各図の緑色横棒は Fix 率、紫色横棒は Float 率、灰色横棒はその他（単独測位率や未測位率）を示している。すなわち、緑色横棒と紫色横棒の和は測位率を示している。

各図より、CLAS では VRS 測位より Fix 率や Float 率の変動が大きいことがわかる。また、4 回目～8 回目では、CLAS の測位率が VRS 測位の測位率を上回った。

(2) 走行車線一致率

図-7 および図-8 は、図-5 および図-6 に走行車線一致率の表示を加えたものである。「パターンなし」の横棒は「一致」と判断された測位解の割合を示している。また、「パターンあり」の横棒は「不一致」の測位解の割合や、単独測位率や未測位率（灰色）を示している。すなわち、「パターンなし」の横棒の和は走行車線一致率を示している。なお、6 回目の実験については、走行中に車線変更があったため評価対象から除外している。

各図より、CLAS では VRS 測位より走行車線一致率の変動が大きいことがわかる。顕著な例として、AQLOC-Light による測位結果（図-7）の 4 回目および 7 回目では、測位率が 80%以上を占めているが、4 回目ではほとんどの測位解が「不一致」、7 回目では多くの測位解が「一致」となった。4 回目については、大きなオフセットを持つ測位解が発生し、走行車線一致率が低下したものと考えられる。



図-4 作成したパスと地理院タイルの比較（地理院タイル⁴⁾を QGIS で加工して作成）

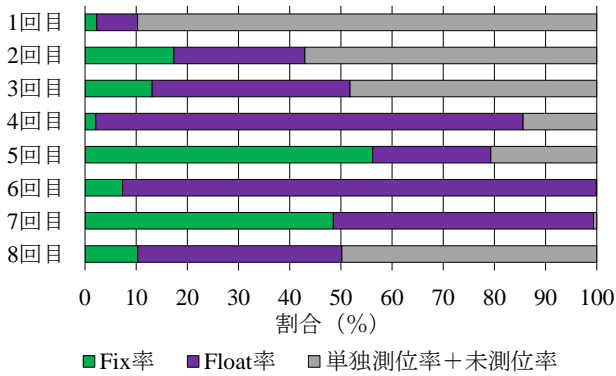


図-5 AQLOC-Lightによる測位解の構成

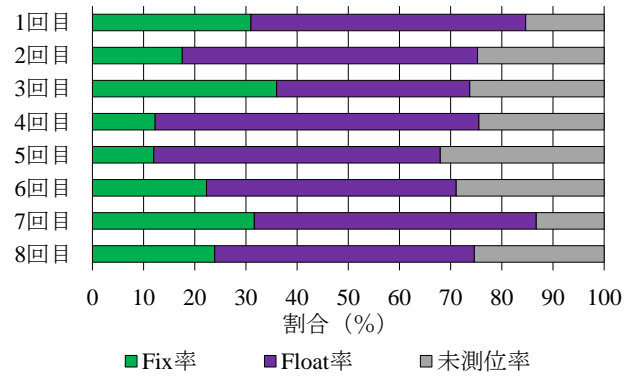


図-6 RTKNAVIによる測位解の構成

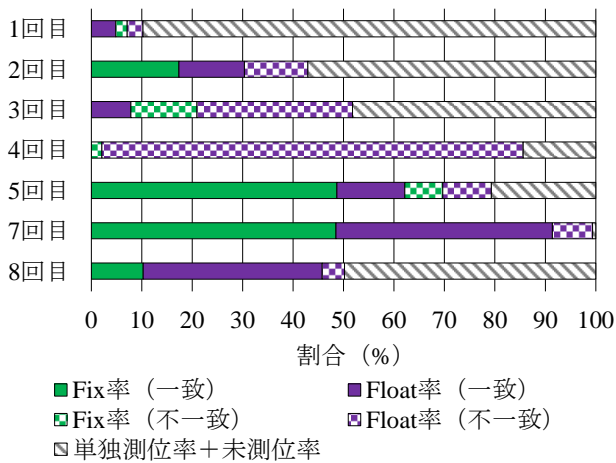


図-7 AQLOC-Lightによる測位解の走行車線一致率

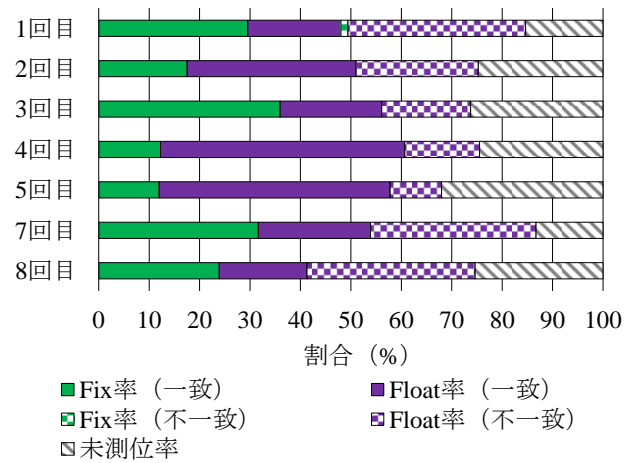


図-8 RTKNAVIによる測位解の走行車線一致率

4. おわりに

本研究では、CLASを用いた都市部街路での移動測位実験を行い、CLASの測位性能評価を行った。なお、CLASによる測位性能は、使用する受信機により異なることが想定されるため、本研究での結果が全ての場合に適用されるものとは限らない。

以下に、本研究の結果をまとめる。

- ・CLAS (AQLOC-Light) は、VRS測位よりFix率やFloat率の変動が大きく、測位が安定しない傾向が見られた。
- ・測位率 (Fix率とFloat率の和) は、全実験 (8回) 中の計4回で、CLAS (AQLOC-Light) がVRS測位を上回った。
- ・CLAS (AQLOC-Light) では、VRS測位より走行車線一致率の変動が大きく、一部で大きなオフセットを持つ測位解の発生が示唆された。

また、本研究と同様の受信機を用いている既存研究²⁾の結果と、本研究の結果を比較すると、本研究の結果はFix率や測位率が低い傾向にあった。測位環境の違いが、CLASの測位性能に影響したものと考えられる。

なお、今回は航空写真 (Google Earth Pro) を用いて走行車線データを作成したが、今後はより信頼性を確保す

るため、既存研究³⁾のようにダイナミックマップを用いる手法や、点群データを活用する手法により、走行車線データを作成し、衛星測位の性能評価を行う必要がある。

参考文献

- 1) Cabinet Office: Quasi-Zenith Satellite System Performance Standard (PS-QZSS-003), p.27, 2022.
- 2) 山田真, 佐田達典, 江守央: QZSSのセンチメートル級測位補強サービスにおける移動体での測位精度検証, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.78, No.2, pp.I_33-I_42, 2022.
- 3) 外谷新, 木谷友哉: 高精度プローブデータを用いたダイナミックマップ車線リンク更新に関するフィジビリティスタディ, 応用測量論文集, Vol.32, pp.3-11, 2021.
- 4) 国土地理院: 地理院タイル, <<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>>, (入手: 2022.06.09) .
- 5) T.TAKASU, RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, <<http://www.rtklib.com/>>, (入手: 2022.06.09).
- 6) 株式会社ジェノバ: リアルタイムデータ配信, <<http://www.jenoba.jp/realtime>>, (入手: 2022.06.09) .
- 7) 国土地理院: 定常時地殻変動補正システム POS2JGD 計算サイト, <<https://positions.gsi.go.jp/cdcs/>>, (入手: 2022.06.09) .