



ロケット向けGPS システムについて



Masahiro

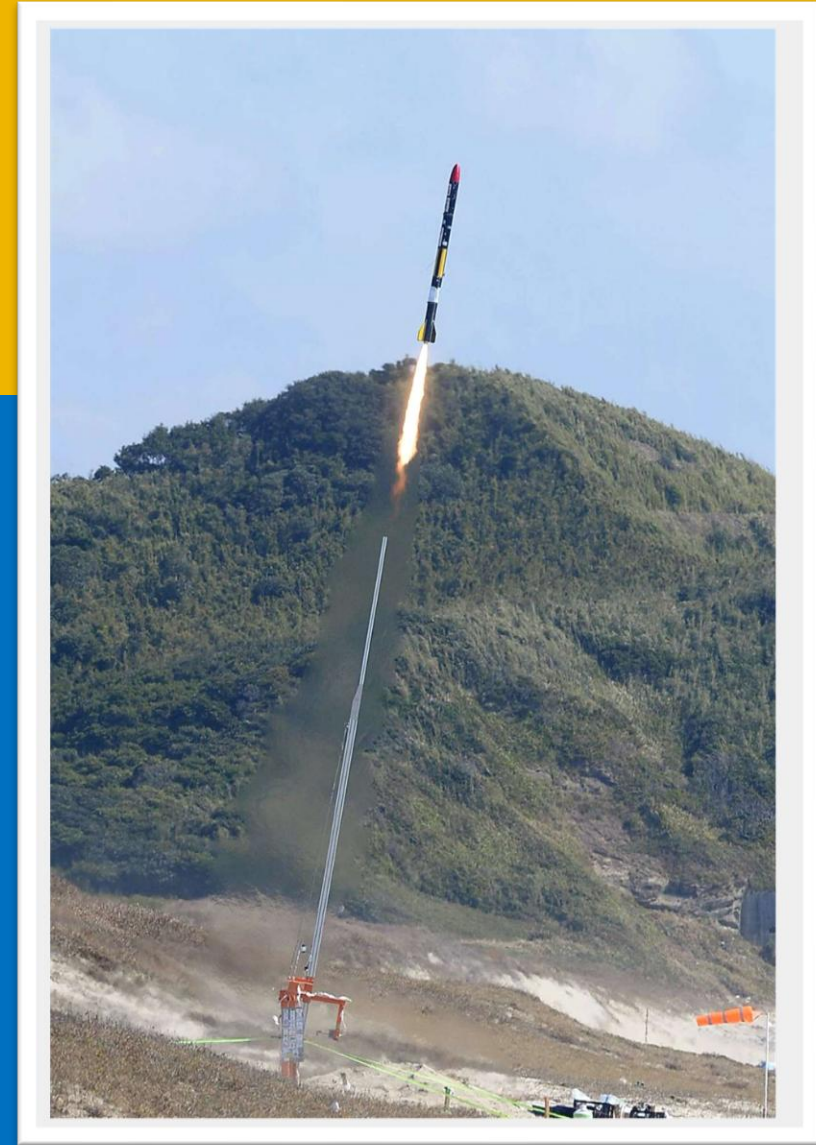
内容

なぜGPS受信機の自作が必要？
市販じゃ駄目なの？

GPSの構成

ハードウェアについて

ロケットに載せてみた！



<https://373news.com/news/local/photo/229751/?page=2>

輸出管理規制による制限

GPS受信機は高度制限と速度制限が施されている。典型的な制限として、

高度： 18,000m (60,000 ft)

速度： 515 m/s (1000 knt/h, 1852km/h)

COCOM (今はワッセナー・アレンジメント) のときに決められた制限のよう

ちなみに過去まで原文を当たってもこの数字は出てこない

ChatGPTもGeminiも嘘を教えてくるよ！

日本の法律では「航行又は飛しょうする移動体に使用するように設計したもの」のうち、毎秒六〇〇メートルを超える速度のもとで、航法に係る情報を提供することができるもの (輸出貿易管理令別表第一及び外国為替令別表の規定に基づき貨物又は技術を定める省令の第3条の十九の八の(2)の2)

軍事転用されないための制限

→ ロケットはこの条件に引っかかる



輸出規制にかかるなら国産は？

ロケットに使える製品が無い

終
制作・著作

ISHIKAI

無いのならば**自作**しましょう。



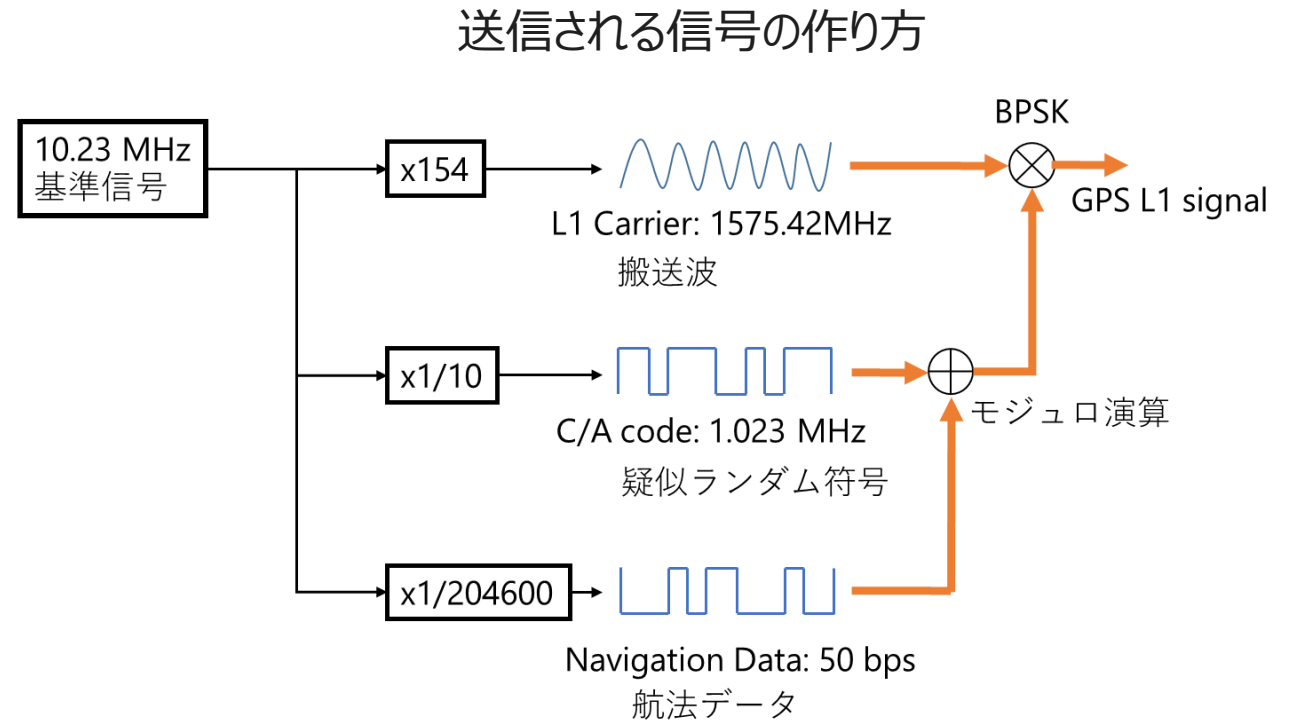
GPSってなに？

- Global Positioning System
- アメリカが運用している全地球測位システム
- 約30機の衛星から構成されるシステム
- 地上から25,000 kmを飛行するGPS衛星から送信される信号を受信して、受信した地点の位置を知ることができる
- 受信だけで良いので無線局免許は不要
- 連続的に受信したデータから速度や方位を計算する航法装置としても使用できる



GPSの信号は

- 50 bpsの航法メッセージ
- 1.023 MHzの拡散符号
- 1575.42 MHzのキャリア信号



GPSの信号を受信するには？

宇宙から届く1575.42MHzの信号を増幅してフィルタリングする

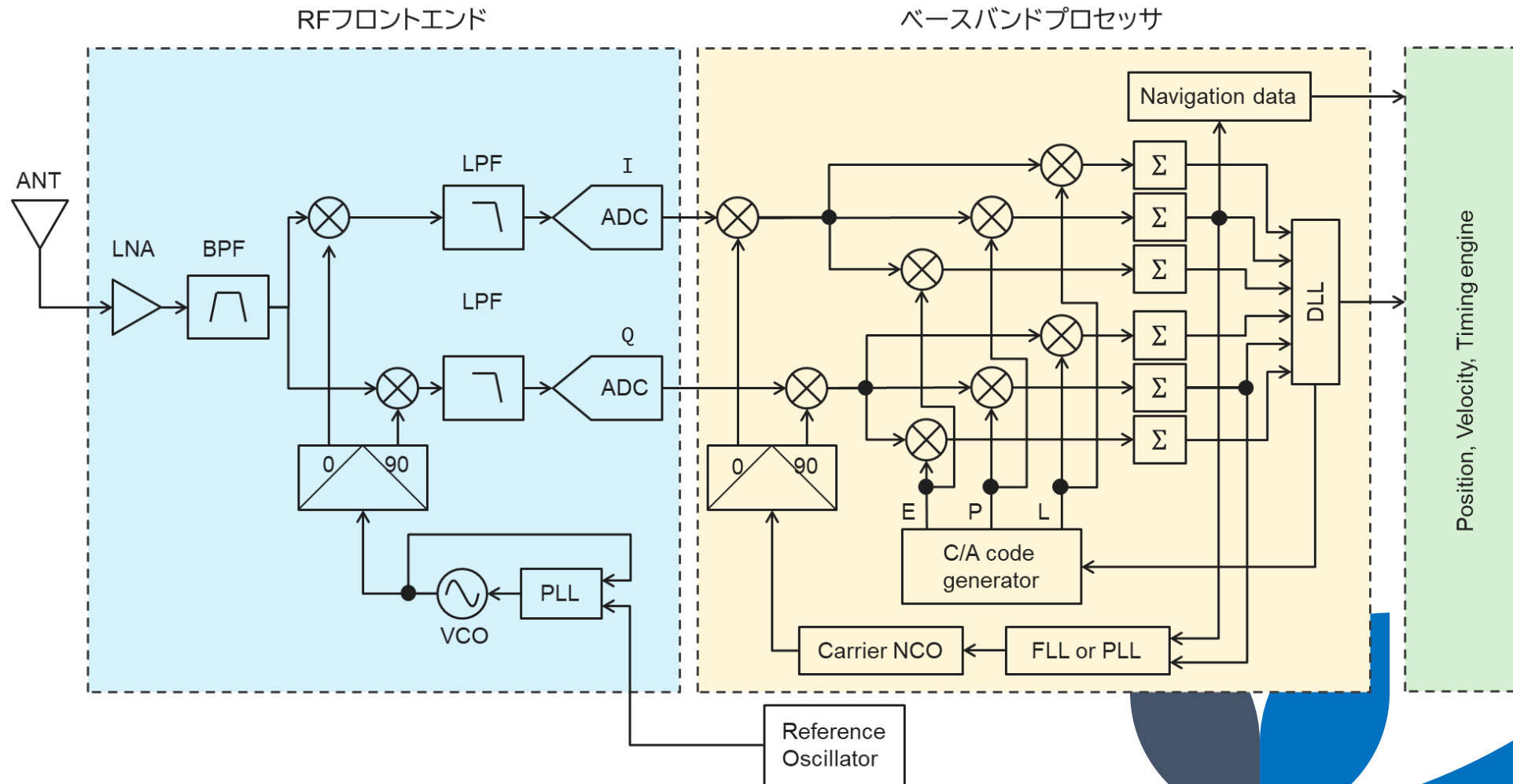
1575.42MHzは扱うのが大変なのでダウンコンバージョンする(IF信号)

IF信号を3ビット程度のA/Dでデジタルに変換する

変換した信号を逆拡散してもとに戻す

航法メッセージを復調する

GPS受信機の構成



RFフロントエンド

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX2769C Universal GNSS Receiver

General Description

The MAX2769C is a next-generation Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver covering L1/E1, B1, G1 bands for GPS, Galileo, BeiDou, and GLONASS satellite systems on a single chip. This single-conversion GNSS receiver is designed to provide high performance for industrial and wide range of consumer applications, including mobile handsets.

Designed on Maxim's advanced, low-power SiGe BiCMOS process technology, the MAX2769C offers the highest performance and integration at a low cost. Incorporated on the chip is the complete receiver chain, including a dual-input LNA and mixer, followed by the image-rejection filter, Programmable Gain Amplifier (PGA) and a multibit ADC. The total cascaded noise figure of this receiver is as low as 1.4dB. In addition, the device includes an integrated VCO, a crystal oscillator, a fractional-N frequency synthesizer to program the LO frequency using different reference frequencies.

The MAX2769C has the option to select one of the two LNAs for separate Active and Passive Antenna inputs. LNA1 can be used with Passive Antenna input and LNA2 can be used for Active antenna input. Also, the MAX2769C completely eliminates the need for external IF filters by implementing on-chip monolithic filters and requires only a few external components to form a complete low-cost GPS RF receiver solution. Moreover, the device has the flexibility to configure the IF filter for various center frequencies and bandwidths using the SPI interface.

The device is the most flexible receiver on the market. The integrated delta-sigma fractional-N frequency synthesizer allows programming of the IF frequency within a $\pm 30\text{Hz}$ (When $f_{\text{XTAL}} \leq 32\text{MHz}$) accuracy while operating with any reference or crystal frequencies that are available in the host system.

The ADC outputs CMOS logic levels with 1 or 2 quantized bits for both I and Q channels, or up to 3 quantized bits for the I channel. I and Q analog outputs are also available which will bypass the on-chip ADCs.

The MAX2769C is packaged in a 5mm x 5mm, 28-pin thin QFN package with an exposed paddle.

[Ordering Information](#) appears at end of data sheet.

Benefits and Features

- GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou Systems
- Dual-Input Selectable LNA for Separate Passive and Active Antenna Inputs
- 1.4dB Cascaded Noise Figure and 110dB of Cascaded Gain with Gain Control Range of 56dB From PGA
- Integrated Active Antenna Sensor
- Fractional-N Synthesizer with Integrated VCO
- No External IF SAW or Discrete Filters Required
- Programmable IF Frequency
- Programmable 2.5MHz, 4.2MHz, 9.06MHz IF Bandwidth and 9MHz ZIF LPF BW
- 8 Preconfigured Device States When No SPI Available
- 40pF Output Clock Drive Capability
- 28-Pin Thin QFN Package (5mm x 5mm)
- Available in AEC-Q100 Automotive-Qualified Version (MAX2769B)

Applications

- Navigation Systems, Marine/Avionics Navigation
- Location-Enabled Mobile Handsets
- PNDs (Personal Navigation Devices)
- Telematics (Asset Tracking, Inventory Management)
- Software GPS
- Laptops and Netbooks
- In-Vehicle Navigation Systems
- Digital Still Cameras and Camcorders

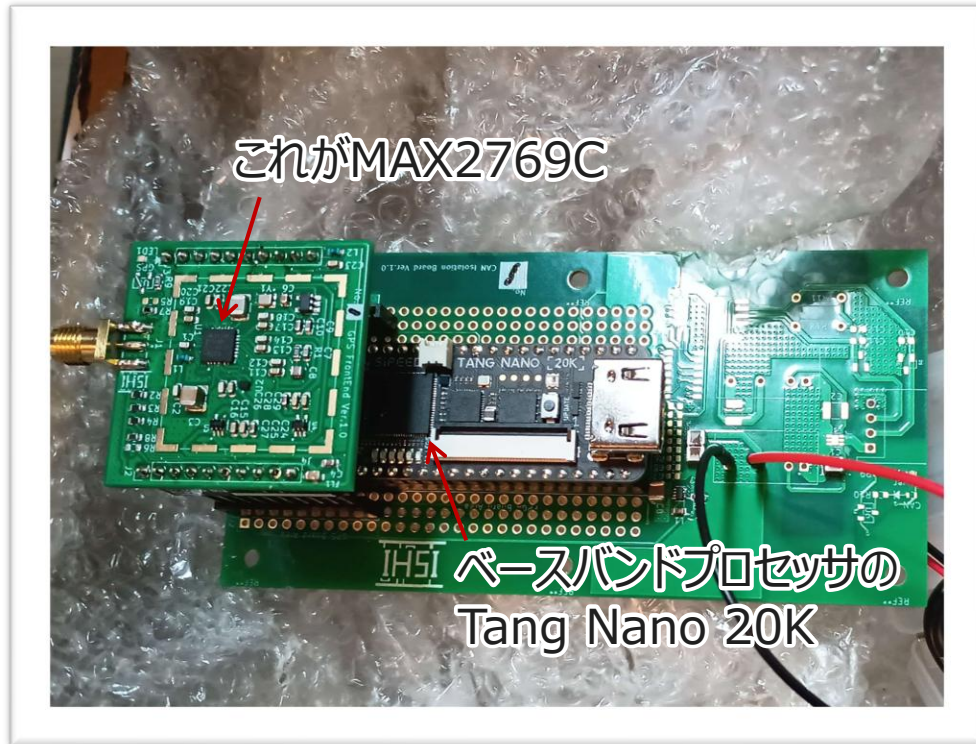
Block Diagram

12-0024, Rev 1; 10/16

maxim integrated.

- Analog devicesのMAX2769Cを使用
- LNAとIQミキサーとLOとIFフィルターとADC
- つまりRFフロントエンドは全部ある
- なんか設定がめんどくさくて、正しく設定できているのか謎
- 矛盾する設定項目がある
- 正しくしてくれ…
- どうもSE4120LというICの上方互換を狙っているような作り方をしている
- レジスタの説明がなさすぎてよくわかんない

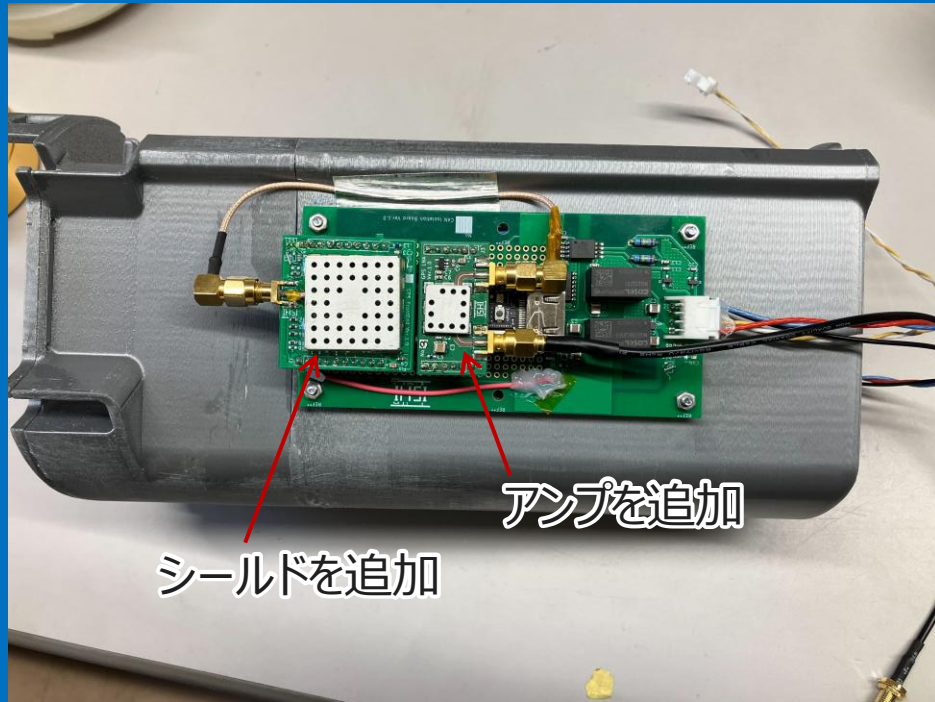
今村さん設計のこんなボード



- 今村さんがボードを設計してくれました
- このあとMAX2769Cの下にCANコントローラとしてXiao RP2350を実装
- CANは他のアビオニクスとの通信に使用
- 私はベースバンド部分をゴリゴリ書くのがメイン
- そのうちTinyTapeoutとかwafer.spaceに載せたい？



ロケット搭載版

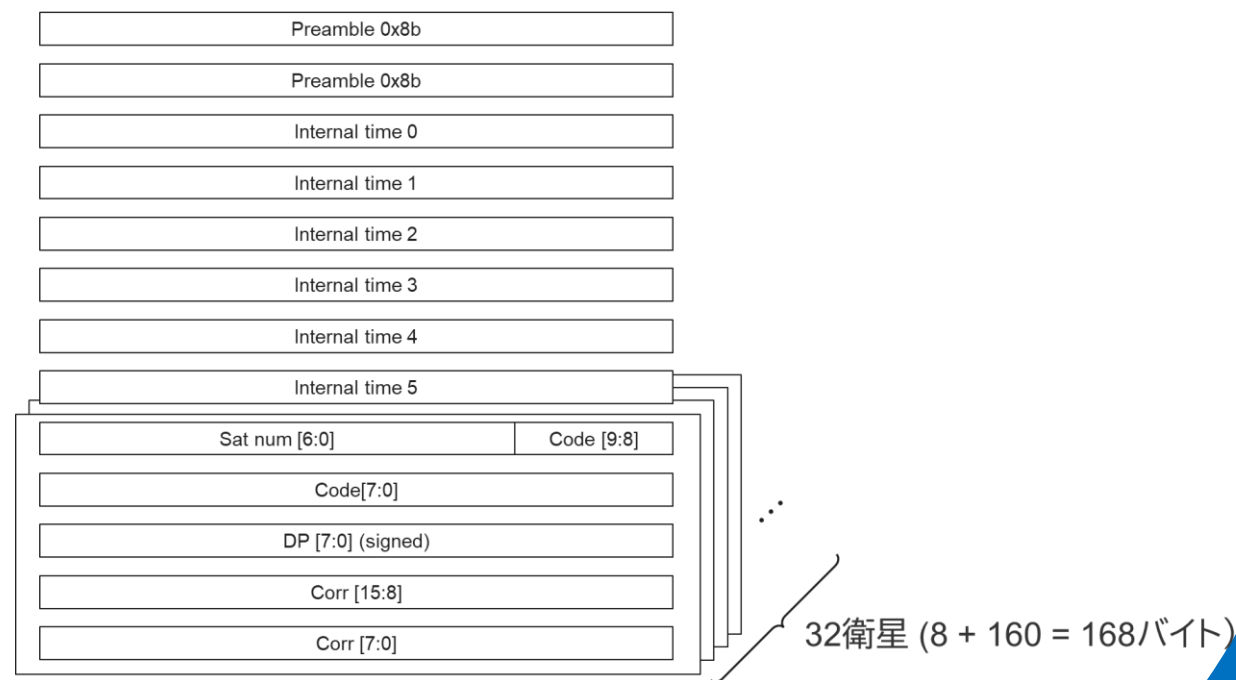


ロケット搭載版には外部アンプを追加

今回は測位データは出力せず、
全衛星を復調したときの信号強度を出力

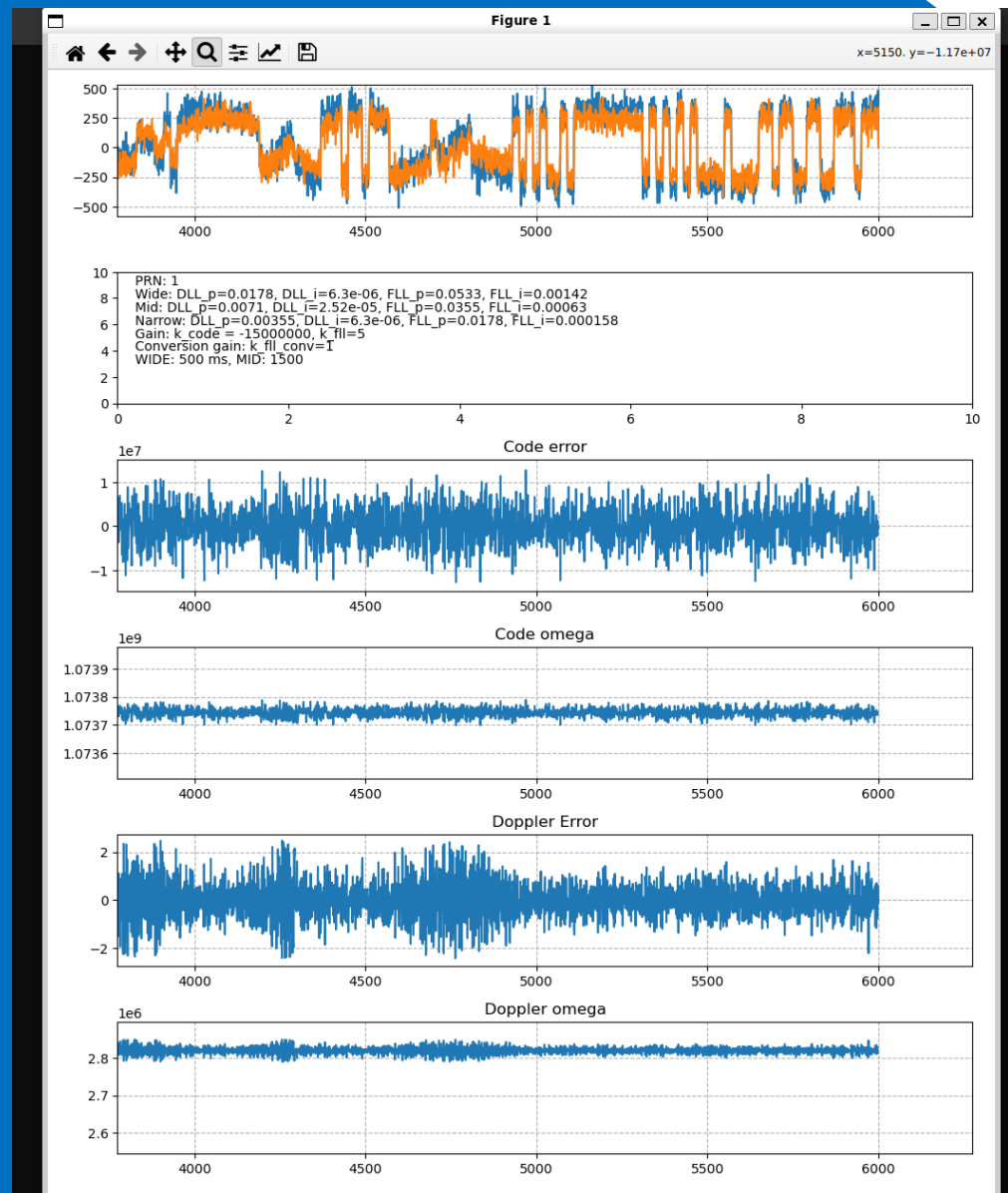
データフォーマット

- 先頭にプリアンプル2バイト
- 受信したときの内部時刻を6バイト
- 各衛星のデータを5バイト×32

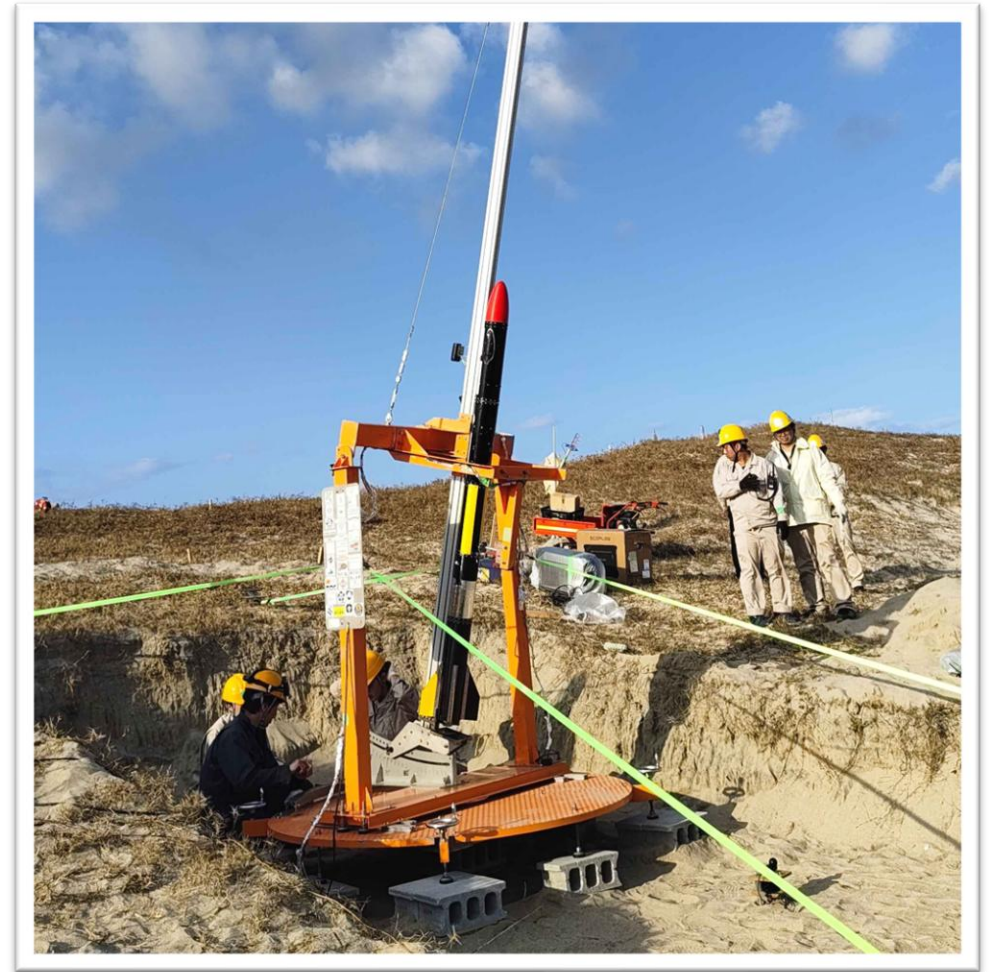


実験中の受信信号

- ✓ 内部NCOをGPSからの信号に周波数ロックした状態でIQの信号を観察
- ✓ キャリア位相とコード位相の2つがロックしないと信号出てこないのが難しい
- ✓ 実はこれも10秒程度でアンロックしてしまうため、航法メッセージの復調はできていない



いざ、打ち上げ



ロケットについて

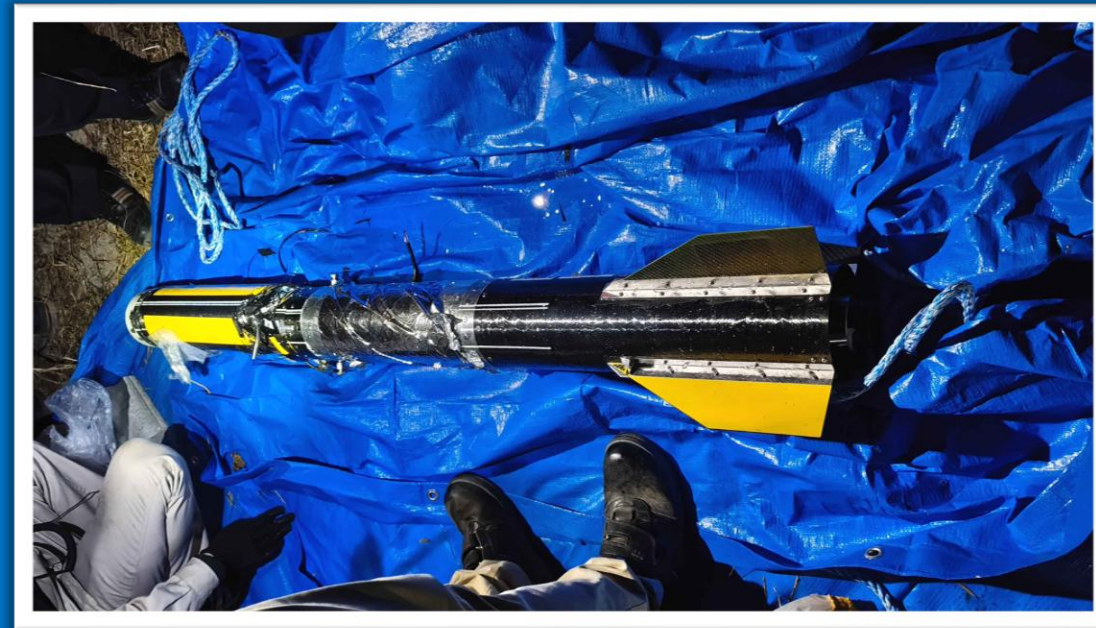
- 鹿児島大学 片野田研究室が打ち上げているハイブリッドロケット
 - 固体燃料(アクリル樹脂)と液体酸化剤(液体酸素)で打ち上げるロケット
 - 射点は鹿児島県熊毛郡南種子町前之浜 前之浜海浜公園
 - 今回のロケットは2機
 - 鹿児島ロケット6号機 ユピテル 羽衣シックス号
 - 鹿児島ロケット7号機 ユピテル 羽衣シックス号
 - 自作GPS受信機は7号機に搭載



結果！

- 打ち上げ → **部分的に成功？途中で破壊した模様**
- 機体回収 → **成功！**
- アビオニクス回収 → 行方不明…
- 受信ペイロード → データ壊れてて読めず…

ロケットを作っているのが機械系の学生さんなので、
アビオニクスがとても弱い模様
ロケットのアビオニクスをやりたい人絶賛募集中？



まとめ

ロケット搭載用GPS受信機を自作しています

実際にロケットに搭載して実験しました！

受信データは破損・アビオニクスは回収できず・・・

今年度は測位とナビゲーションをがんばりたい

フロントエンド自作も手を出してみたい

