

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/>

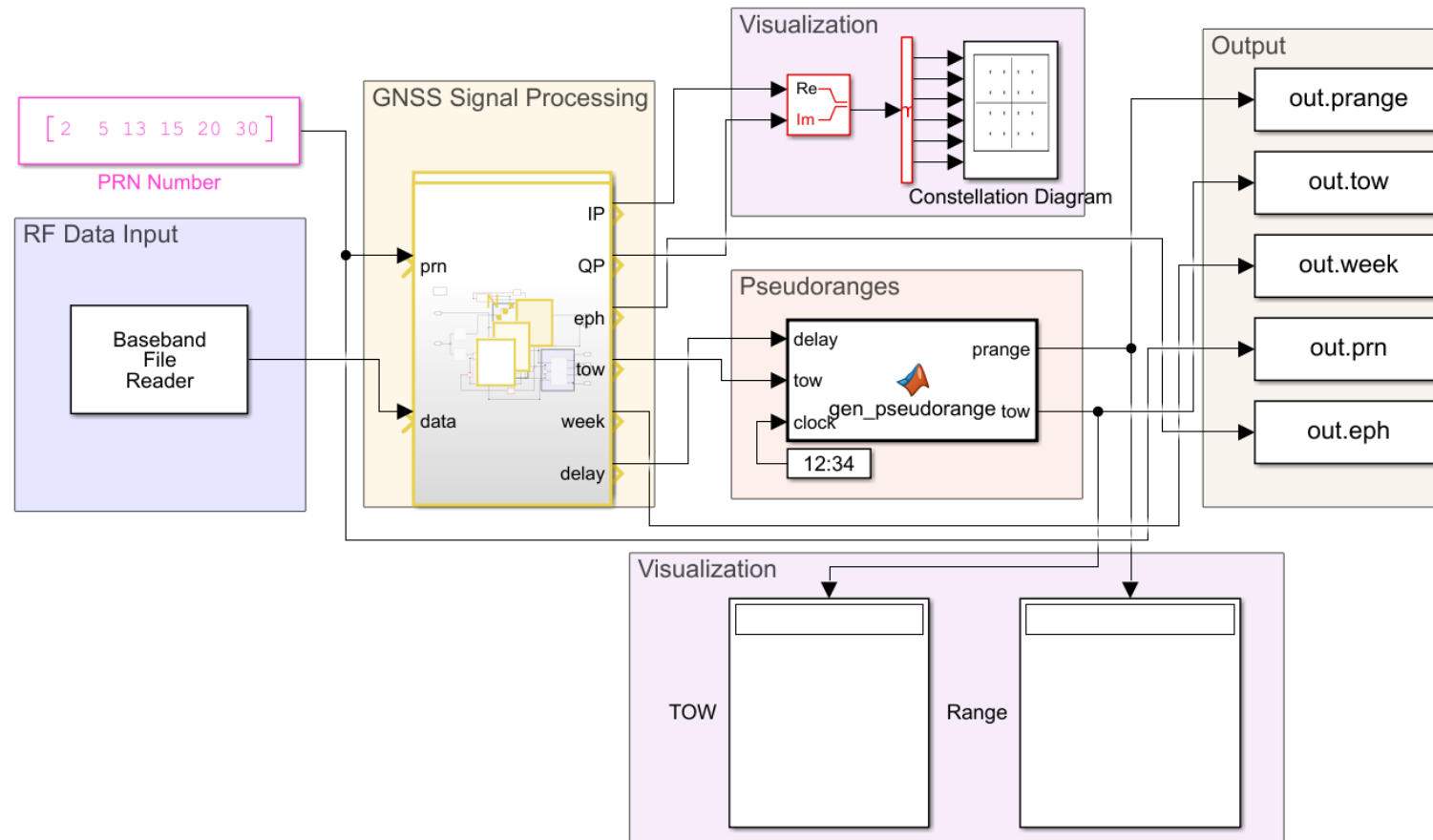
本プログラムの概要

- 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**

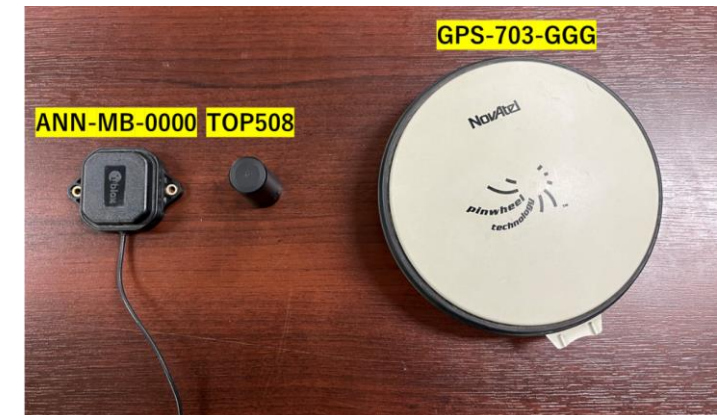
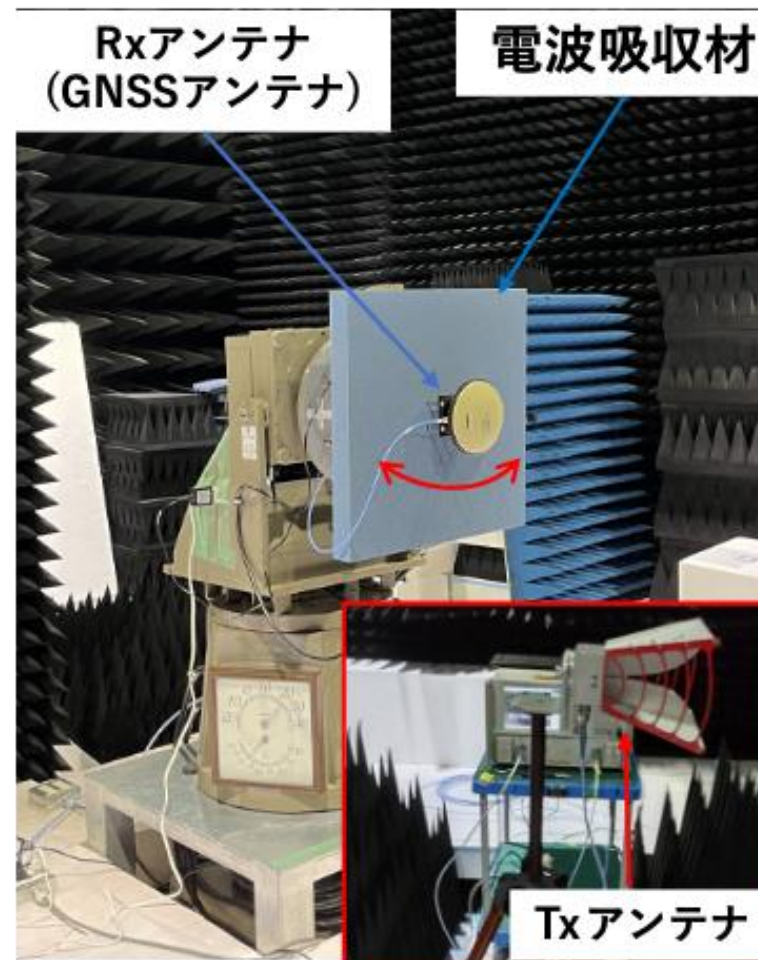
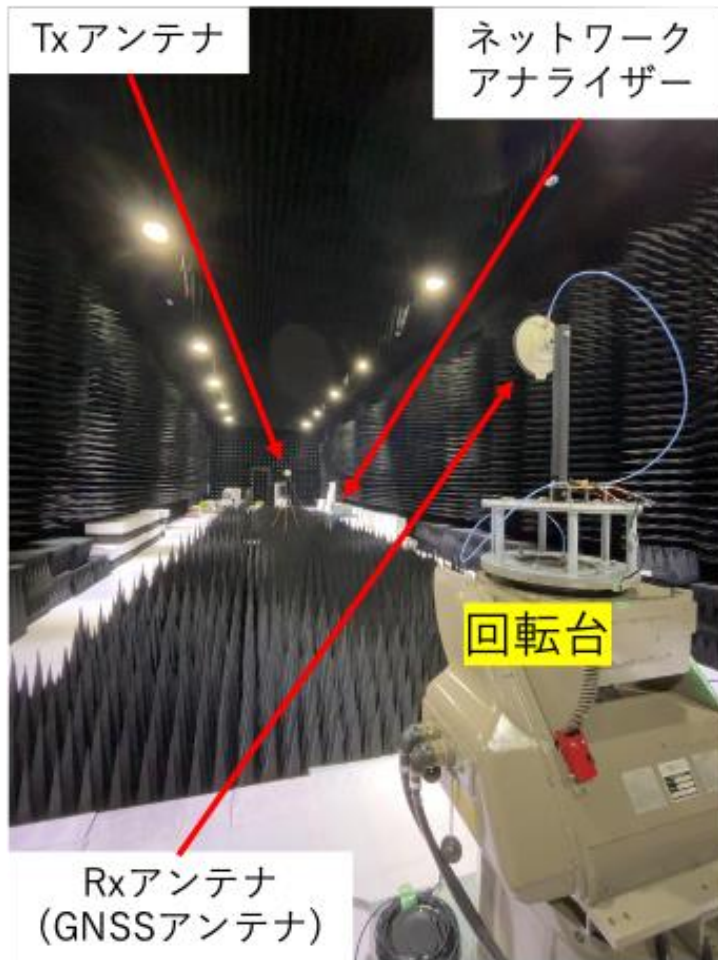
現在、SDRコンテストを実施中

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

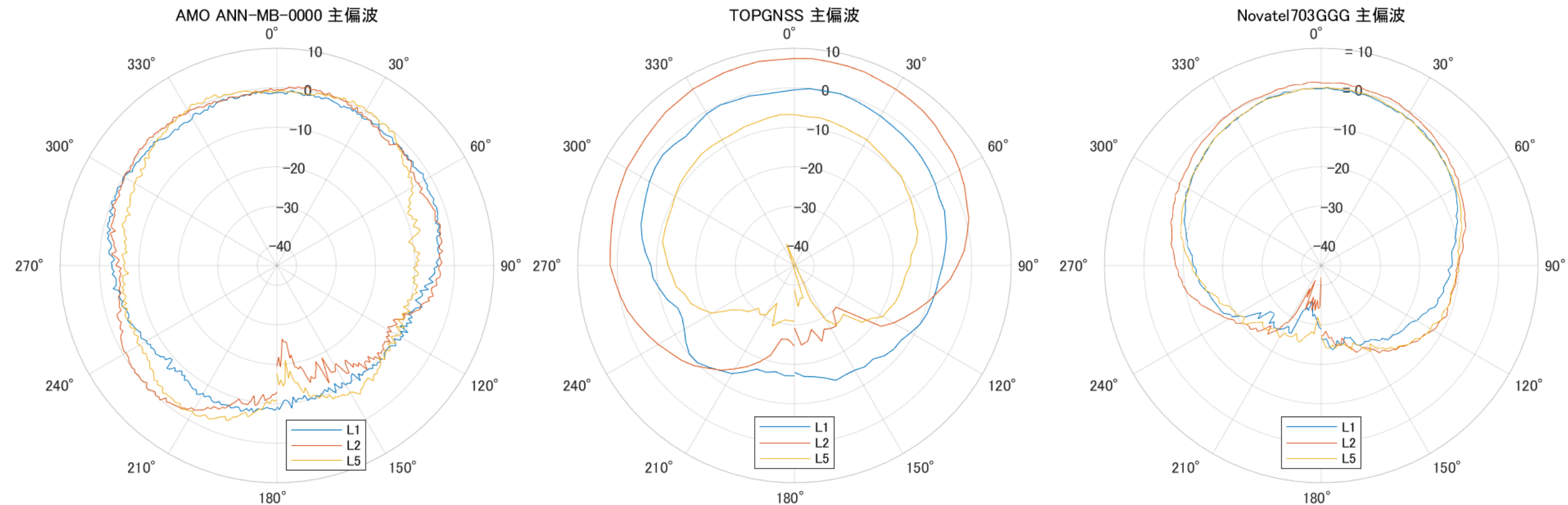


アンテナパターン測定方法



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も含みます
 - 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

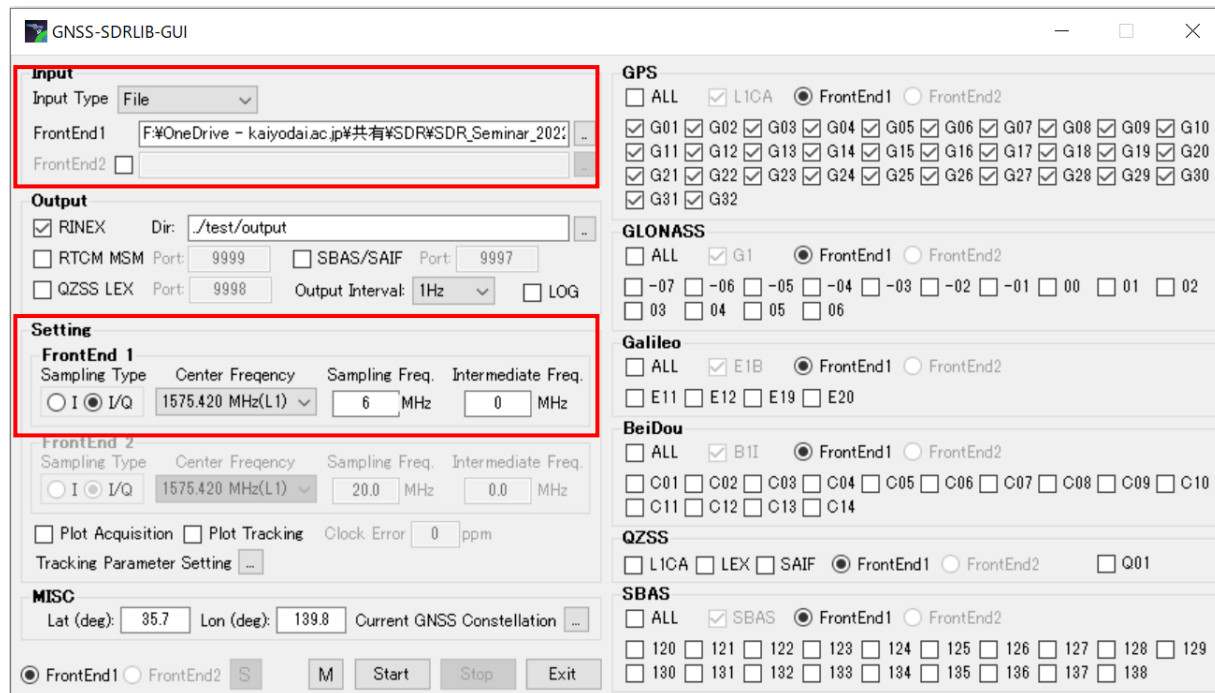
事前に時刻が分かれば衛星配置が分かる

→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×)

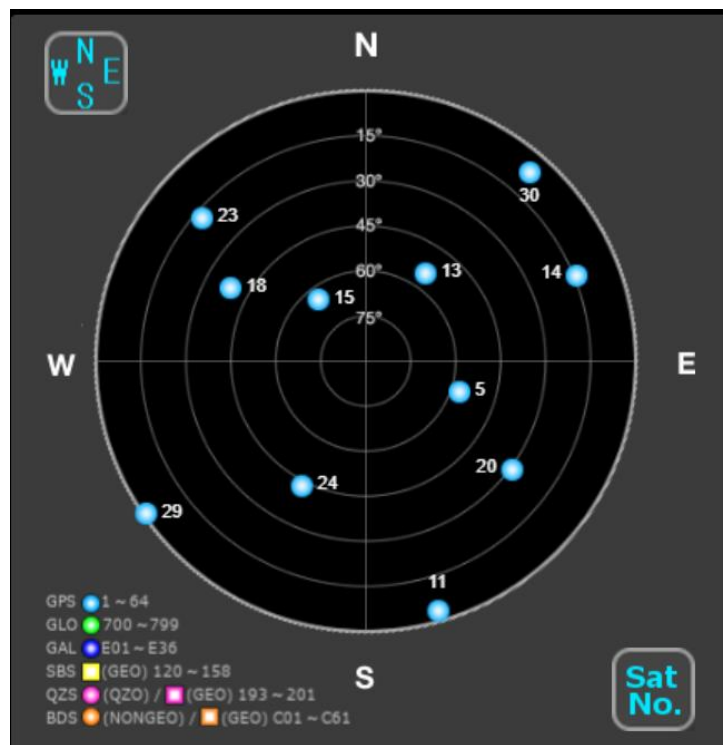


Pocket SDR

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 rfdata1.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 Go to file Code About

No description, website, or topics provided.

Readme View license Activity 140 stars 16 watching 53 forks Report repository

Releases No releases published

Packages No packages published

Languages C 46.7% Python 41.9% C++ 8.6% Assembly 1.0% Makefile 1.0% Shell 0.8%

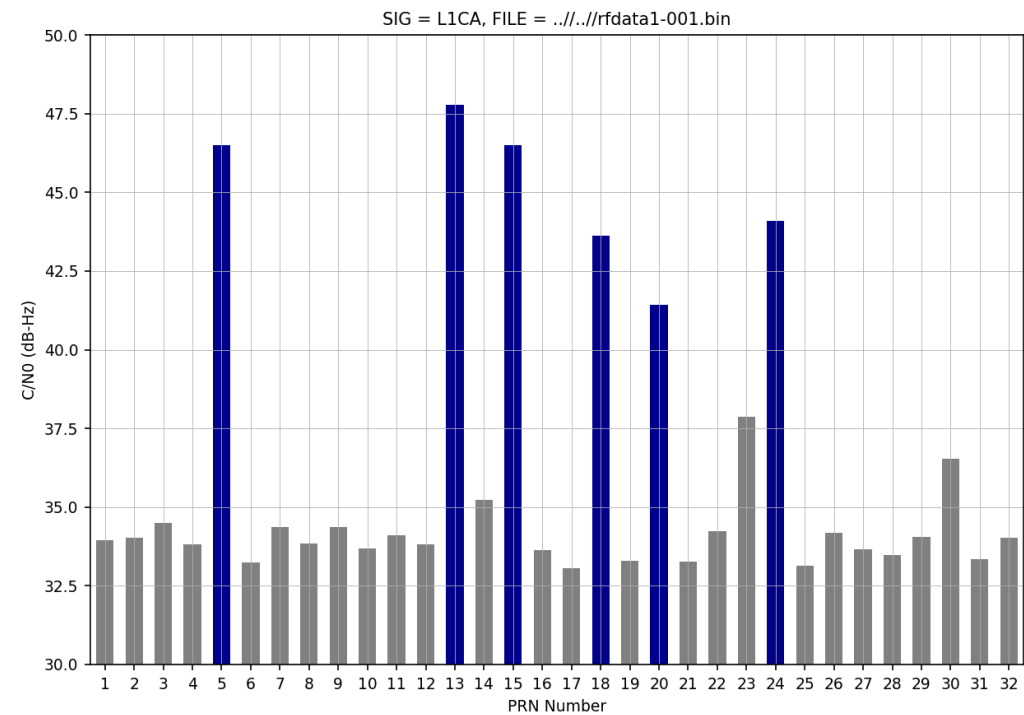
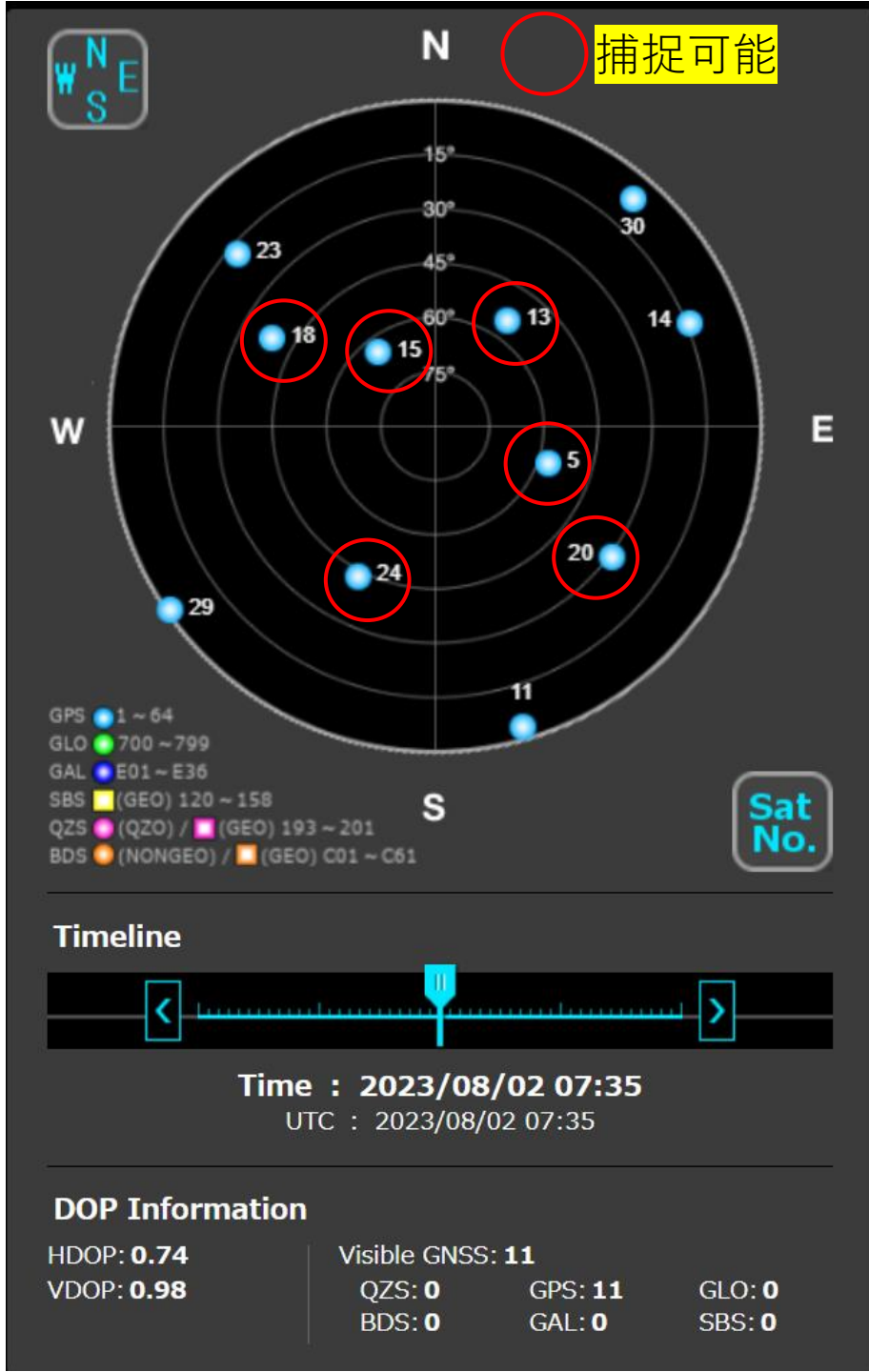
File	Commit	Time
FW	PocketSDR ver.0.1	2 years ago
HW	Add PCB schematic and layout PDF.	2 years ago
app	Add linker option -static for Windows.	last year
bin	Updated with linker option -static.	last year
conf	Added.	last year
doc	PocketSDR ver.0.1	2 years ago
driver	Added.	last year
image	Add images.	2 years ago
lib	Fix load libsdr.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

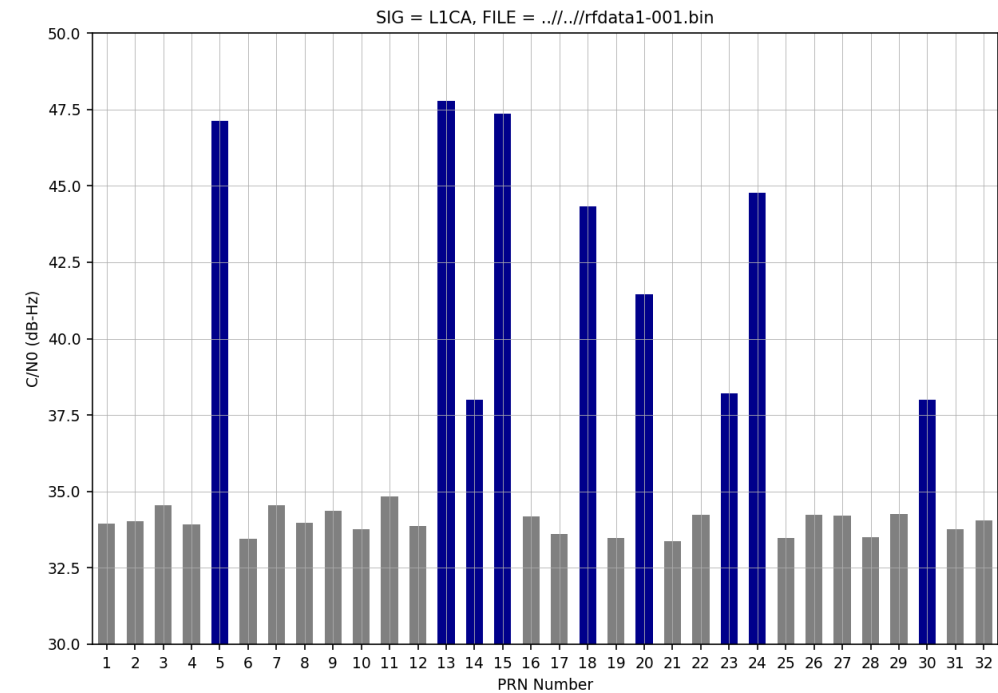
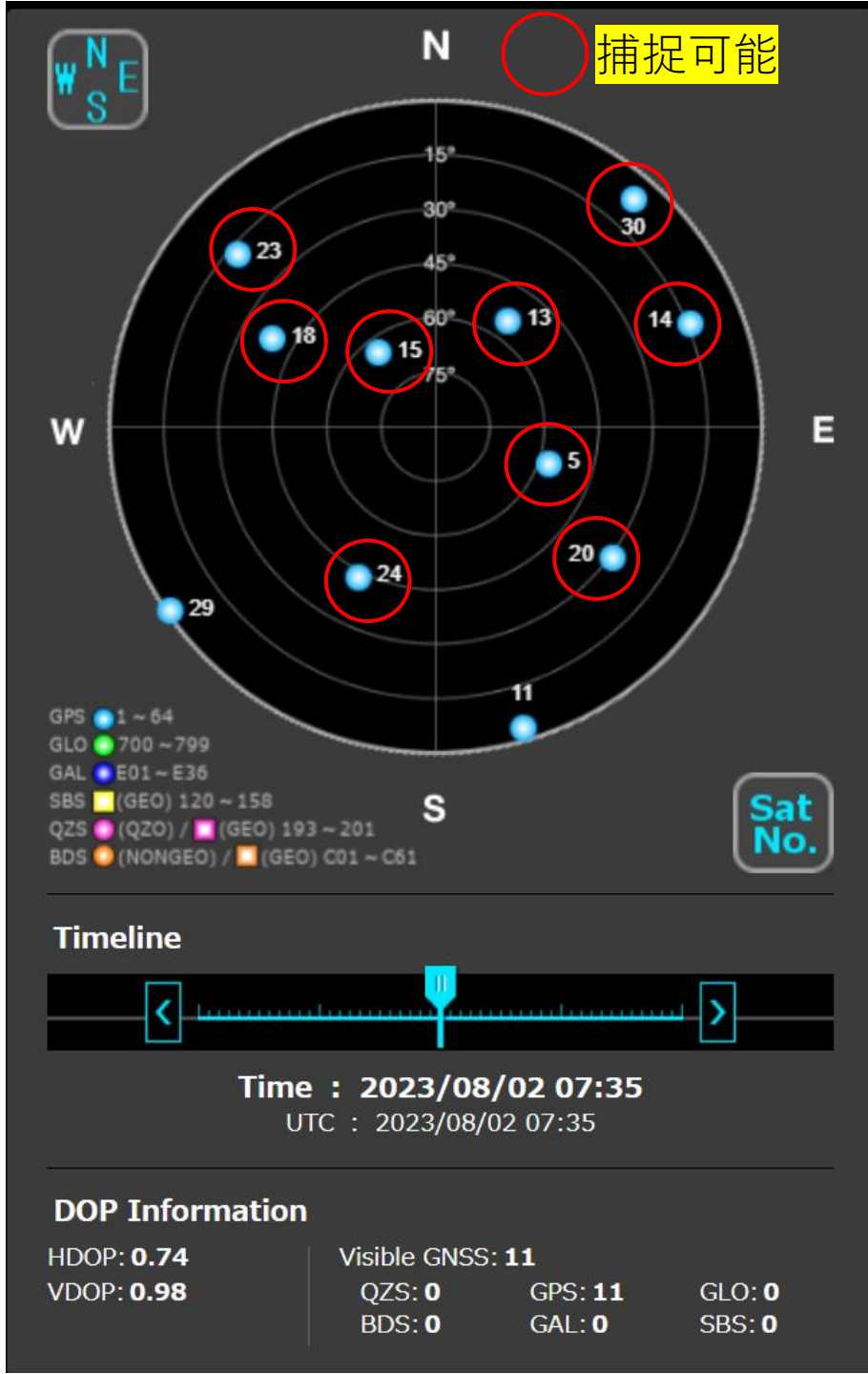
デフォルトの設定の場合、**6機捕捉可能**

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

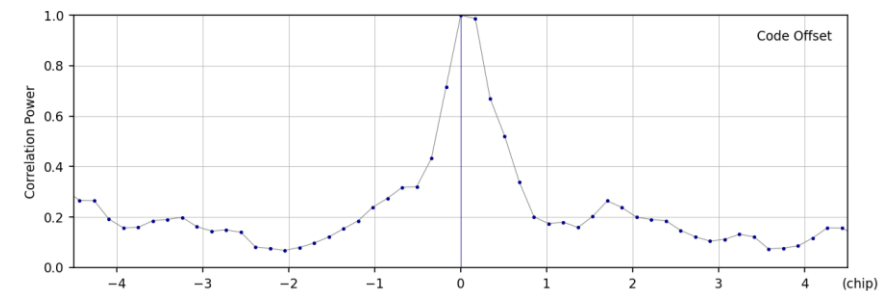
THRES_CN0 = 38.0 # threshold to lock (dB-Hz)

If $cn0 > \text{THRES_CN0}$: 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**

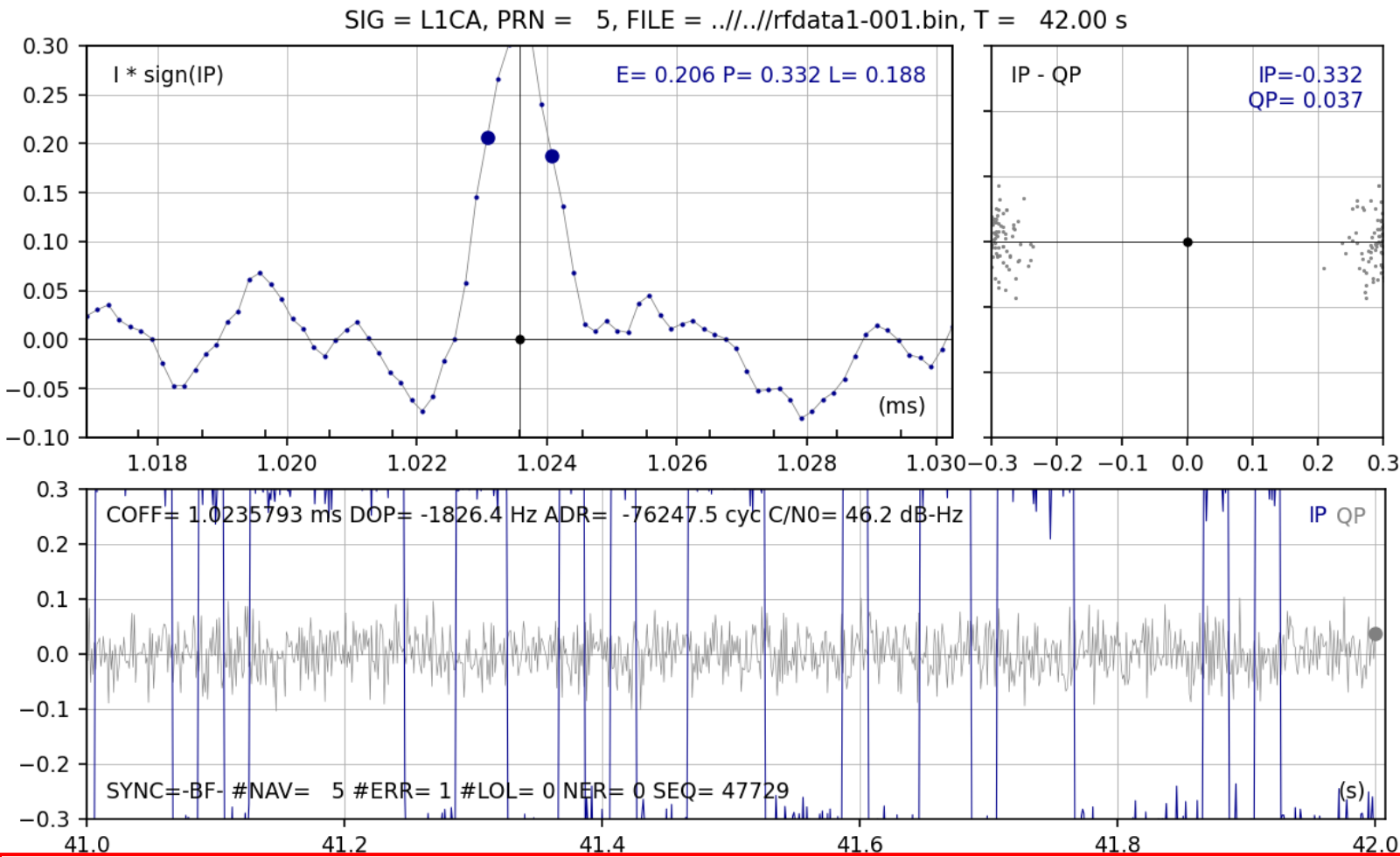


Ex. $P_{\max}: 1.0$ $P_{\text{ave}}: 0.19 \rightarrow P_{\max} / P_{\text{ave}} = 5.26 > \mathbf{5}$

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 rfdata1.bin -f 6 -sig L1CA -prn 5 -p -ti 1
```

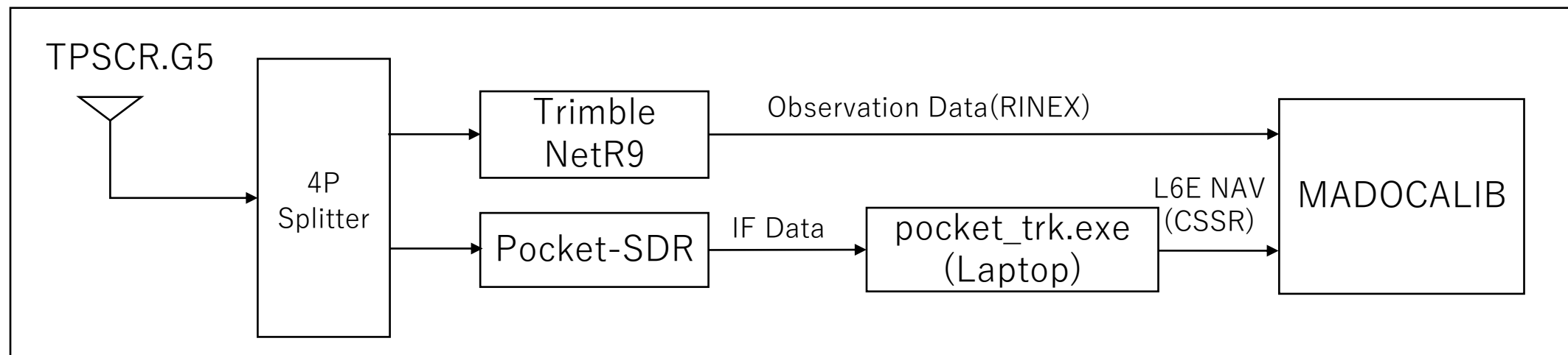


NAV DATA	13.27:	8B0384B974DC9203850004F44145D2B587ABA6E5BFD43FB99178025193F9FF000CFBB80DC180
	19.27:	8B0384B974DEA4809F5B9A7360EFA3476645C425E3F1C1BEDDADFFA25795F2572836E6C37B40
	25.27:	8B0384B974E0B2400135665ADA5700FFE827E992DB2CA2EBD309B5562536FFA2A87FD8400100
	31.27:	8B0384B974E2C607954A5CF82FE2904AE38E6C772C22BF9944C25BA3BF3FF94A78DECA46F140

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L6信号を受信する
- Pocket-SDRを利用する

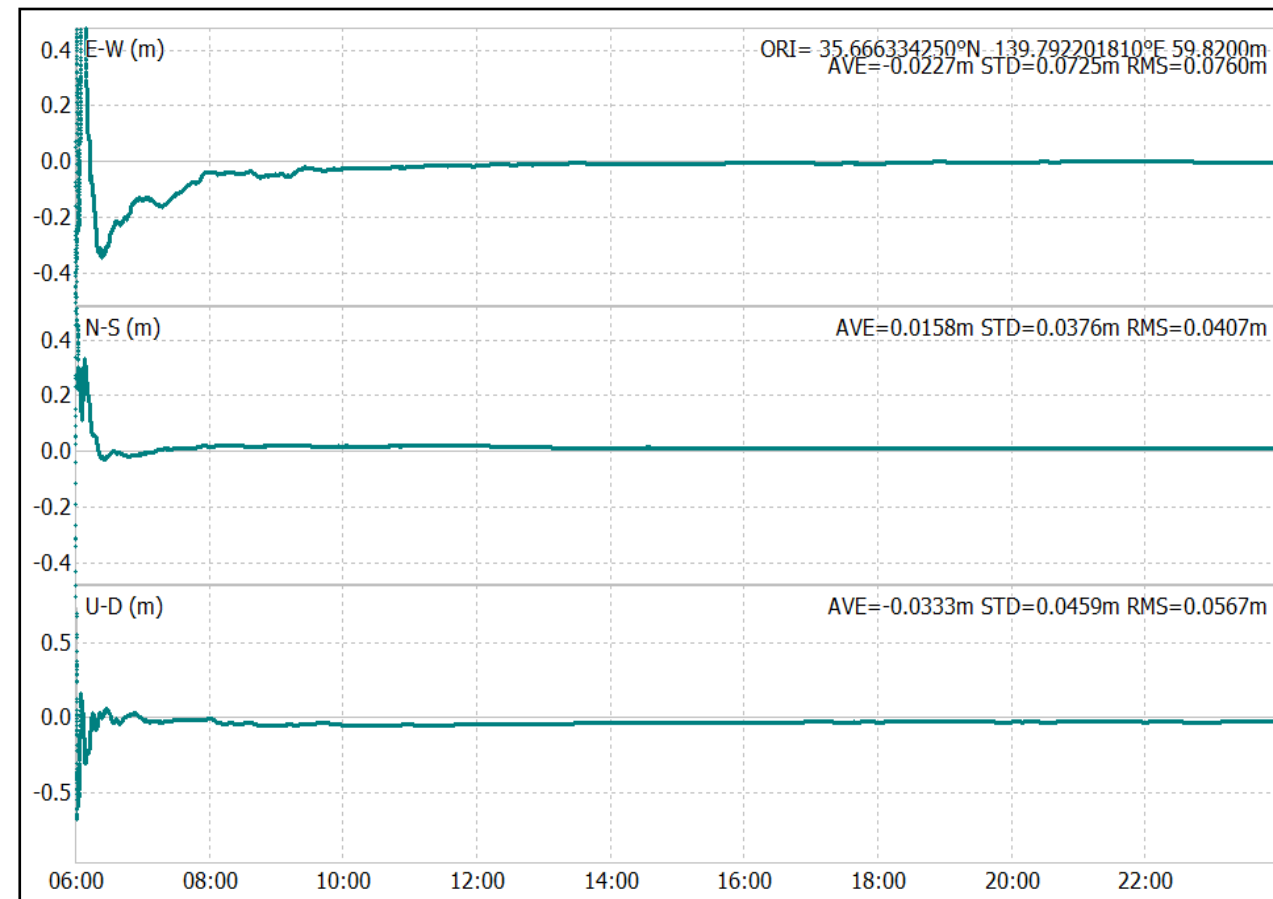
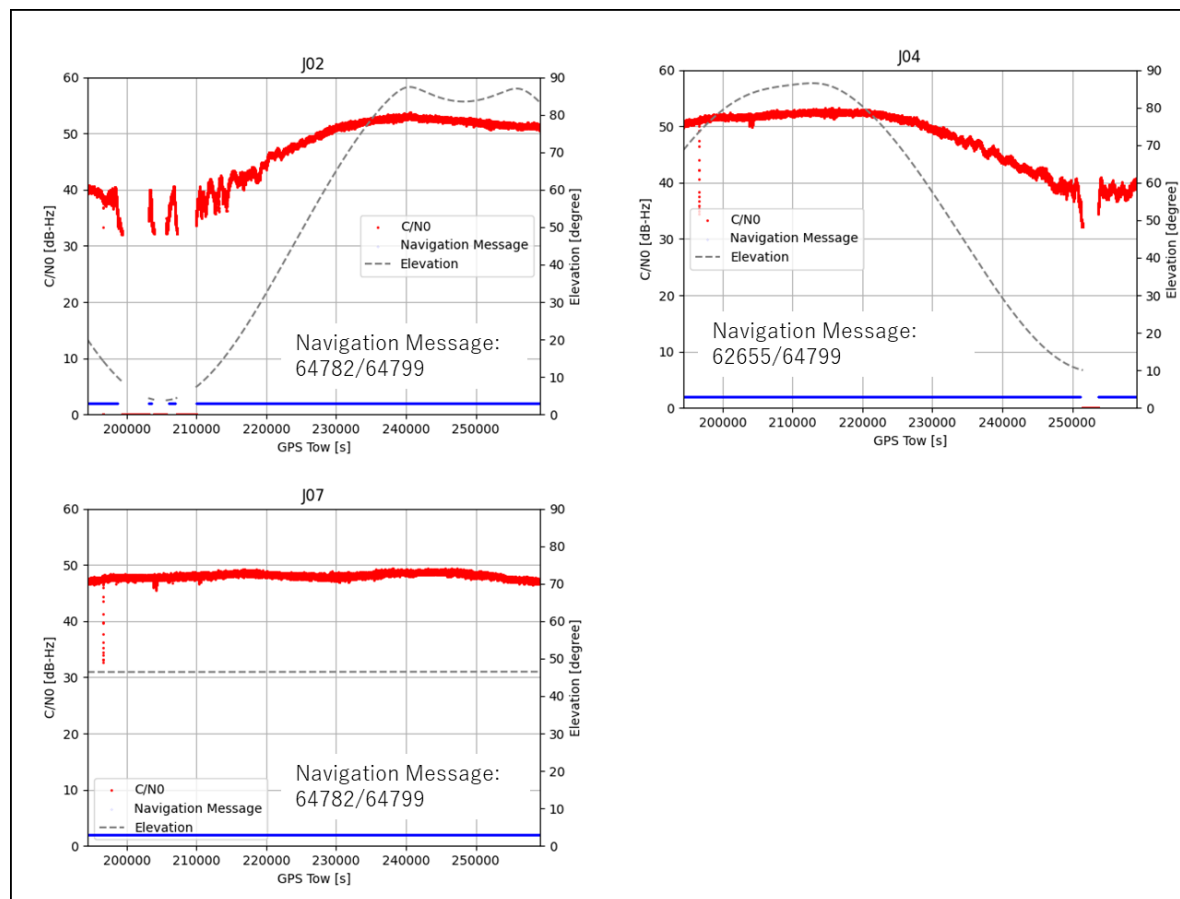


SDRを用いたMADOCA-PPPについて

- ・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

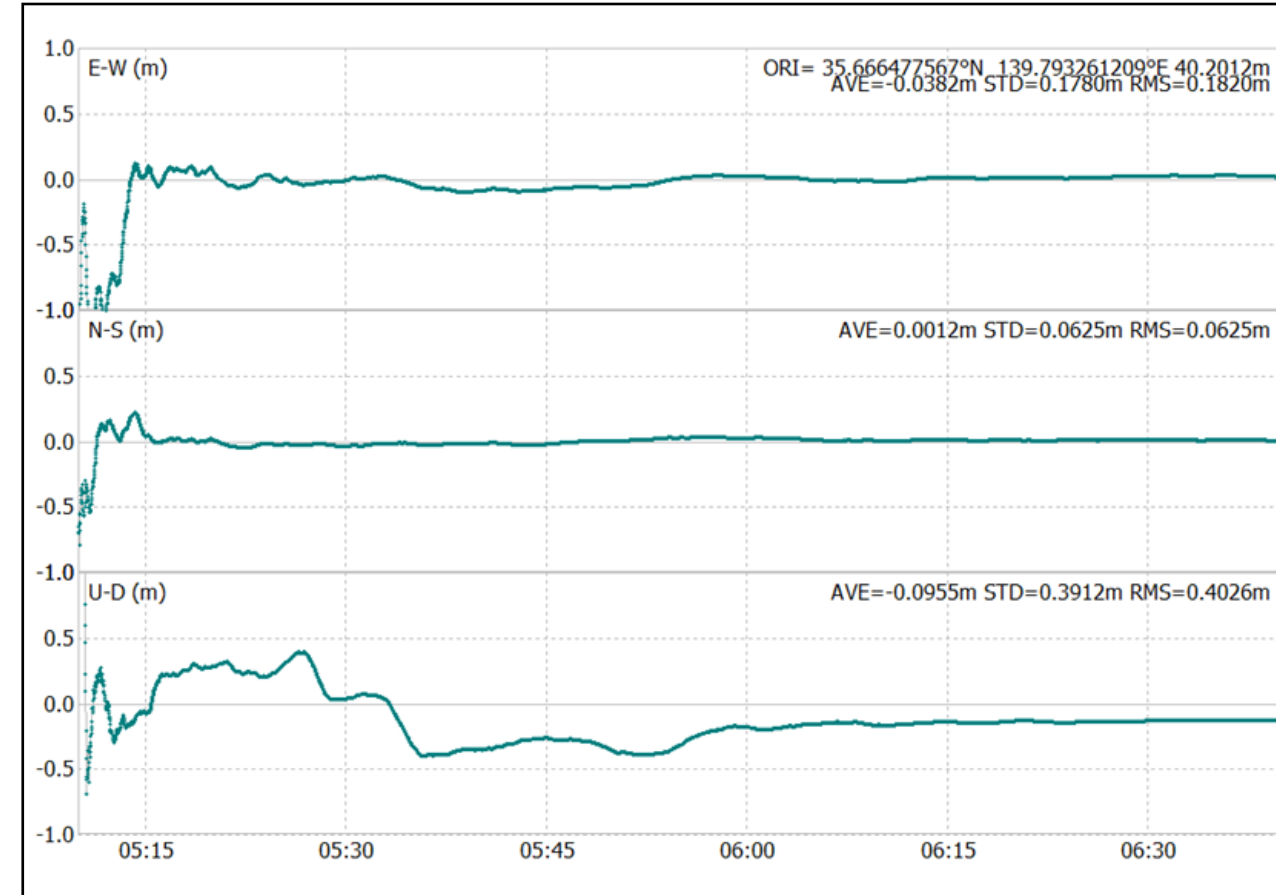
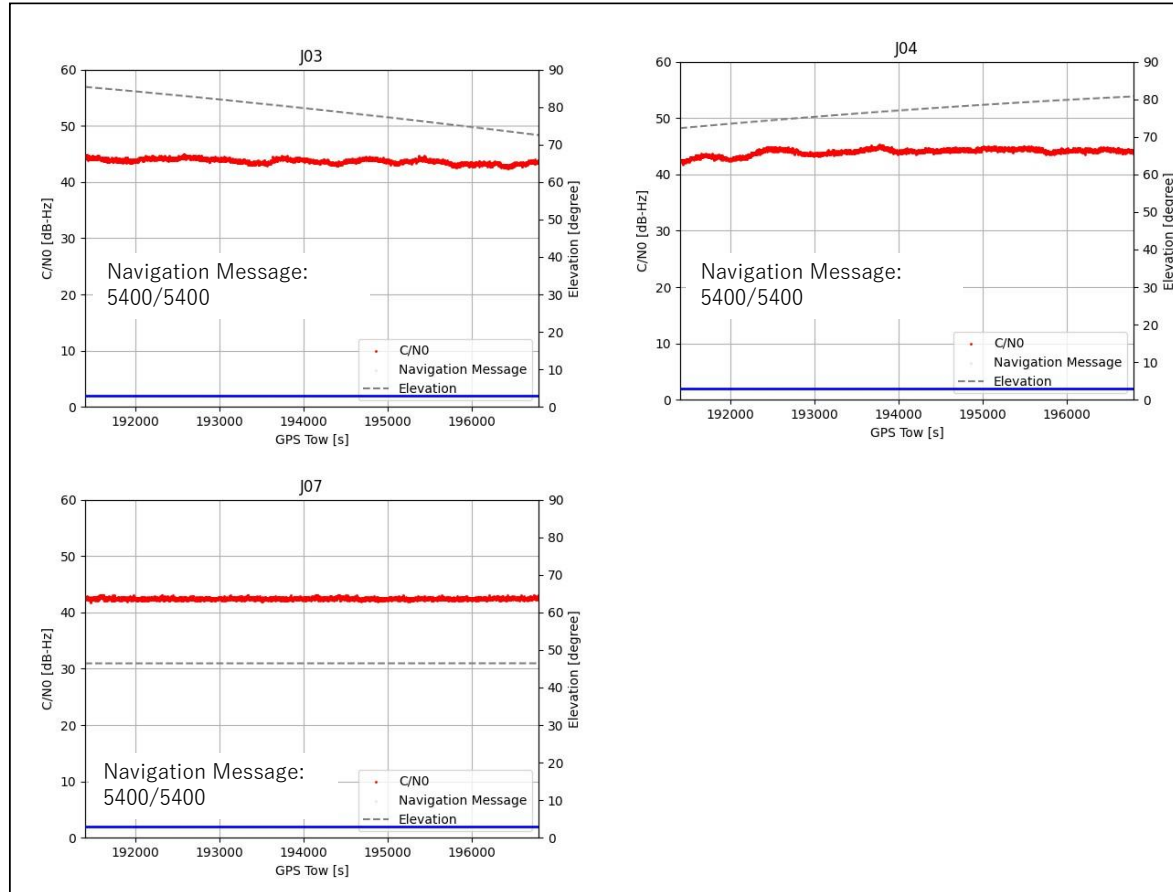


静止体(オープンスカイ)



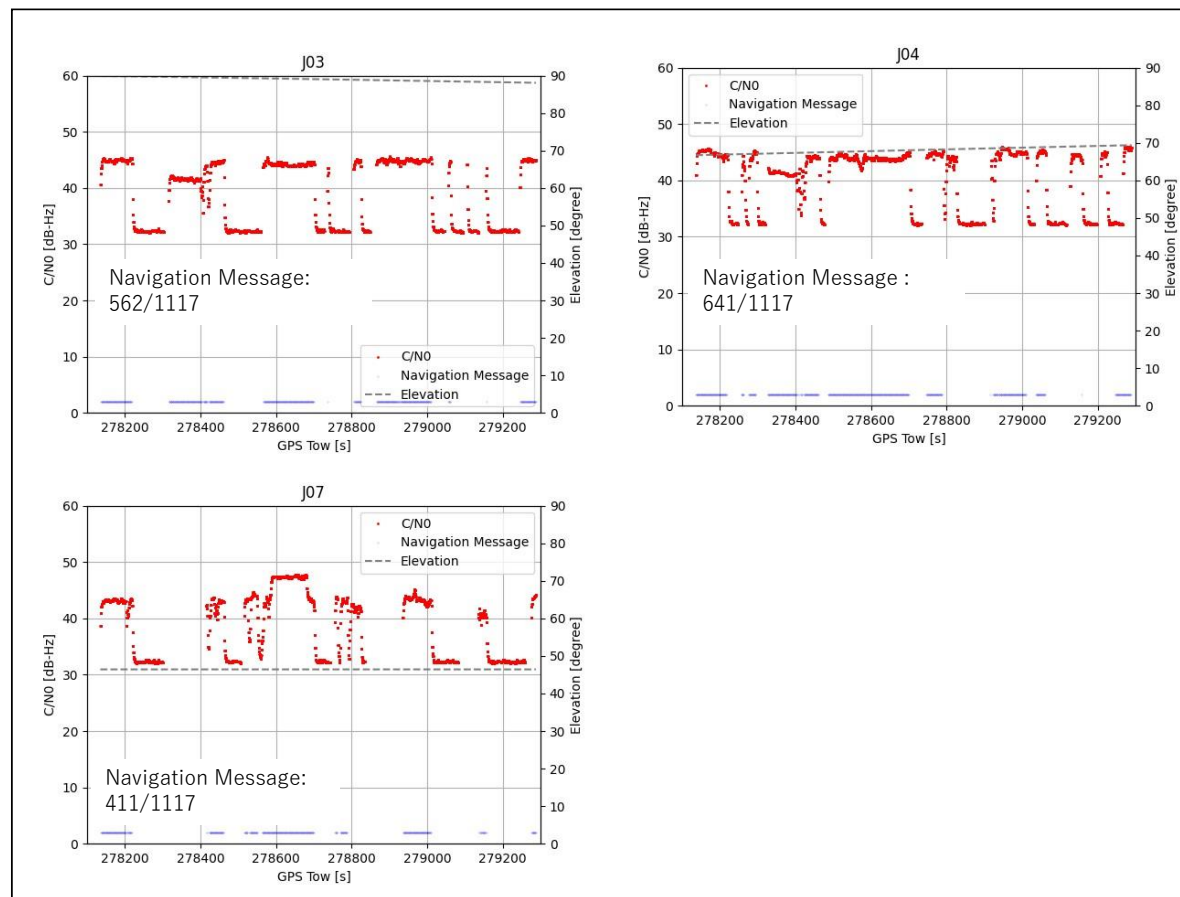
低仰角時を除き、L6E信号のデコードは問題なく可能(PPP測位も問題なく可能)
PCの処理落ち時は、追尾を外している

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

- ・ 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