(66) QZSS の CLAS における再初期化後の測位解の安定性に関する検証

飯塚　洸貴[1]・田村　悠太郎[2]・佐田　達典[3]・江守　央[4]

[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: csko23002@g.nihon-u.ac.jp

[2]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: csyu22006@g.nihon-u.ac.jp

[3]正会員　日本大学理工部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

[4]正会員　日本大学理工部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，QZSS のセンチメータ級測位補強サービス CLAS（Centimeter Level Augmentation Service）の既知点上での測位における再初期化後の測位解の検証を行った。CLAS の Fix 解取得開始時刻から 180 秒までのデータを幾つかの時間帯で平均し，平面直角座標 X，Y，標高 H の既知点座標からの較差，RMS 誤差の評価を行った．実験の結果，平均時間によらず CLAS の X，Y 座標の較差は概ね±6cm 以内，RMS 誤差は 4cm 以内に収まった．RMS 誤差は X，Y では 10 秒平均値が 1 秒値よりも低減するが，20 秒，30 秒平均では増加し，60 秒平均以降では緩やかに減少する結果となった．

Key Words: *QZSS, CLAS, fixed positioning, GNSS, initialaization*

1.　はじめに

準天頂衛星システム（QZSS：Quasi-Zenith Satellite System）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測位システムであり，主にGPS衛星を補完することと補強情報を送信することを目的とし，2018年11月から国内でのサービス提供が 4 機体制で運用開始された．QZSS から提供されるサービスの 1 つであるセンチメータ級測位補強サービス CLAS（Centimeter Level Augmentation Service）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，補強情報を計算，現在位置を正確に求めるための情報をみちびきから送信するサービスである．また補強対象衛星数が 2020 年 11 月以降に最大 17 機まで対応できるようになった．今後，測量，IT 農業，自動運転車両等の利用が想定される．

杉山ら[1)]は 2020 年に CLAS を用いた静止体測位実験を行い，測位解の中央値を求める際に観測時間が短時間である場合，測位解が不安定化する課題を報告している．佐田ら[2)]は 2022 年に CLAS による測位結果を公共測量作業規程の準則で定められた点検方法で検証しているが，測定の都度再初期化した測位結果は使用していない．

本研究では受信機の再初期化を繰返して行う実験を行い，観測時間の長短が測位精度に与える影響について検証を行う．

2.　実験概要

2023 年 5 月 30 日に日本大学理工学部船橋キャンパス内の基準点を用いて CLAS を使用し，UTC 時刻 1:00～9:00 の 時間内で静止測位実験を行った．観測地点は**図-1**

に示す 203 でありオープンスカイの環境である．本実験で用いた CLAS 対応受信機には，三菱電機株式会社製 AQLOC-Light（F/W VER: SF-F3-19-003G）を使用した．受信衛星は GPS，QZSS，Galileo，仰角マスクは 15°，データ出力周波数は 1Hz とした．**図-2** に実験状況を示す．CLAS で取得した座標は今期座標である．測位精度の算出に用いる 203 地点の参照値は元期座標であるため，本研究では国土地理院の定常時地殻変動補正サイト POS2JGD を用いて CLAS の測位解を元期座標に換算した．補正に用いたパラメータは，pos2jgd_202104_ITRF2014.par である．本研究では，CLAS の Fix 解取得開始時刻から 180 秒までのデータを対象に解析を行う．Fix 解取得開始時刻（1 秒）の座標データ，次に開始時刻（1 秒）から 10 秒までの座標平均値，1 秒から 20 秒まで，1 秒から 30 秒まで，1 秒から 60 秒まで，1 秒から 120 秒まで，そして 1 秒から 1 秒 180 秒までの座標平均値データを解析する．評価指標は参照値からの平面直角座標 X，Y 座標の較差，標高 H の較差，RMS 誤差で評価を行う．**表-1** に各回数の開始終了と終了時刻，受信衛星数をそれぞれ示す．実験回数は合計で 33 回行っているが，開始時刻から終了時刻まで間に FLOAT 解を取得した 1 回目と 4，5，8，32 回目を除いた 28 回分で検証を行う．



図-1 観測地点 203
（地理院タイル[3] を加工して作成）



図-2 実験状況と使用受信機

表-1 実験時間帯（UTC）と受信衛星数

実験回数	開始時刻	終了時刻	衛星数	実験回数	開始時刻	終了時刻	衛星数
1	0:56:26	0:59:25	15	18	4:34:50	4:37:49	15
2	1:22:17	1:25:16	15	19	4:42:37	4:45:36	14
3	1:29:39	1:32:38	15	20	4:42:37	4:45:36	14
4	1:36:48	1:39:47	16	21	5:04:33	5:07:32	15
5	1:51:45	1:54:44	14	22	5:10:43	5:13:42	15
6	2:30:00	2:32:59	16	23	5:19:06	5:22:05	16
7	3:07:18	3:10:17	14	24	5:34:42	5:37:41	14
8	3:13:17	3:16:16	13	25	5:40:30	5:43:29	14
9	3:20:13	3:23:12	14	26	6:33:27	6:36:26	15
10	3:36:58	3:39:57	15	27	6:49:24	6:52:23	13
11	3:44:15	3:47:14	15	28	7:49:32	7:52:31	14
12	3:51:05	3:54:04	15	29	7:59:16	8:02:15	15
13	3:57:17	4:00:16	15	30	8:14:12	8:17:11	16
14	4:04:16	4:07:15	16	31	8:27:40	8:30:39	16
15	4:13:24	4:16:23	17	32	8:36:57	8:37:56	16
16	4:19:21	4:22:20	17	33	8:41:54	8:44:53	17
17	4:27:05	4:30:04	17	–	–	–	–

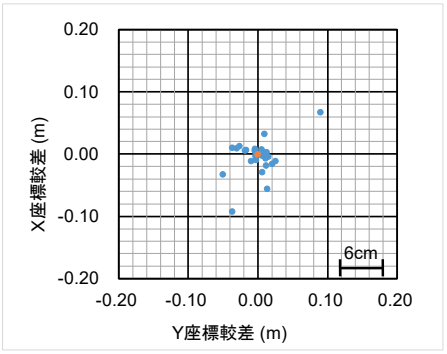


図-3 XY 座標較差（1 秒値）
（再初期化後最初の Fix 解）

3. 実験結果

(1) XY 座標較差

図-3 から**図-9** は，XY 座標較差の算出結果を示したものである．縦軸が X 座標較差，横軸が Y 座標較差と表しており，サンプル数は 28 である.全体的に参照値付近 0.06m 以内に点が多く存在するが，一部の±0.06m 以上の較差は左下方向に点が寄っている．また**図-4** と**図-5**，**図-6** では各座標の較差が 0.1m 以上の点が存在している．

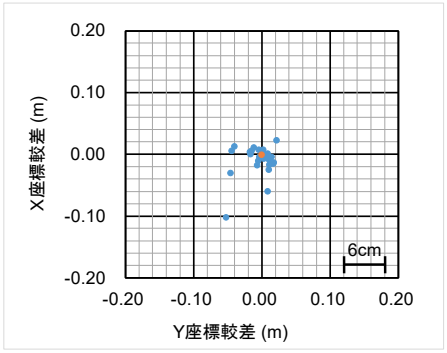


図-4 XY 座標較差（10 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 10 秒の Fix 解の平均）

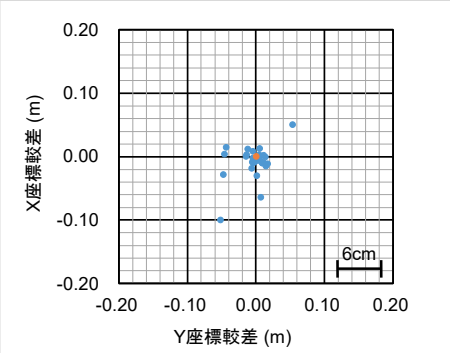


図-5　XY 座標較差（20 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 20 秒の Fix 解の平均）

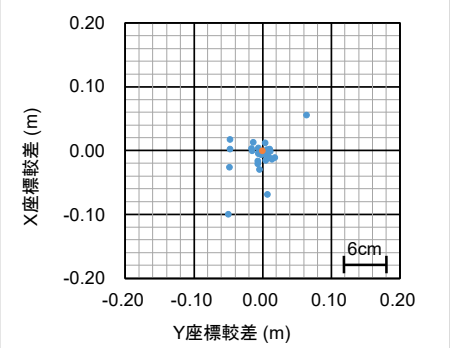


図-6　XY 座標較差（30 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 30 秒の Fix 解の平均）

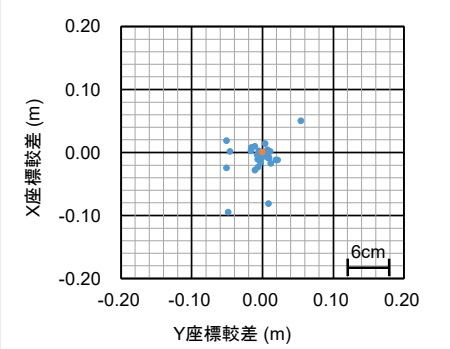


図-7　XY 座標較差（60 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 60 秒の Fix 解の平均）

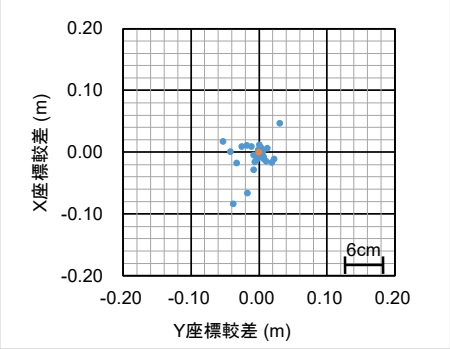


図-8　XY 座標較差（120 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 120 秒の Fix 解の平均）

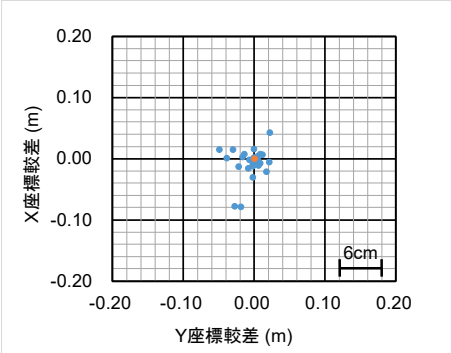


図-9　XY 座標較差（180 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 180 秒の Fix 解の平均）

(2)　HY 座標較差

図-10 から**図-16** に，HY 座標較差の算出結果を示す．縦軸が標高 H の較差，横軸が Y 座標の較差と表している．全体的に±0.2m 以内に点が多く存在するが，180 秒平均値では±0.2m 以上の点が存在している．

(3)　RMS 誤差

図-17 は，平均秒数 RMS 誤差の算出結果を示したものである．縦軸が RMS 誤差，横軸が平均時間を秒数で表しており，X 座標，Y 座標，H 座標の RMS 誤差及び 2 次元（XY）の RMS 誤差を用いて評価する．時間設定は 1 秒，10 秒，20 秒，30 秒，60 秒，120 秒，180 秒とする．

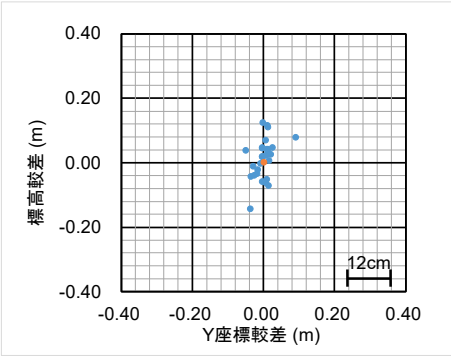


図-10　HY 座標較差（1 秒値）
（再初期化後最初の Fix 解）

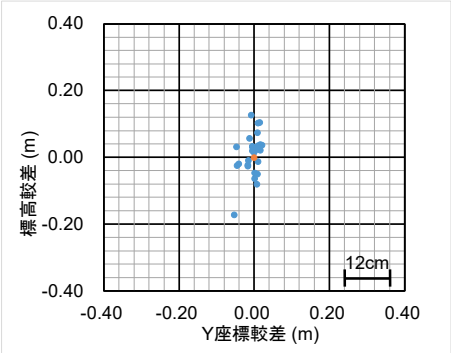


図-11　HY 座標較差（10 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 10 秒の Fix 解の平均）

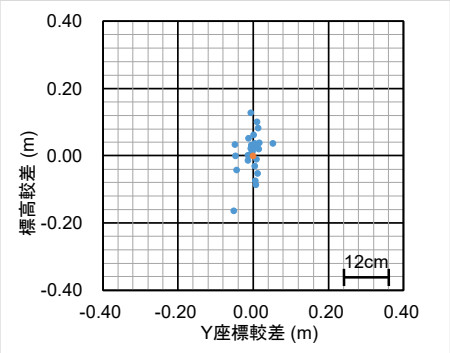


図-12　HY 座標較差（20 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 20 秒の Fix 解の平均）

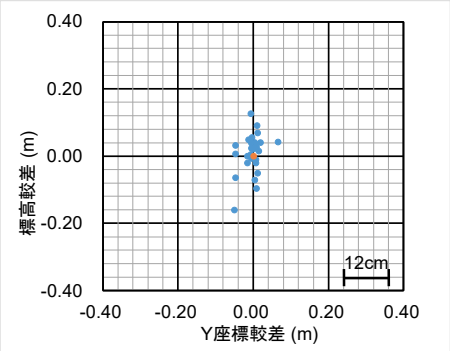


図-13　HY 座標較差（30 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 30 秒の Fix 解の平均）

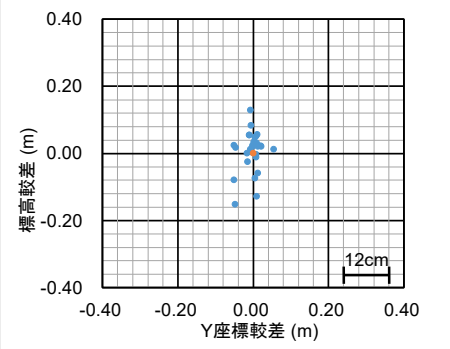


図-14　HY 座標較差（60 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 60 秒の Fix 解の平均）

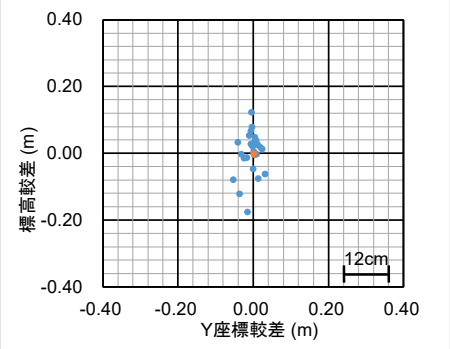


図-15　HY 座標較差（120 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 120 秒の Fix 解の平均）

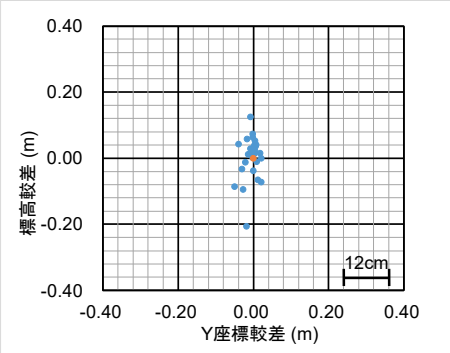


図-16　HY 座標較差（180 秒平均値）
（再初期化後，1 秒から 180 秒の Fix 解の平均）

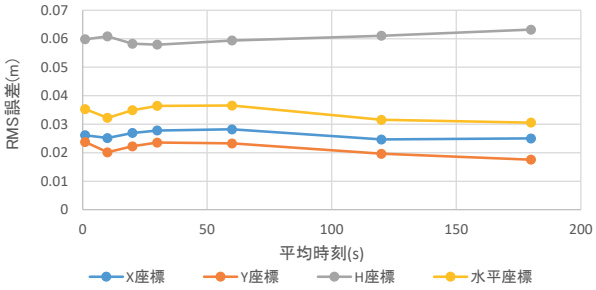


図-17　平均秒数と RMS 誤差

H 座標の RMS 誤差は水平座標の RMS 誤差の約 2 倍の値を示している．X 座標，Y 座標，水平座標では 10 秒平均値が 1 秒値よりも低減するが，20 秒，30 秒平均では増加し，60 秒平均以降では緩やかに減少している．

4.　おわりに

本研究では，CLAS の Fix 解取得開始時刻から 180 秒までのデータを平均し X，Y 座標較差，H 座標較差，RMS 誤差による測位精度評価を行った．本研究の結果，X，Y，水平の各座標の RMS 誤差は 10 秒平均値が 1 秒値よりも低減するが，20 秒，30 秒平均では増加し 60 秒平均以降では緩やかに減少していることがわかった．今後は，実験回数をさらに重ねて測位特性を検証する予定である．

参考文献

1)　杉山海，佐田達典，江守央：QZSS のセンチメータ級測位補強サービス CLAS を用いた静止測位実験と測位解の特性に関する基礎的検討，応用測量論文集，Vol.31，pp.133-142，2020.
2)　佐田達典，杉山海，江守央：VRS との比較による CLAS の精度検証，応用測量論文集，Vol.33，pp.117 - 128，2022.
3)　国土地理院：地理院タイル，<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>（入手：2023.6.1）．