

GNSS-SDRを利用した人材育成に関する取 り組みにおける進捗状況と成果について

2023年9月1日 SAPT第5回研究発表講演会
東京海洋大学 尾関友啓

ニュース等を以下HPで更新中です
<https://gnss-learning.org/>

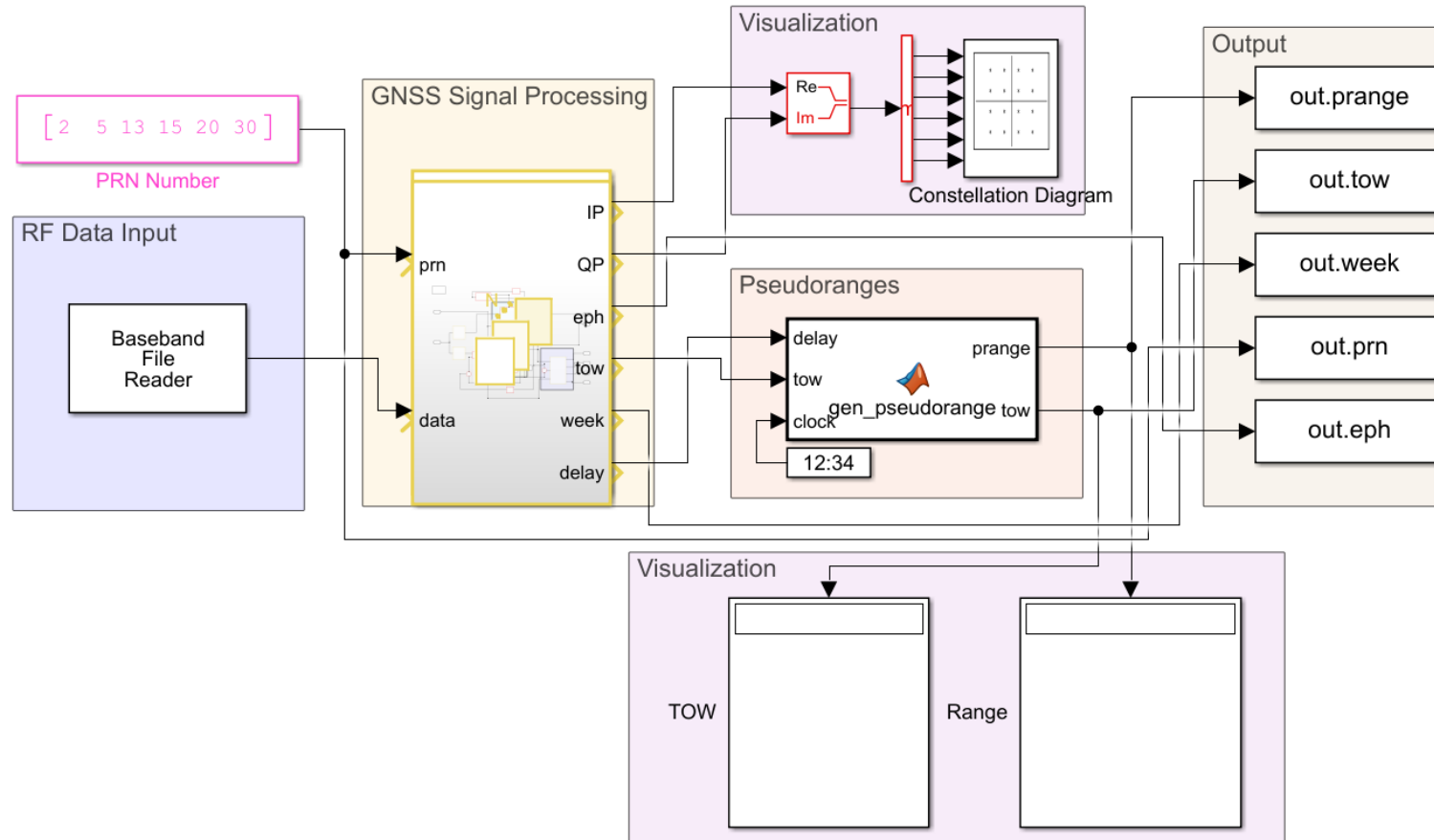
本プログラムの概要

- ソフトウェアGNSS受信機用のプログラムと教材を参加者に配布し、GNSS受信機の動作を理解してもらいます
- **2022年度**は教材の理解とプログラムの理解がメインで、合わせて、電波暗室（電子航法研究所）でGNSSアンテナの特性を取得します
- **2023年度**は、上記の基礎をベースに、発展的課題（受信機内部の理解が必要な課題）への取り組みとコンテストを開催します
- **この2年間を通して参加してもらうことが重要**

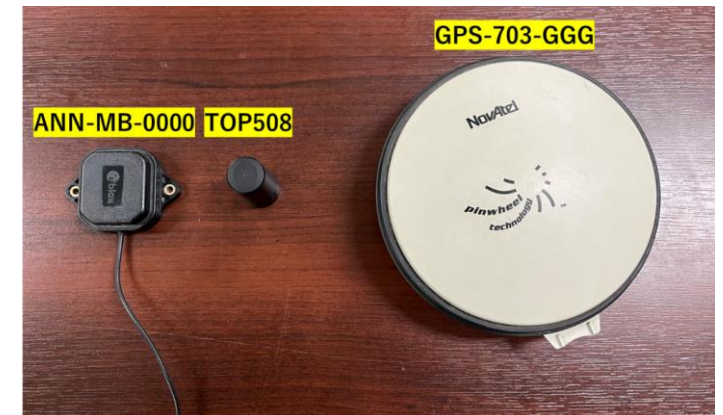
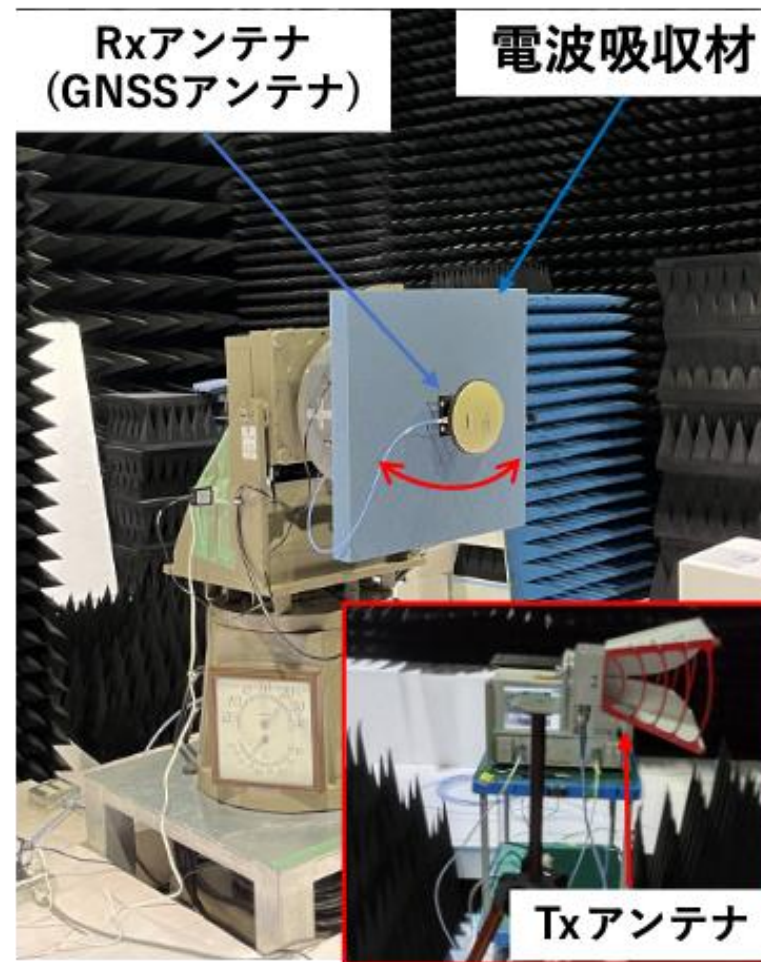
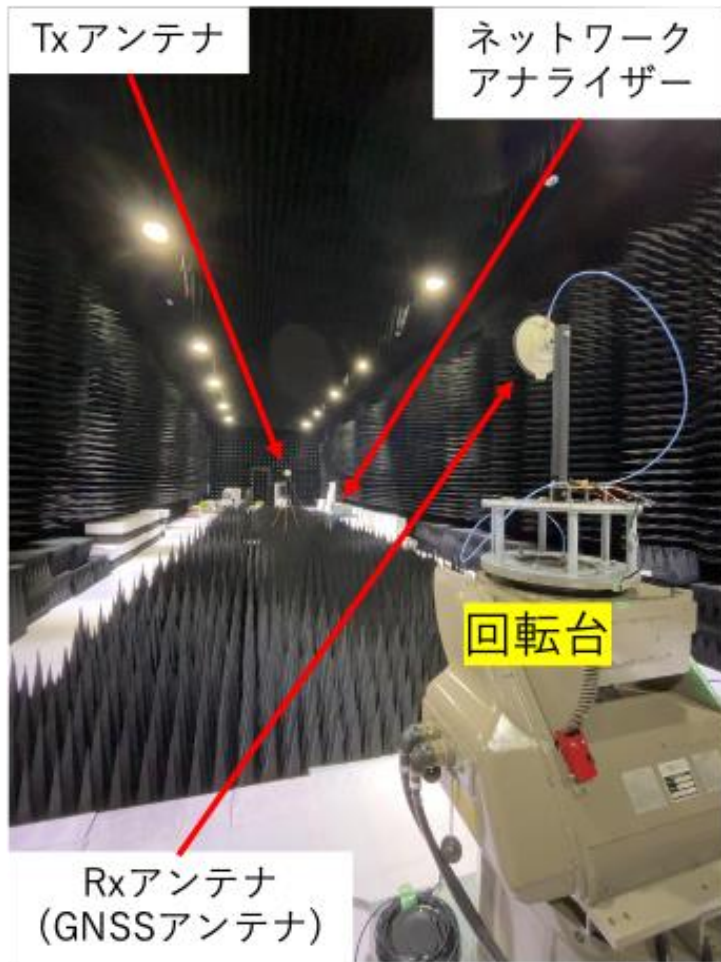
現在、SDRコンテストを実施中

MATLAB Simulink

- MATLAB Simulinkで開発されたプログラムを用いて、GNSS受信機の処理の流れを学習する
C言語で開発されているGNSS-SDRプログラム(Ex. SDRLIB)と比べて、視覚的に理解できる
- プログラム、教材及びフロントエンド(RTL-SDR or Pocket-SDR)は受講者に配布or貸与済み

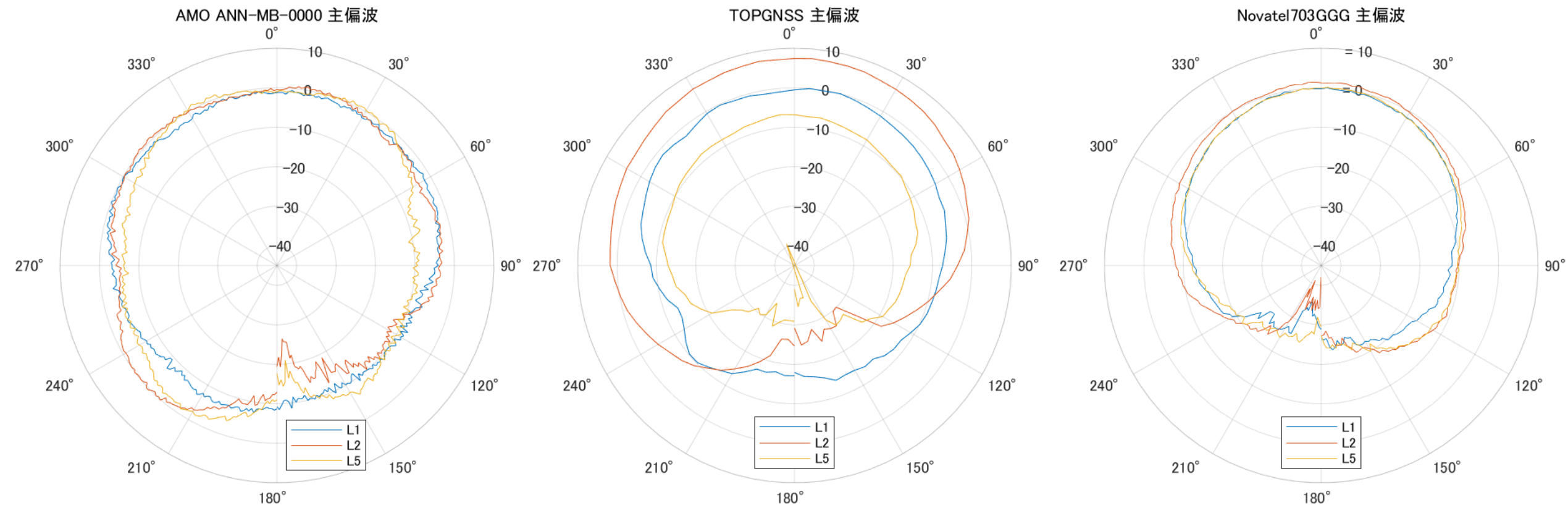


アンテナパターン測定方法



アンテナパターン測定結果(主偏波)

- 主偏波(右旋円偏波)のアンテナパターン
(L1信号の主偏波における最大値を0dBとして、キャリブレーション)



Novatel 703-GGG(測量級)：水平線下の利得が抑えられていて、水平線L1/L2/L5の利得がほぼ同じ
TOP508(ヘリカルアンテナ)：水平線下の利得が抑えられていて、L2の利得が高いのが特徴
ANN-MB-0000(パッチアンテナ)：水平線下の利得が抑えられていない

SDRコンテスト概要

- 本コンテストはGNSSフロントエンドで取得したRFデータから、RFデータに含まれるGNSS信号の捕捉、追尾にチャレンジするコンテストです
 - QZSS, SBASなどのRNSSも含まれます
- RFデータのフォーマット, 中心周波数, サンプリング周波数のみ公開されています
- RFデータに含まれるGNSS衛星 (レベル1・捕捉), それぞれの衛星の生の航法メッセージビット列 (レベル2・追尾)を提出してもらいます
- より多くの衛星を捕捉 (レベル1) し, より長い時間正しく追尾 (レベル2) できた人を表彰します

- 異なる中心周波数で異なる時間に取得した2つのRFデータを提供します
- 中心周波数以外は2つのRFデータは同一です
 - サンプリング周波数: 6 MHz
 - 中間周波数: 0Hz (ダイレクトコンバージョン)
 - サンプリングビット数: 2 bits
 - 取得時間: 300秒
 - データフォーマット
 - I (1 byte, signed char) Q (1 byte, signed char) I Q I Q ...
- **rfdata1.bin**
 - 中心周波数: 1575.42 MHz
- **rfdata2.bin**
 - 中心周波数: 1561.098 MHz

2023年9月30日 (JST 23:59) までに提出
昨年のSDRセミナー参加者以外でも可

IFデータについて(rfdata1.bin)

公開されている情報はサンプリング周波数、中心周波数、中間周波数、IQサンプリングのみ
(6 MHz, 0 Hz, IQ, 1575.42 MHz)

解析するにあたり、IFデータが取得された時間は非常に大事

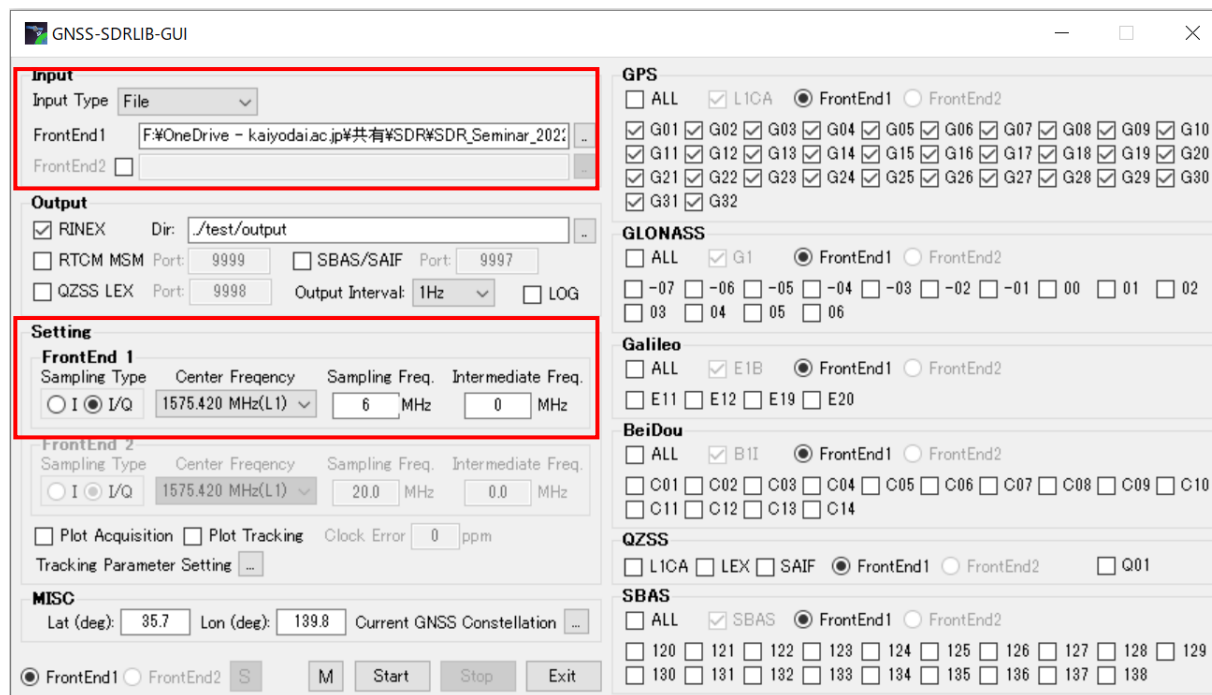
事前に時刻が分かれば衛星配置が分かる

→事前に捕捉する衛星が選定できる(GNSS受信機のホットスタート)

GNSS-SDRLIBを利用して、IFデータを少し解析してみる(RINEXを出力)

→2023年8月2日7時35分(GPST)頃

※ GNSS-SDRLIBは一部の信号のみ対応(コンテストで上位入賞を狙うには×)

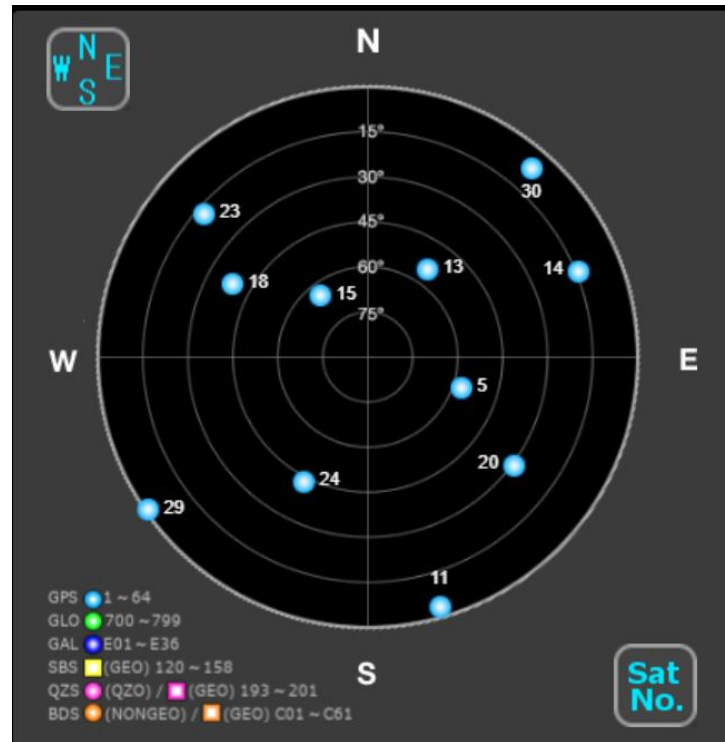


Pocket SDR

GNSS-SDRLIBを利用して判明した衛星配置図、Pocket-SDRを利用してGPS L1C/Aを捕捉してみる
2023年8月2日7時35分(GPST)には約11機のGPS衛星(東京)

以下のコマンドを実行することで信号捕捉ができる

```
>>python pocket_acq.py rfddata1.bin -f 6 -sig L1CA -prn 1-32
```



tomojitaku / PocketSDR Public

Code Issues 5 Pull requests 2 Discussions Actions Projects Security Insights

master 1 branch 0 tags

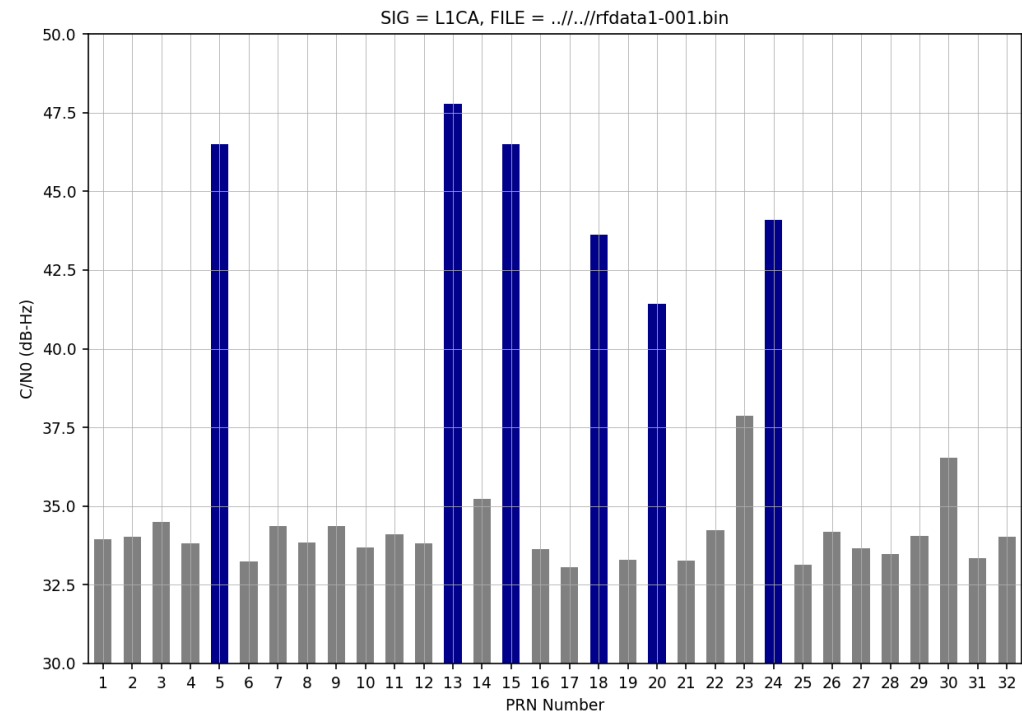
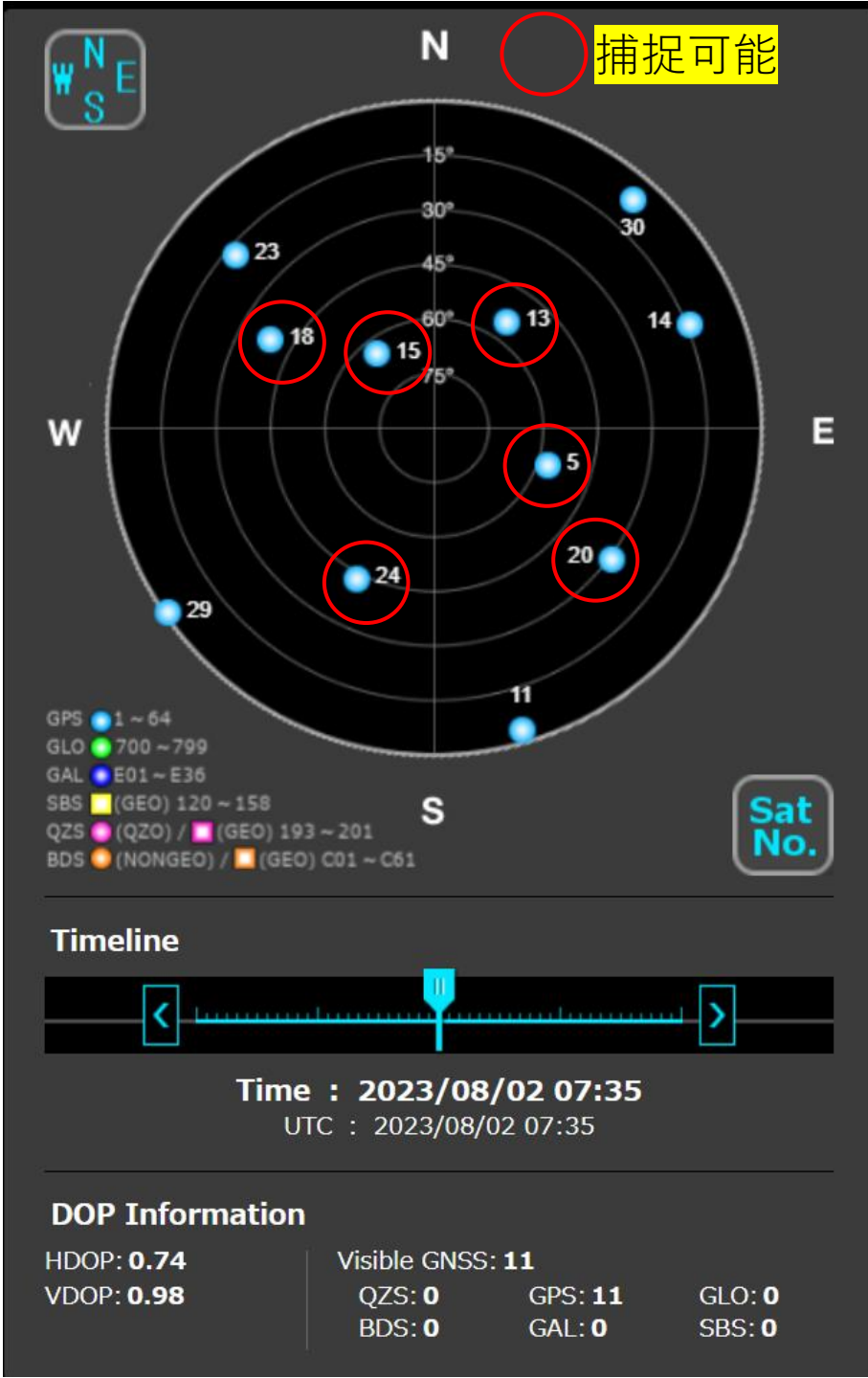
File	Commit Message	Time
tomojitaku Fix date.	654a590 on Jul 19, 2022	255 commits
FW	PocketSDR ver.0.1	2 years ago
HW	Add PCB schematic and layout PDF.	2 years ago
app	Add linker option -static for Windows.	last year
bin	Updated with linker option -static.	last year
conf	Added.	last year
doc	PocketSDR ver.0.1	2 years ago
driver	Added.	last year
image	Add images.	2 years ago
lib	Fix load libstdc.so error in Python code.	last year
python	Support API change.	last year
sample	Add sample data links.	last year
src	Fix memory-free bug in gen_code_L1CB0.	last year
test	Updated.	last year
LICENSE.txt	PocketSDR ver.0.1	2 years ago
README.md	Fix date.	last year

README.md

Pocket SDR - An Open-Source GNSS SDR, ver. 0.8

Overview

※Pocket-SDRはほぼ全ての信号に対応している



Sampling:6MHz,IQ, 積分時間:10ms, 50Hz探索

GPS L1C/A prn 1-32を探索

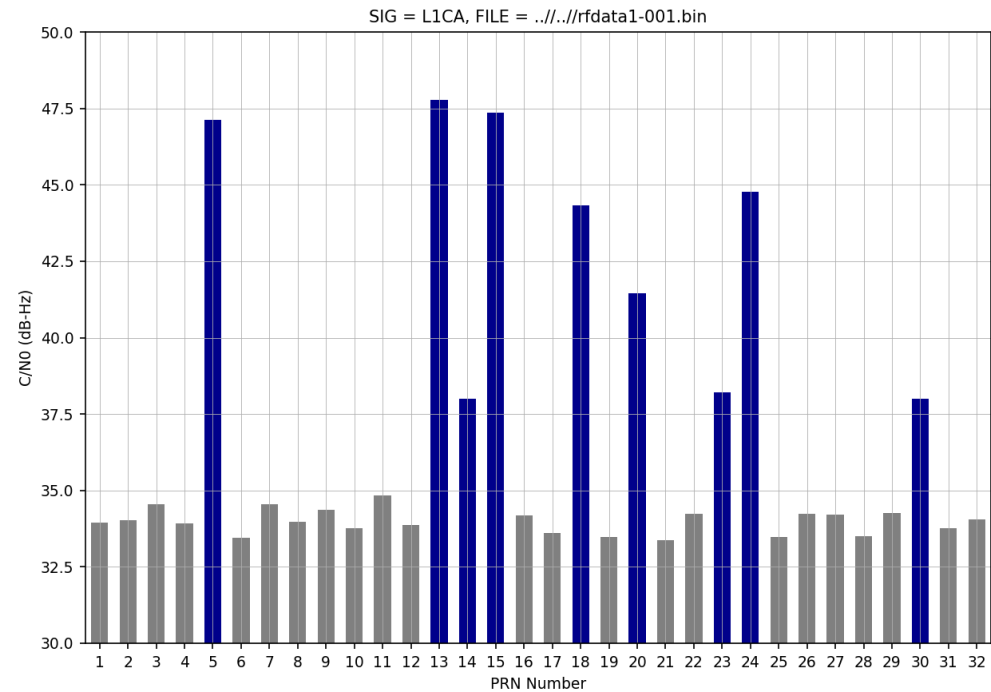
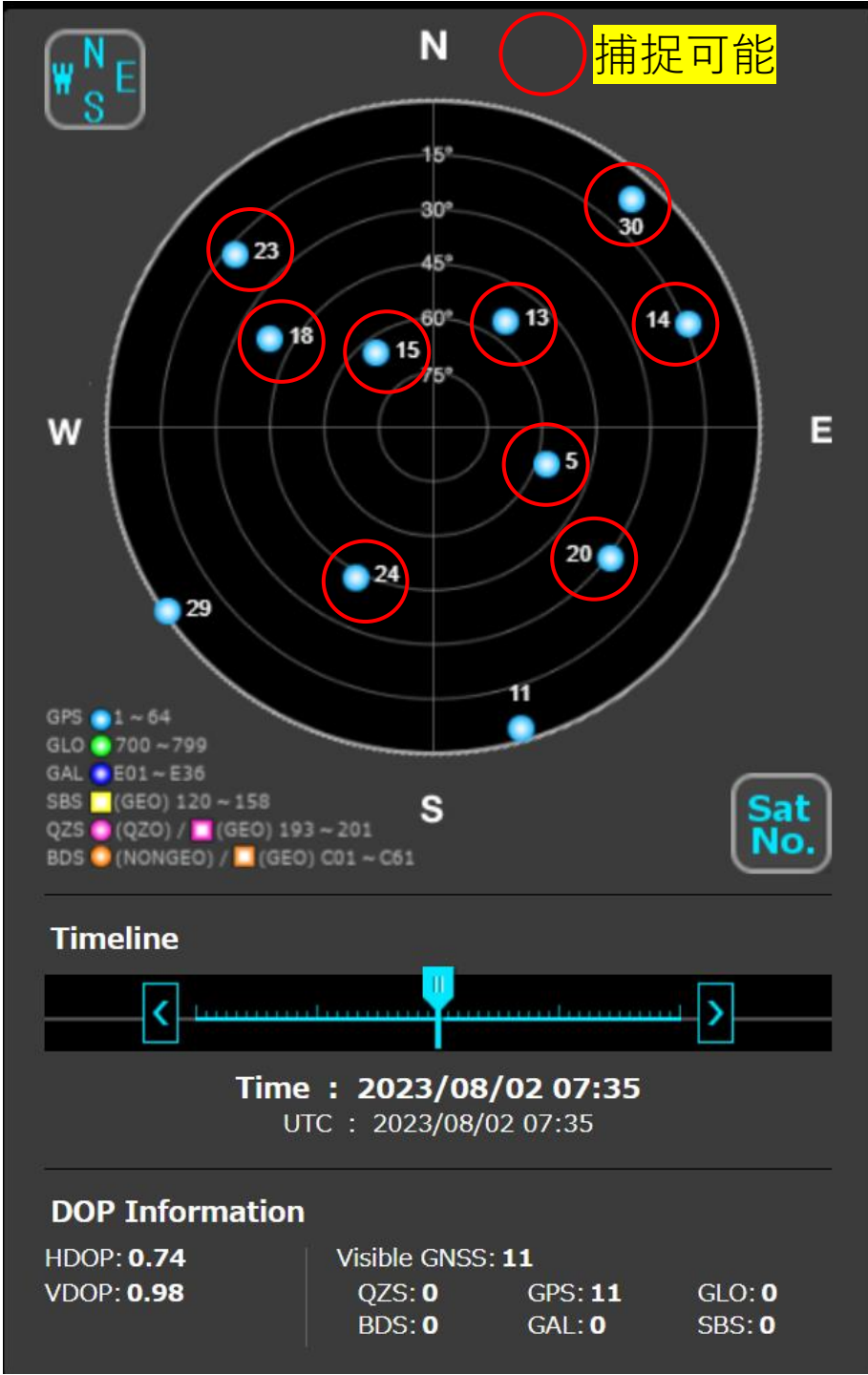
デフォルトの設定の場合、6機捕捉可能

$$cn0 = 10.0 * \log_{10}((P_{max} - P_{ave}) / P_{ave} / T) \text{ (dB-Hz)}$$

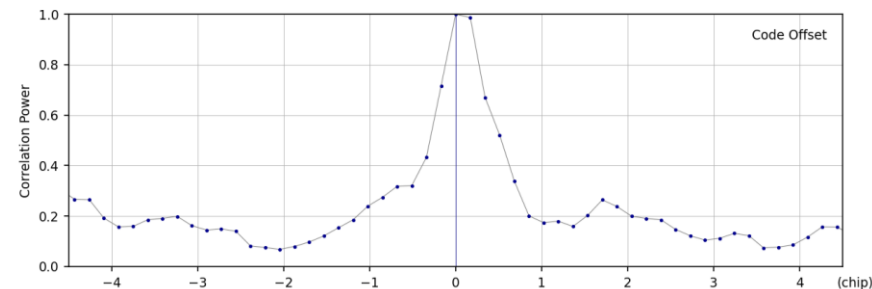
THRES_CN0 = 38.0 # threshold to lock (dB-Hz)

If $cn0 > THRES_CN0$: 捕捉

捕捉判定は結構厳しい



Sampling:6MHz,IQ, 積分時間:10ms, 50Hz探索
 捕捉条件を P_max と P_ave の比で判定(5以上)で **9機捕捉**



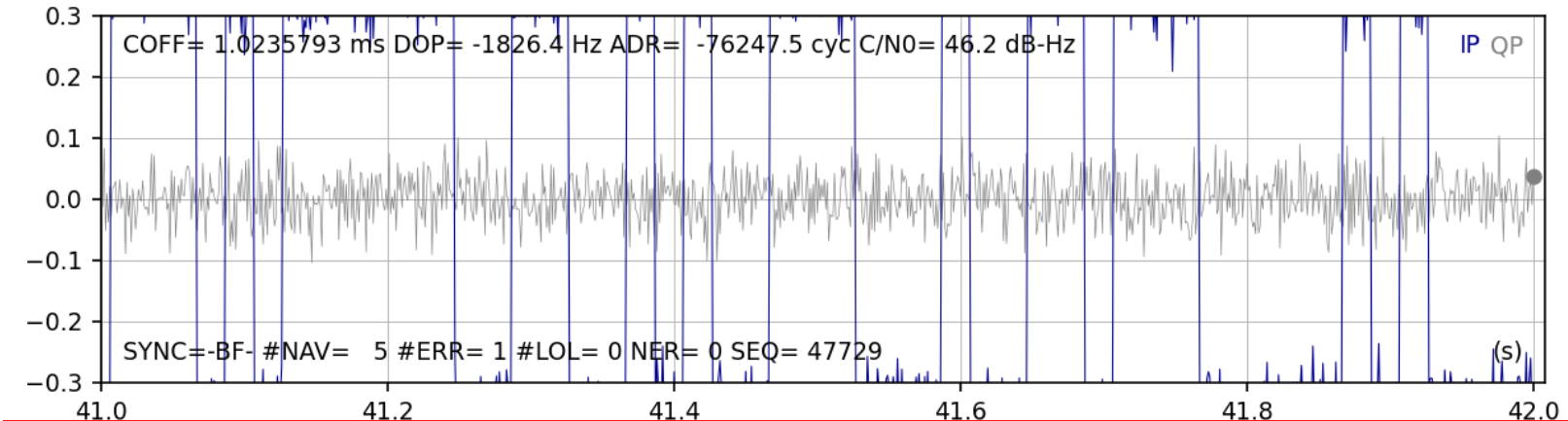
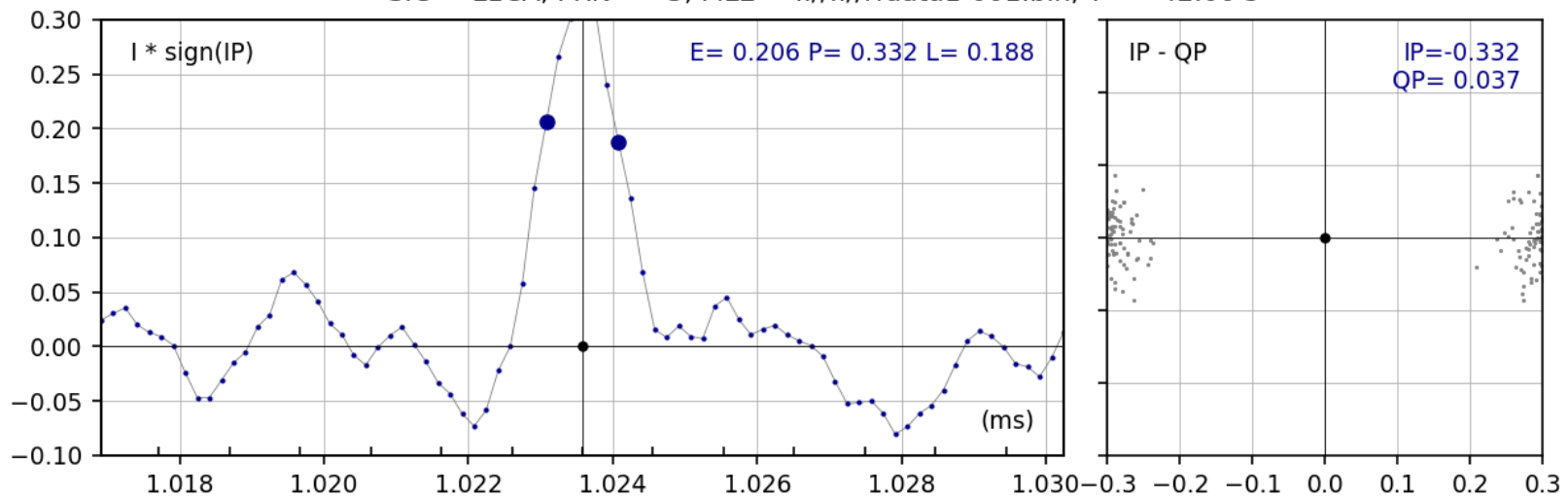
Ex. P_max:1.0 P_ave:0.19 → P_max/ P_ave=5.26 > **5**

信号追尾(レベル2)

以下のコマンドを実行することで信号追尾ができる

```
>>python pocket_trk.py rfddata1.bin -f 6 -sig L1CA -prn 5 -p -ti 1
```

SIG = L1CA, PRN = 5, FILE = ../../rfddata1-001.bin, T = 42.00 s

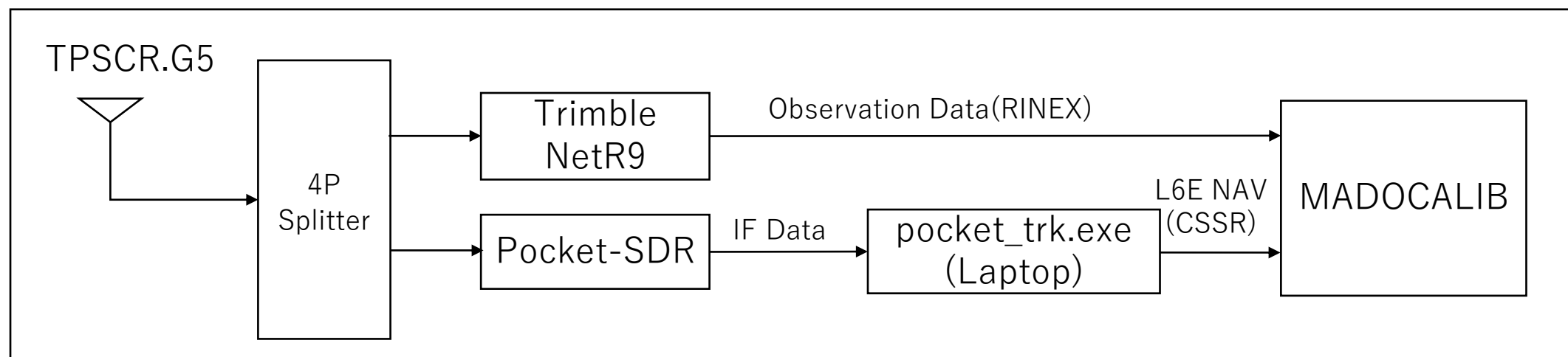


NAV DATA	Hex Data
13.27:	8B0384B974DC9203850004F44145D2B587ABA6E5BFD43FB99178025193F9FF000CFBB80DC180
19.27:	8B0384B974DEA4809F5B9A7360EFA3476645C425E3F1C1BEDDADFFA25795F2572836E6C37B40
25.27:	8B0384B974E0B2400135665ADA5700FFE827E992DB2CA2EBD309B5562536FFA2A87FD8400100
31.27:	8B0384B974E2C607954A5CF82FE2904AE38E6C772C22BF9944C25BA3BF3FF94A78DECA46F140

航法メッセージ(16進数)
提出は2進数
-log で出力可能

SDRの応用的利用例

- 衛星を経由した補正情報の配信サービスの整備が進んでいる
Trimble RTX, MADOCA-PPP, HAS
- インターネット配信と比較して広範囲で利用可能(アベイラビリティ○, データ容量×)
- PPPに関連する研究の多くは、アーカイブデータを利用している
補正情報のアベイラビリティを評価した研究は少ない
- L6E信号(MADOCA-PPP)補正情報のアベイラビリティを評価する
- L6E信号を受信できるGNSS受信機は多くない、またそのアルゴリズムは当然不明
→SDRを用いてL6E信号を受信する
- Pocket-SDRを利用する

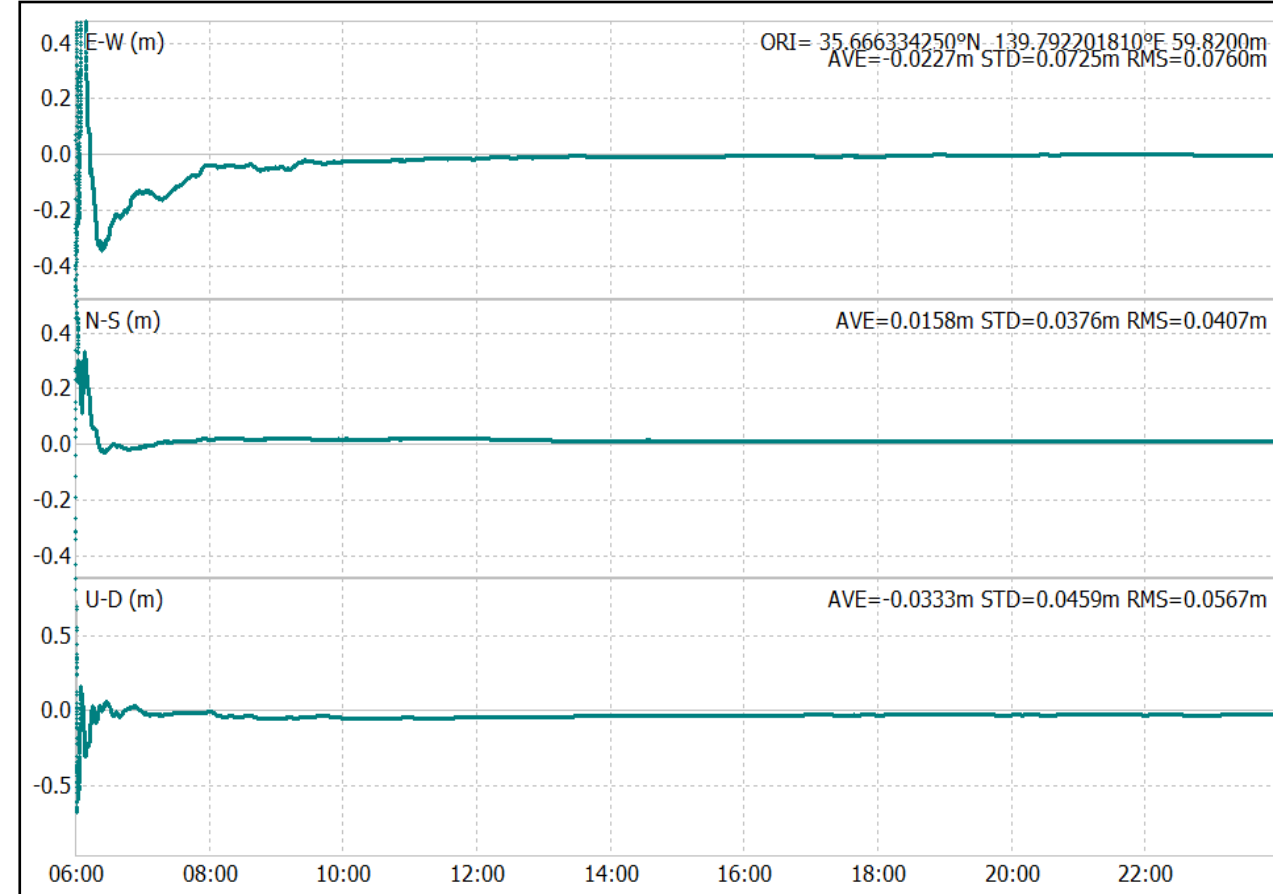
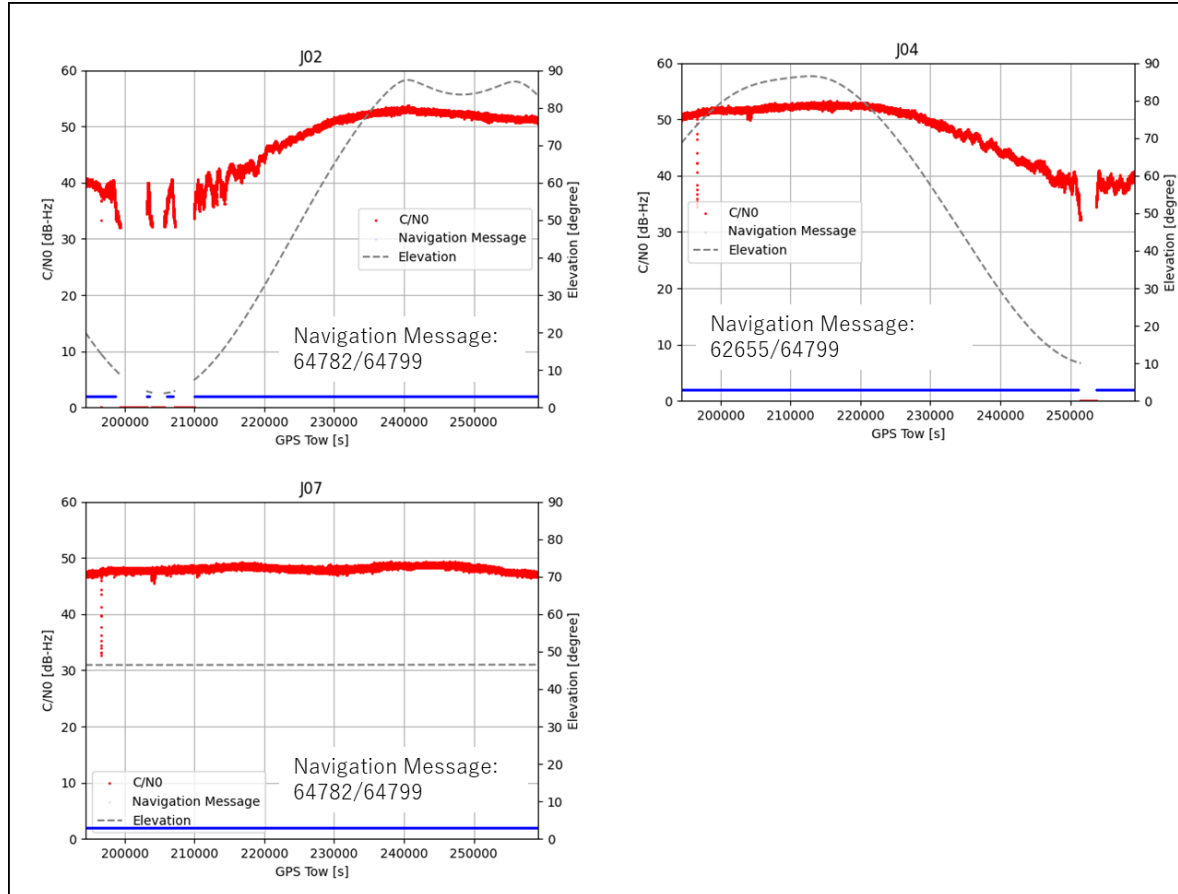


SDRを用いたMADOCA-PPPについて

- ・実施した実験は静止体(オープンスカイ)、静止体(マルチパス環境)、移動体(マルチパス環境)の計3カ所

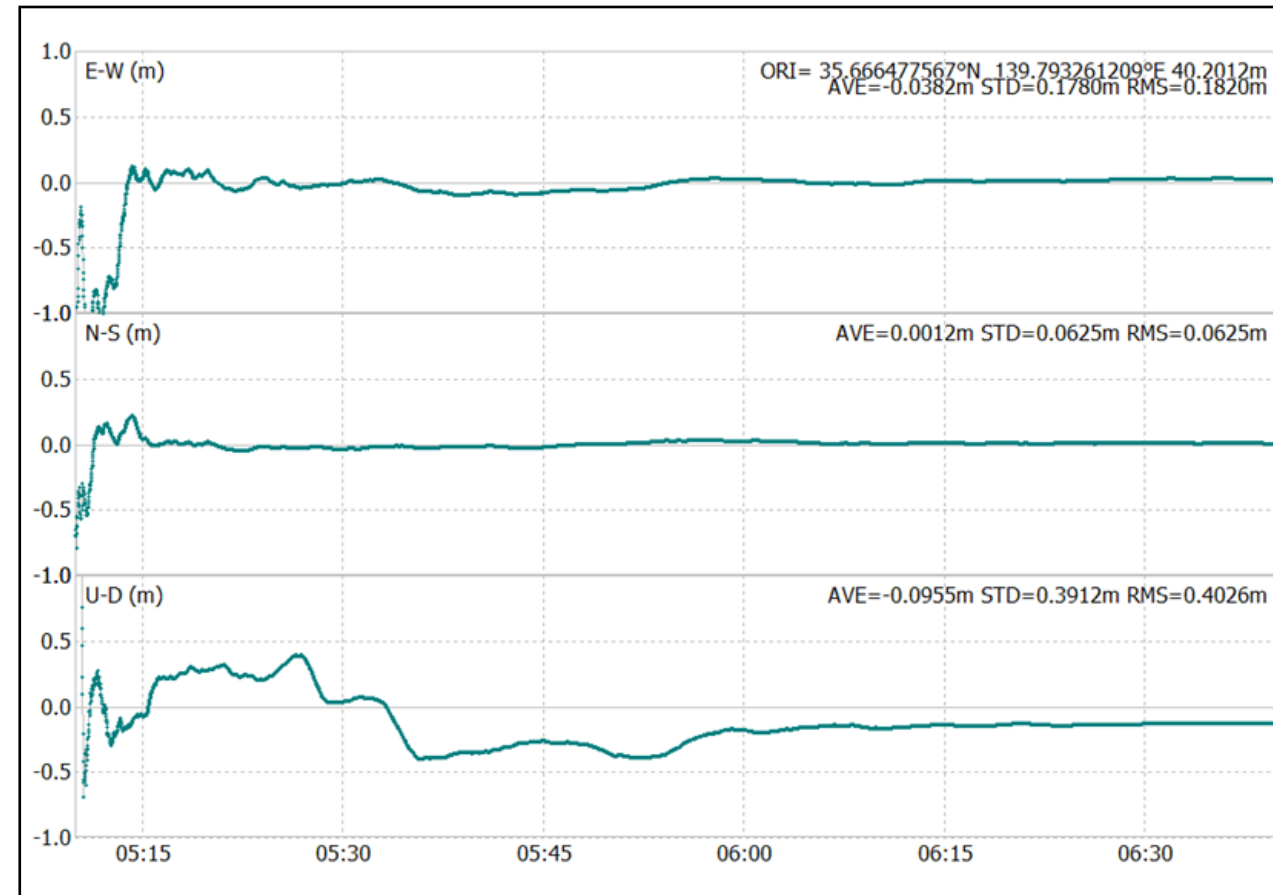
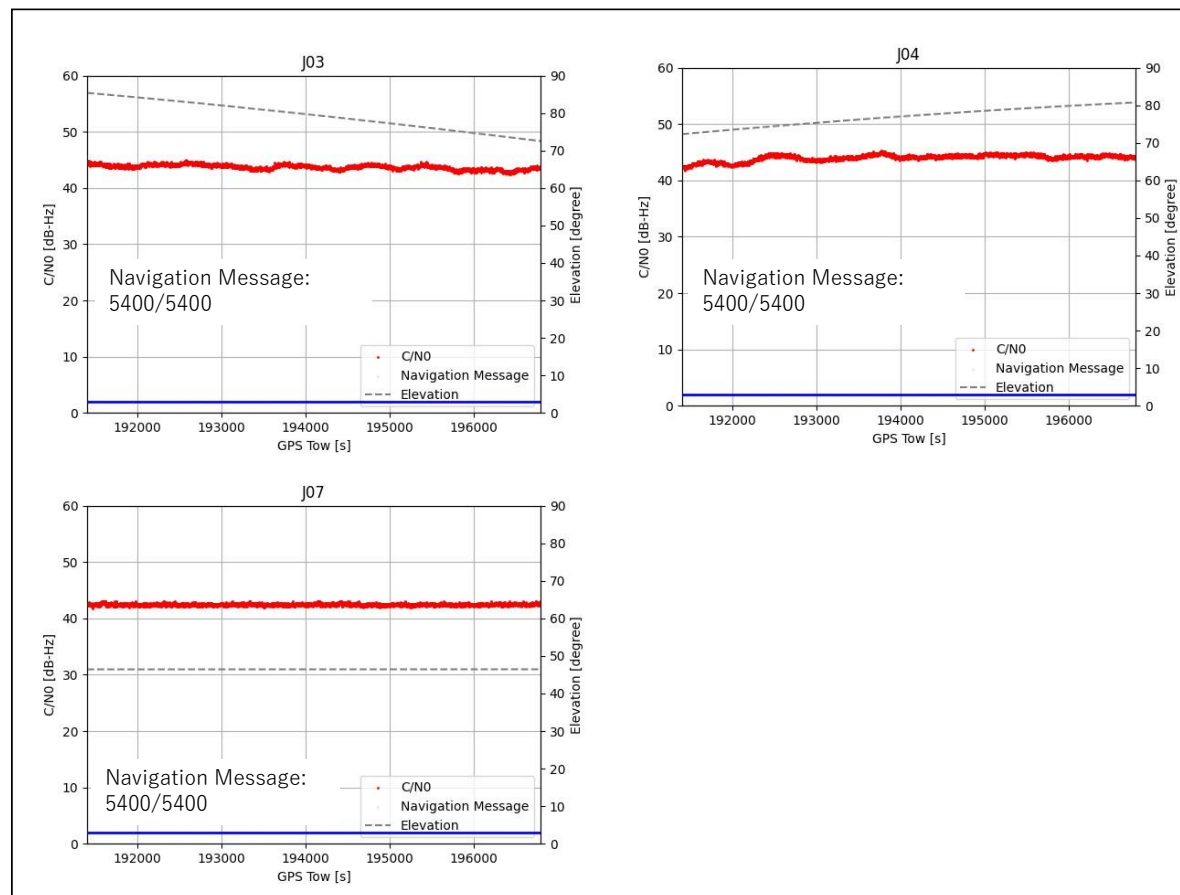


静止体(オープンスカイ)



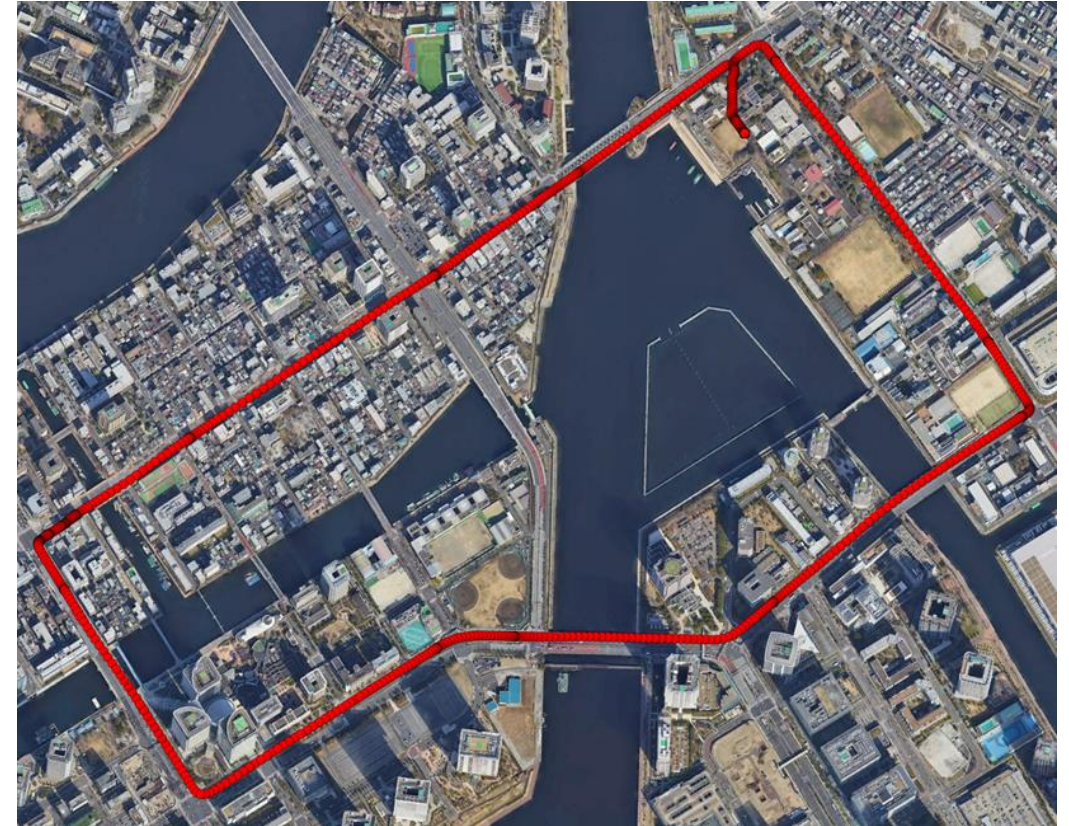
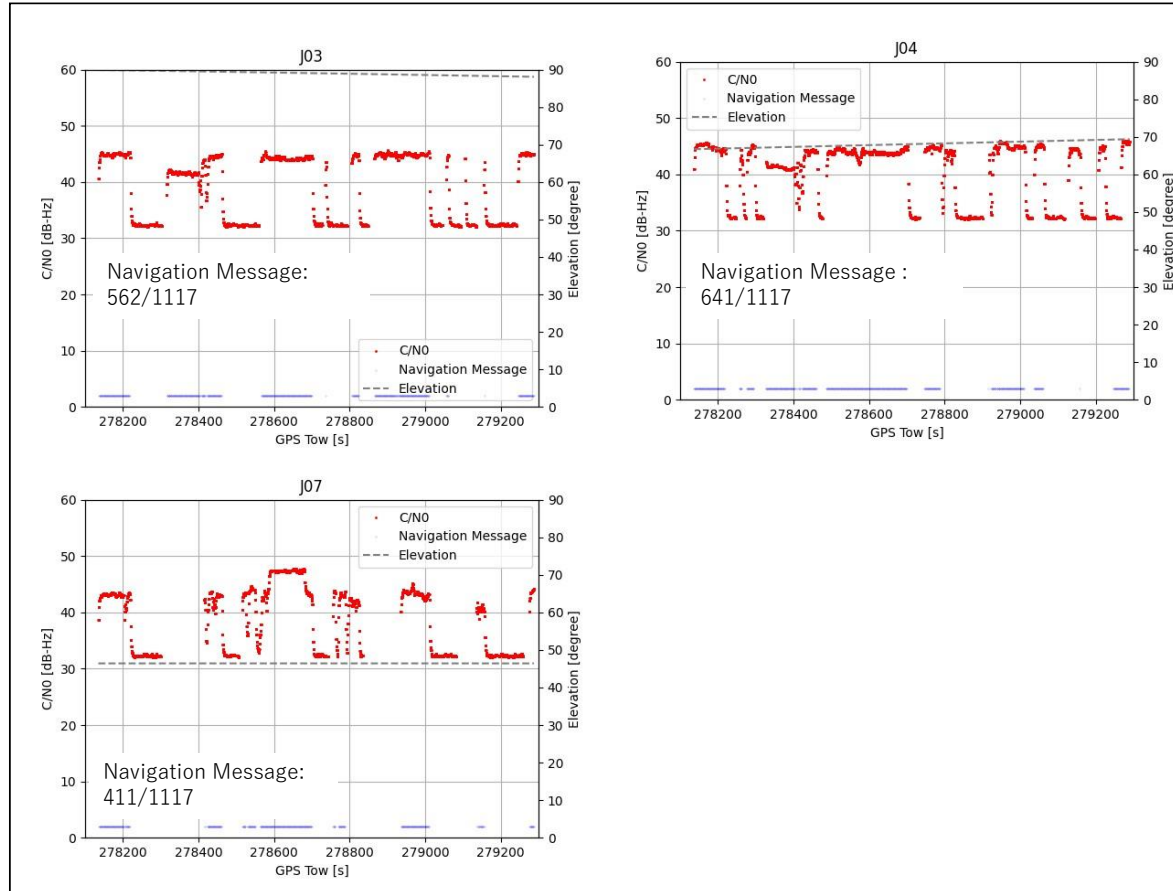
低仰角時を除き、L6E信号のデコードは問題なく可能(PPP測位も問題なく可能)
PCの処理落ち時は、追尾を外している

静止体(マルチパス環境)



マルチパス環境においても、L6E信号のデコードは問題なく可能(PPP測位も問題なく可能)
測位精度は劣化する

移動体(マルチパス環境)



移動体においては再収束の問題があるので、測位精度は調査せず
高架下からの復帰や、看板により瞬断が存在

まとめ

- 2022年度よりスタートしたセミナーより、GNSS-SDRに関する教育、研究が少しずつ進んでいます
- 今年度はセミナーの知識を生かしてコンテストに参加したり、研究発表に取り組んでいる
- 昨年度使用した教材及びプログラムは原則公開しているので、是非ともお役立てください

2023年9月30日（JST 23:59）までに提出
昨年のSDRセミナー参加者以外でも可