

# 電子密度擾乱調査

令和6年5月 測地ソリューション本部

# 概要

- 目的

令和6年5月11日前後で連続的な太陽活動の活性化が観測され、GNSSなどへの影響も報告されている。そこで、太陽フレアによる電離層擾乱のGNSSの信号と測位精度への影響について調査を行う。

- 調査方法

擾乱が発生した日と1週間ほど遡った擾乱が観測されていない日の単独測位の測位精度と疑似距離残差を比較することにより、擾乱のGNSS測位への影響を調査する。

# 評価対象

- 対象日(UTC)
  - 擾乱が大きい : 5/11
  - 擾乱が小さい : 5/7、12 (ROTIとロック損失率が低い)
- データ
  - 観測データ : RINEX
  - 測位結果 : RINEXから計算した座標値、日々の座標値(F5解)

地域	座標系	移動局
北海道	11	伊達(0526)
東北	10	女川(0036)
近畿	6	大阪A(1227)
四国	4	大正(1056)

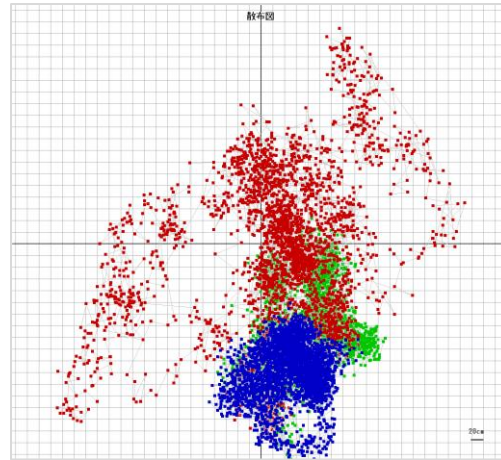
# 基準点 位置関係



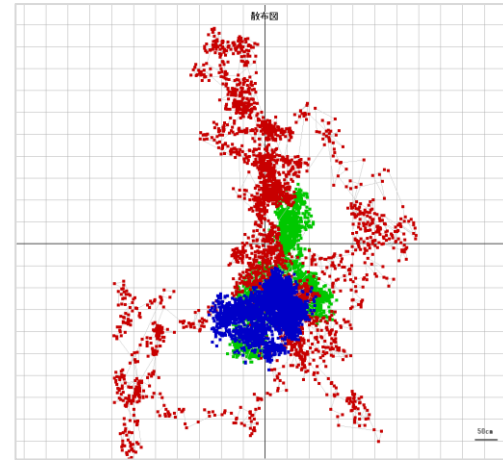
# 解析条件

- 解析ソフト：RTKLIB ver.2.4.3 b34
- 仰角マスク：15度
- SNRマスク：なし
- 衛星システム：GJRE
- 電離圏遅延：放送暦
- 対流圏遅延：ZTD推定+Grad
- 衛星軌道・時刻補正：放送暦

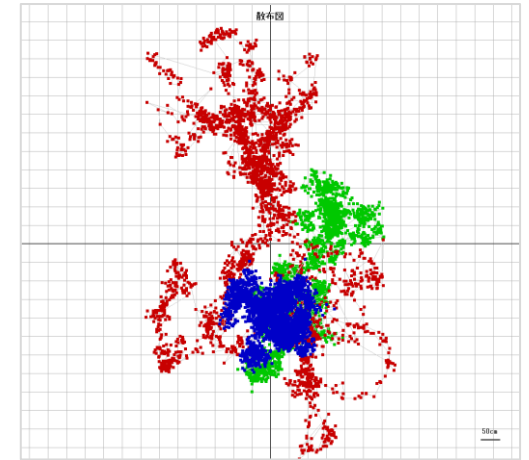
# 単独測位 散布図



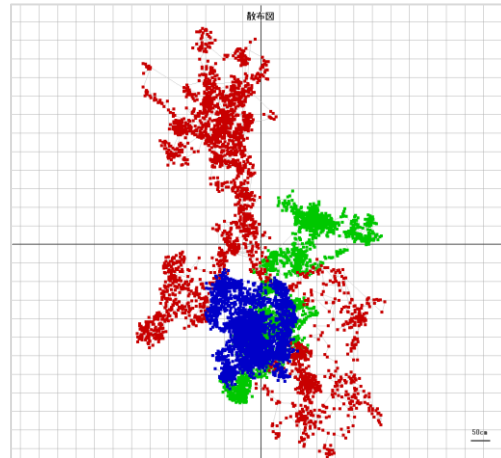
伊達



女川



大阪A

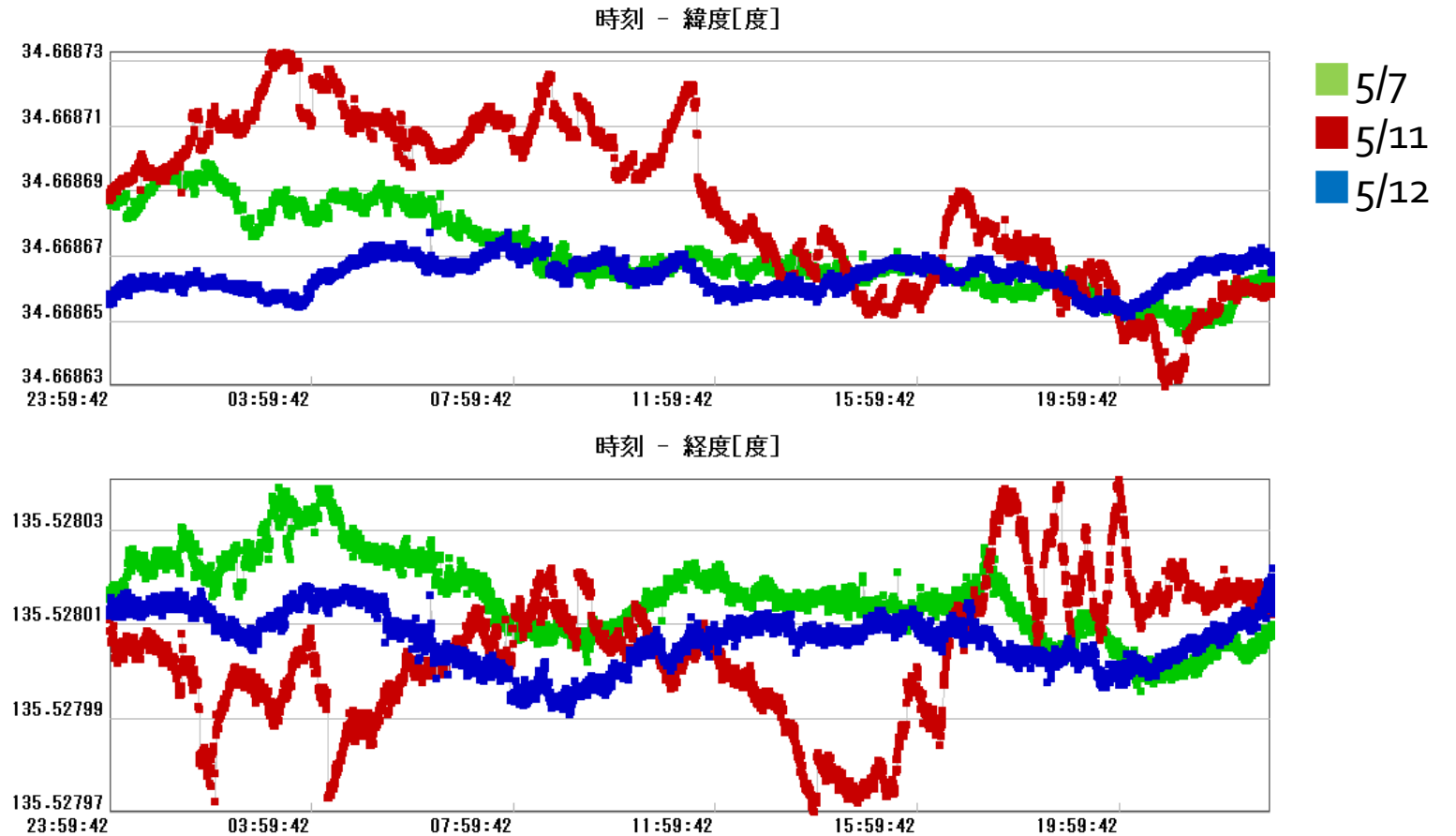


大正

- 5/7
- 5/11
- 5/12

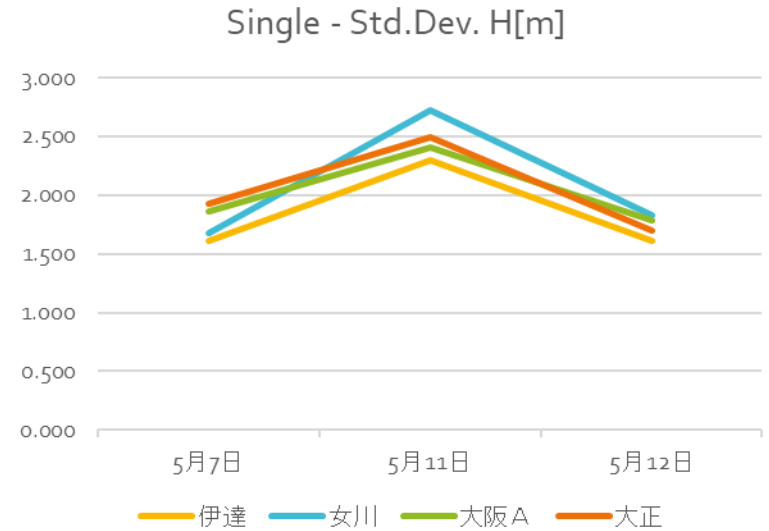
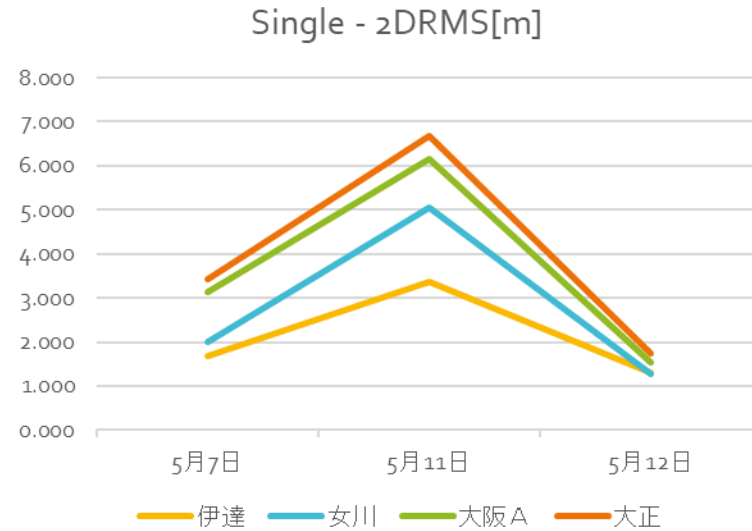
- 画像は各基準点の単独測位結果（X,Y座標）を日毎に色を変えてプロットした図である。
- 散布図から5/11の測位結果が大きく乱れていることが確認できる。

# 単独測位 時系列グラフ



- 画像は大阪Aの単独測位結果（緯度、経度）の時系列グラフである。
- 5/11は全体的に乱れが大きいことが確認できる。

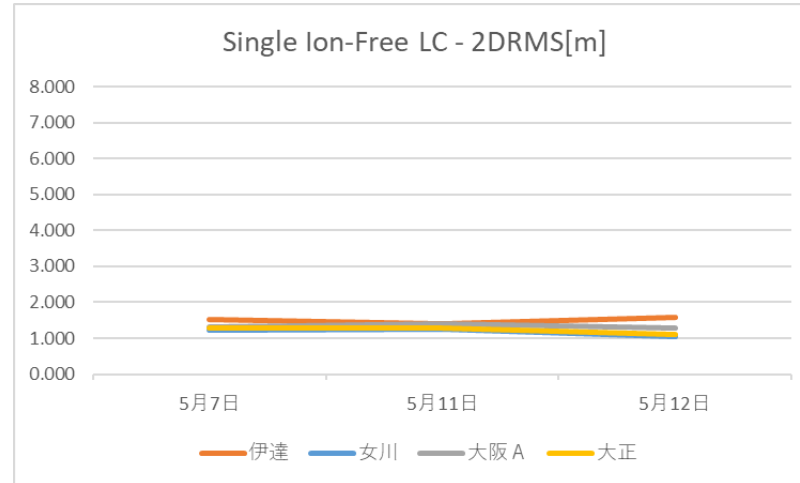
# 単独測位 統計値



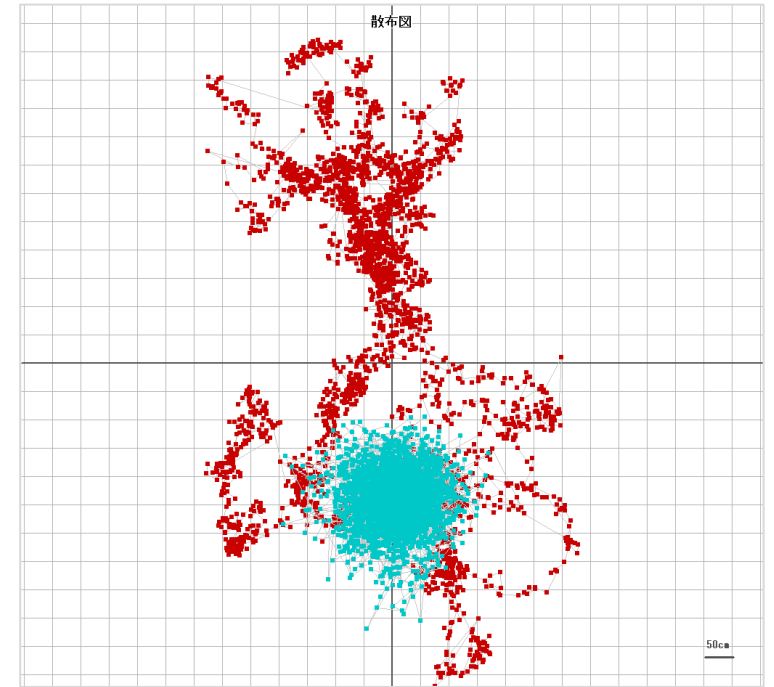
- 各基準点の単独測位結果（3日分）に対し、日毎に2DRMS、標高標準偏差を計算、その結果をグラフ化し比較したものである。
- いずれの指標もすべての基準点で5/11に値が最大であることが確認できるため、この日に全国的な単独測位精度の劣化が発生したことがわかる。



# 単独測位 電離圏フリー 線形結合



- 上のグラフは、各基準点の電離圏フリー結合（IF-LC）の場合の2DRMS[m]のグラフであり、通常の単独測位の場合とは異なり、5/11の精度劣化が抑制されていることがわかる。
- 右の図表は、5/11の大阪Aの電離圏遅延補正が放送暦のときと、IF-LCの場合を比較したものである。

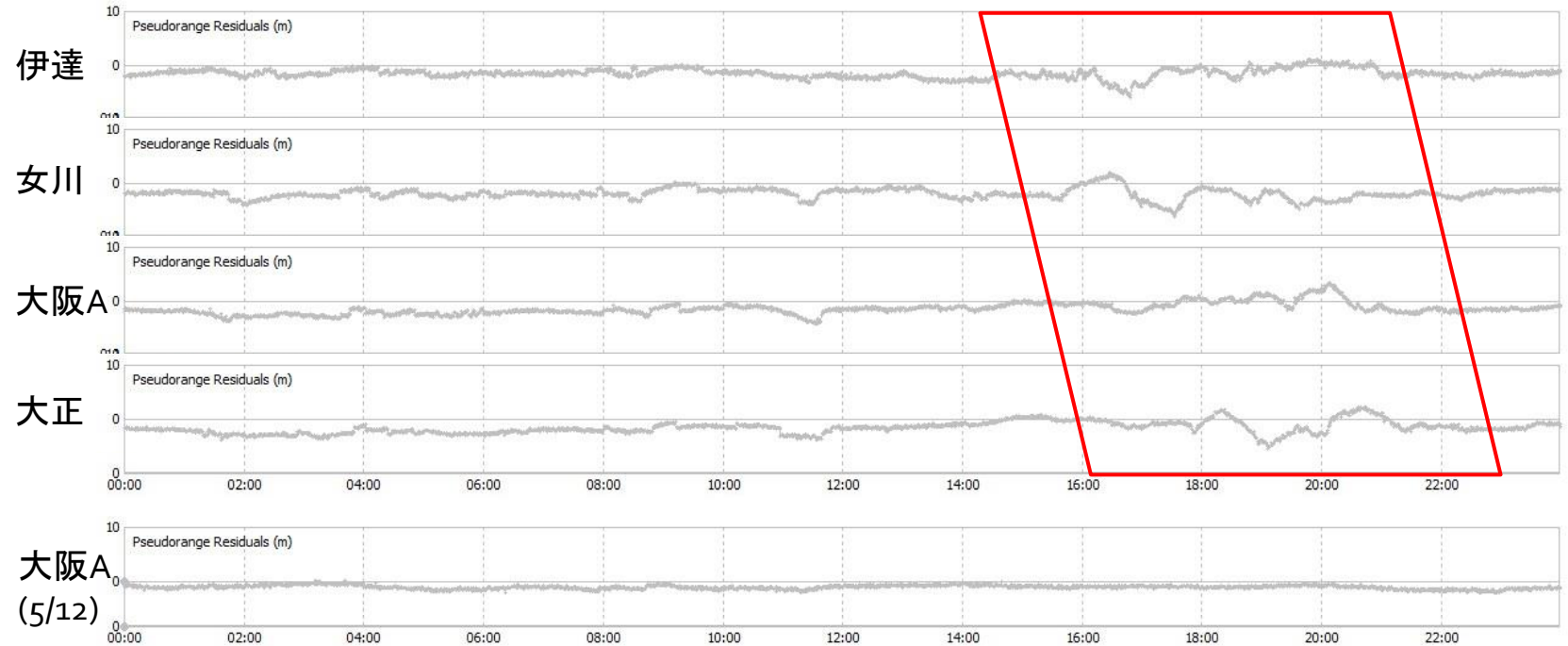


■ 放送暦、■ IF-LC

	放送暦	IF-LC
2DRMS[m]	6.150	1.392
Std.Dev. H[m]	2.407	1.313

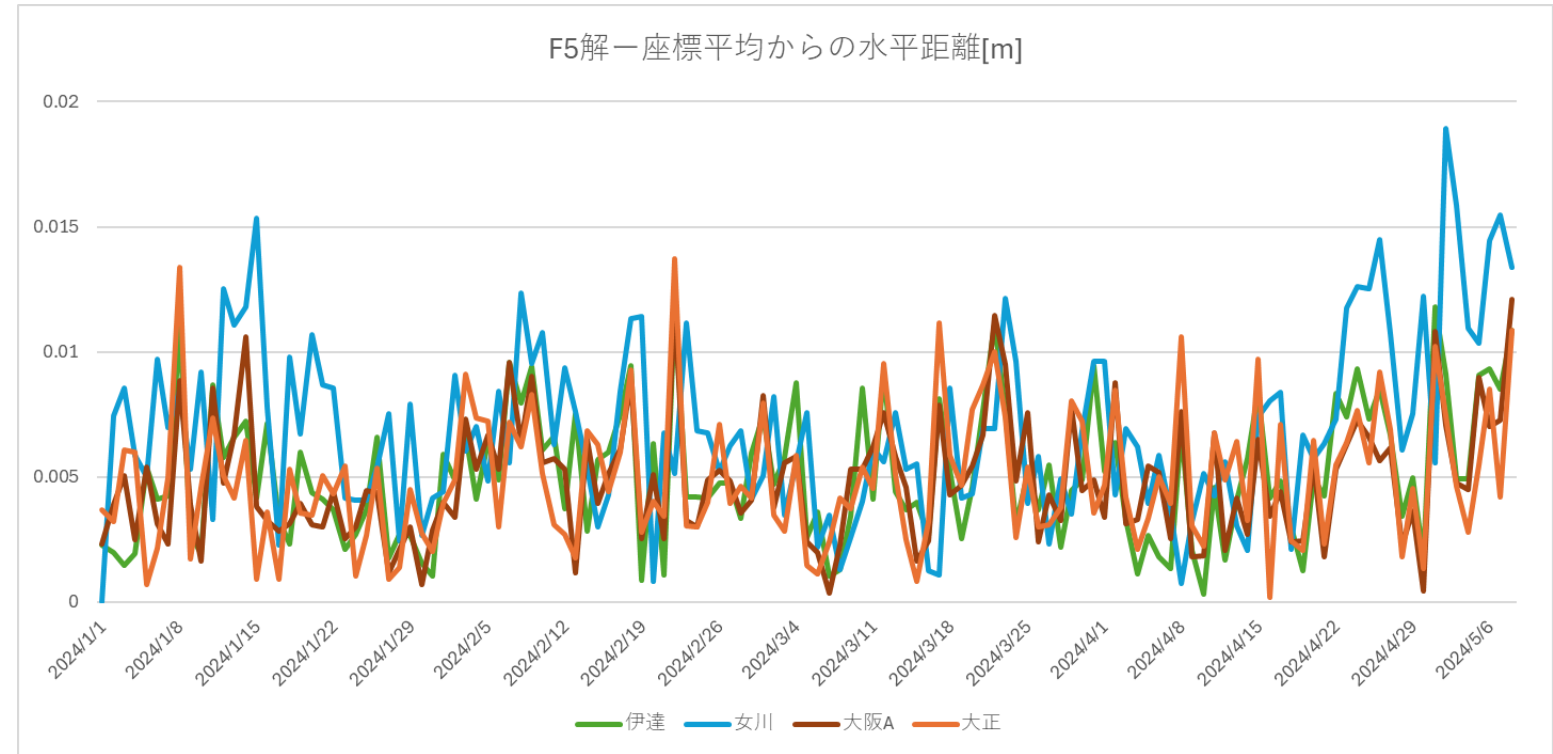
# 単独測位 疑似距離残差

J07(5/11)



- RTKLIBから疑似距離残差を計算し、24時間の変化を確認するために静止軌道の準天頂衛星（J07）をピックアップした。
- 上から4つのデータは5/11のもので、5/12の大阪Aのデータと比較すると、全国的に15時から22時頃まで疑似距離残差が乱れていることが確認できる。

# 日々の座標値



- F5解の座標平均からの水平距離の時系列グラフである。
- データは、2024年1月1日から5月11日までを利用している。
- 女川では5月初旬頃から水平距離が大きくなっているが、それ以外の基準点は他の時期と比較して顕著な変化があるとはいえない。

# まとめ

- 単純な単独測位では、全国的に測位精度の劣化が確認できた。
- 単独測位から同時に算出される疑似距離残差には、5/11に乱れが生じていることが確認できた。
- 単独測位でも、電離圏遅延補正に電離圏フリー結合を用いると測位精度の劣化が抑制されることが確認できた。
- 日々の座標値では、一部の基準点を除き顕著な精度劣化は確認できなかった。

# 用語集

用語	説明
2DRMS	水平方向の位置精度の誤差。半径2DRMSの円に含まれる確率が95～98%。
RINEX	GNSSにおける観測データ交換用の共通フォーマット
ROTI	電離圏電子密度の擾乱指数
疑似距離残差	測位計算で最小二乗法から算出される疑似距離の残差。疑似距離に含まれる遅延量の推定量となる。
太陽フレア	太陽面の黒点の周辺で突然明るく光る現象。(NICT)
電離圏フリー線形結合	電離圏の影響を軽減する搬送波位相を作成するための線形結合。
日々の座標値	国土地理院が提供する電子基準点の毎日の座標値。F5解などがある。
ロック損失率	GNSS信号の信号追尾が外れる割合 (LOL)