

クロスユー宇宙ジュニアアカデミー

衛星と繋がる!世界と繋がる! TinyGS(LoRa衛星受信局)製作ワークショップ テキスト

2024年8月17日(土) 10:00~12:00

2024年8月20日:記載内容追加(P11,12,15,16,17)

株式会社アークエッジスペース

https://arkedgespace.com/

このワークショップの目的

地球を周回する超小型衛星からの信号を受信できる衛星受信局を製作します。 製作後は、衛星受信局を自宅に持ち帰り、実際に衛星からのメッセージを聞いてみま しょう! 自分でやってみると面白いですよ。

本日使うもの

[家から持参したもの]

スマホ(受信局のDB登録に使用)、電源アダプタ(取出口USB-Aで5V1A程度)またはモバイルバッテリ、筆記用 具(パスワードをメモします)、プラスドライバー1本

※電源アダプタとプラスドライバーはお貸しできるものがいくつかあります。 持ってこなかった人は、講師に声を掛けて下さい。

[あると役立つもの]

ノートPC(Google Chromeブラウザが使えれば、Windows、Mac、LinuxのどれでもOK)

[主催者から当日配布物]

衛星受信基板1枚、同軸ケーブル(両端に SMAコネクタ付、長さ1m)1本、

USB-A==MicroUSBケーブル1本、アンテナ材料(アルミ棒 3mm径×180mm 5本、裸圧着端子R5.5-4 5個、 加工済みのSMAコネクタジャック 1個、樹脂の棒 15mm角×410mm 1本、M3x25mmボルトナットワッシャ 1 組、M3x40mmボルトナットワッシャ 1組)、簡単なテキスト(日本語)

TinyGSとは

(<u>https://tinvgs.com/</u>の日本語訳)

宇宙状況監視(SSA)に貢献するようなことが書 かれていますが、衛星からの信号を受信するこ とを趣味とする人たちの集まりで、楽しみとして やっているようです。

内なる探究心を解き放て:小さな地上局を作り、宇宙の未来を守ろう

誰でも、どこでも、宇宙探査の進歩に貢献できる世界を想像してみてください。自分で作った小さくて安価な装置が、大惨事を防ぎ、宇宙探査の驚異とテクノロジーの最先端につながる世界を。

オープンソース・グローバル・サテライト・ネットワークである TinyGSは、あなたが宇宙のパイオニアになることを支援します。

宇宙探査は単なる発見ではありません。それは、人類の知識の限界を押し広げ、すべての人に明るい未来を保証することです。地球を周回する衛星の数が増え続ける中、ケスラー・シンドロームとして知られる衝突やデ ブリの危険性は、人類を何世代にもわたって宇宙から締め出す恐れがあります。

TinyGS地上局は、オープンソースの小型で手頃な価格の装置です。

あなたのような市民科学者のこのネットワークは、衛星を正確に特定するのに役立つ重要なデータを収集し、 コストのかかるミスを防ぎ、安全で繁栄する宇宙環境を確保する、集団的なスペース・ガーディアンとして機能 します。

TinyGSは単なるネットワークではありません。宇宙探査と明るい未来の構築に情熱を注ぐコミュニティなのです。

TinyGSでは、次のようなことにアクセスできます: 入手しやすい部品を使った、簡単に作れる地上局 スタートするためのオープンソースの知識とサポート。 宇宙の未来を形作るグローバルな取り組みの一部になる機会です。

TinyGSの歴史

(<u>https://github.com/G4lile0/tinyGS?tab=readme-ov-file</u>のHistoryの項の日本語訳)

当初TinyGSはESP32 Fossa Groundstationという名前で誕生し、FossaSAT-1 LoRa衛星のための「週末」プロ ジェクトとして開発されました。私たちは宇宙に熱中しており、衛星を追跡して利用し、無線について学び実験する ためにこのプロジェクトを立ち上げました。現在、ネットワークはどの LoRa衛星にも開かれており、FSK、GFSK、 MSK、GMSK、LoRa、OOKなど、私たちのハードウェアと互換性のある無線変調を持つ他の飛行物体もサポート しています。そして、プロジェクトは TinyGSに改名されました。

Fossaチームとは何の関係もありませんが、彼らはこのプロジェクトにインスピレーションを与えてくれました。

これはプロジェクトの重要な瞬間である:

2019年11月28日 ESP32-OLED-Fossa-GroundStationプロジェクトが誕生。 2019年12月6日 FossaSAT-1をRocket LabのElectronロケットで展開。 2019年12月10日 YL3CTのGSがFossaSAT-1から最初のLoRaパケットを受信 Sep 28,2020 6U Norby LoRa衛星がSoyuz-2-1bロケットで打ち上げられる。 2020年10月11日 KA9ETCのGSがNorbyから最初のLoRaパケットを受信。 2021年1月24日 Falcon-9による3x V-R3x衛星の打上げ 2021年1月25日 KA9ETCのGSがV-R3xから最初のLoRaパケットを受信する。 2021年2月14日 新しい名前tinyGS.com、新しいWebページとなる。新しいベータファームウェア。

FossaSAT-1は、 2019年12月にElectron KS ロケットで打ち上げられたス ペインのCubeSatです。



出典 2024年7月30日の<u>https://tinygs.com/</u>スクリーンショット

衛星の軌道について

皆さんが今回受信する衛星は高度 400~600kmの地球低軌道(LEO)を飛 行しています。衛星からの可視範囲は 半径2000kmほどです。これらの衛星は 約90分で地球を一周し1日に3~4回、 地上局と通信が可能です。

同じ白い円の上にある衛星は、同時に 打ち上げられた衛星です。



出典 https://tinygs.com/station/ArkEdgeSpace_400@1002080672

LoRaの特徴

LoRa(ローラ)は、低消費電力で長距離通信ができる通信規格です。チャープスペクトラム拡散 (CSS)という変調方式を採用しており、ノイズレベルより十数デシベル弱くても、復調が可能です。これにより、今回製作するグラウンドプレーンのような簡易なアンテナでも衛星からの信号を受信できます。

周波数について

この衛星受信基板は、米国 SEMTECH社のSX1278というLoRaチップを使っています。 SX1278の受信周波数は137MHz~525MHz(メガヘルツ)です。この範囲では、以下の3つの周波数帯で 衛星からLoRaの信号が出ています。

(1)137MHz帯 宇宙運用、気象衛星、移動衛星業務:米国 Starlink, SWARMが受信できます。
 (2)400MHz帯 気象衛星、移動衛星、宇宙研究、宇宙運用業務:中国の IoT衛星が多いです。
 (3)435MHz帯 アマチュア衛星業務:大学の衛星が受信できます。

今回製作するグラウンドプレーンアンテナは、(2)の400MHz帯用に設計しました。周波数が近い(3)の 435MHz帯の衛星も少し感度が落ちますが受信できます。(1)の137MHz帯の衛星を受信するには、別の アンテナ(3倍くらい大きい)を作る必要があります。 本日の作業の流れ





地上局のパラメータ設定の入口

NΥ GS

Station dashboard

Configure parameters

Upload new version

Restart Station

出典 https://github.com/G4lile0/tinyGS



https://t.me/joinchat/DmYSElZahiJGwHX6jCzB3Q





TinyGS Personal Bot

GS

次に、TELEGRAMのTinyGS Personal Botチャンネルの Message蘭に/mqtt と入力し、UserとPassを入手します。

12

Q :



緯度経度は小数点以下3桁までで十分です。 自宅の位置がTinyGSマップ上に出ることが嫌な人は、登録する最後の桁の数字を +1か-1すると良いです。

東京付近では緯度の1度は約110km、経度の1度は約90kmです。 小数点以下3桁目を±1すると約100m 小数点以下2桁目を±1すると約1km 地図上の位置が変わります。



Welcome to the TinyGS web installer!

- 1. Plug in your ESP to a USB port. We will install TinyGS 2403242 to it.
- 2. Hit "Install" and select the correct COM port. No device found?
- 3. MQTT credentials (First join the group <u>here</u>) Then open a private chat with <u>@tinygs personal bot</u> and ask /mqtt
- 4. First time board boot, connect to the wifi AP "My TinyGS" to configure it.
- 5. Get TinyGS installed and connected in less than 5 minutes!



githubのG4lile0/tinyGSのページ https://github.com/G4lile0/tinyGS?tab=readmeov-fileのREADME.mdからインストーラに入る

- 1.衛星受信基板とPCをUSBケーブルで接続
- 2. 画面のInstallを押す
- 3. TELEGRAMの@tinygs_personal_bot を開く。 /mqtt コマンドを入力
- 初めて衛星受信基板をブートする時は、
 "My TinyGS"というWiFiアクセスポイントに 接続する。接続すると、基本的なパラメータ を設定するWebパネルが出てきます。
 上手くいかない場合は、ブラウザで url 192.168.4.1にアクセスしてみて下さい。
- 5. 上手くいけば、5分以下でインストール完了 (衛星受信基板のOLED画面に下記メッセージが 出る。)



PCでWebインストーラを使って、衛星受信基板にソフトウェアをインストール

今回のワークショップでは、LILYGO T3 V1.6.1基板の433MHzバージョンを使用します。

System configuration	自分の受信局に名前をつけて下さい。
GroundStation Name (will be seen on the map) ja Password for this dashboard (user is admin)	ご自宅のWiFiのSSID、passwordを入力して下さい。 (2.4GHz帯のSSIDです。5GHz帯のSSIDでは接続できま せん)
WiFi SSID	
WiFi password	ご自宅の緯度経度を入力して下さい。
Latitude (3 decimals, will be public) 35.638	
Longitude (3 decimals, will be public) 139.788	
Time Zone	
Asia/ lokyo	
MQTT credentials (First join the group here) Then open a private chat with <u>@tinygs_personal_bot</u> and ask /mqtt	
Server address	
mqtt.tinygs.com	[新規]
Server Port	_
8883	15

MQTT credentials (First join the group <u>here</u>) Then open a private chat with <u>@tinygs_personal_bot</u> and ask /mqtt	
Server address	
mqtt.tinygs.com	
Server Port 8883	TinyGS Personal Botで/mqttを入力すると 得られる10桁くらいの数字 (マイナスがついていたらそれもコピー)
MQTT Username 87	
MQTT Password Tf&78X	☐ TinyGS Personal Botで/mqttを入力すると ☐ 得られる12~16桁の英数字記号
-Board config	
Board type 433MHz LILYGO T3_V1.6.1	次ページを参照して選択
OLED Bright	
30	
Enable TX (HAM licence/ no preamp)	 デフォルトは100になっていますが、 20~30にすると明るすぎず、使いやすいです。
-Advanced Config (do not modify unless you know what you are doing)-	
Board Template (requires manual restart)	
Modem startup	
Advanced parameters	
	[新規]
Apply	

Board configのBoard typeのプルダウンメニュー選択 下から3番目です。

433MHz HELTEC WIFI LORA 32 V2 863-928MHz HELTEC WIFI LORA 32 V2 433MHz TTGO LoRa 32 v1 868-915MHz TTGO LoRa 32 v1 433 MHz TTGO LoRA 32 v2 868-915MHz TTGO LoRA 32 v2 433MHz T-BEAM + OLED 868-915MHz T-BEAM + OLED Custom ESP32 Wroom + SX126x (Crystal) TTGO LoRa 32 V2 Modified with module SX126x (crystal) Custom ESP32 Wroom + SX126x DRF1268T (TCX0) (5, 2, 26, 13) Custom ESP32 Wroom + SX126x DRF1268T (TCX0) (5, 26, 14, 12) 433MHz T-BEAM V1.0 + OLED 433MHz FOSSA 1W Ground Station 868-915MHz FOSSA 1W Ground Station 2 4GHz ESP32 + SX1280 868-915MHzT-BEAM V1.0 + OLED 433MHz LILYGO T3 V1.6.1

868-915MHz LILYGO T3_V1.6.1 868-915MHz LILYGO T3_V1.6.1 TCXO

17

[新規]

- プラスドライバを使いアンテナ組立て
- ラジアルエレメントを手で曲げて、形を整える。
- アンテナに同軸ケーブルを接続する。



- 3mm径で長さ180mmのアルミ棒5本のうち、1本が垂直 エレメント、4本はラジアルになる
- ネジは、垂直エレメントを止めるほうが M3 x 25mm、 ラジアルとSMAコネクタを止めるほうが M3 x 40mm
- このアンテナは防水ではないので、晴れている時だけ使うか、雨に備えてペットボトル等を切ってカバーを作るなどの工夫が必要です。

- NanoVNAを使い、共振周波数を測定
- ニッパーでエレメントを切って調整

グラウンド・プレーン アンテナの設計サイト

https://m0ukd.com/calculators/guarter-wave-ground-plane-antenna-calculator/

Frequencyに400 [MHz], Velocity Factorに0.95を入れて、[Caliculate My Quarter Wave!]のボタンを押 す。垂直エレメントの長さはこの計算結果がそのまま使える。ラジアルについてはコネクタから圧着端子 までの銅線が約20mmあるので、20mm差し引いた長さにするとよい。

アンテナの共振周波数を変えるには、エレメントをどのくらい切ったらよいか



共振周波数を1MHz上げるには、 エレメントを0.45mm切ります。

共振周波数を10MHz上げるには、 エレメントを4.5mm切ります。

- 衛星受信基板とアンテナを接続する。
- 窓際で衛星を受信してみる。
- TinyGS Webページで、登録した自分の受信局を見てみる。



出典 https://tinygs.com/station/ArkEdgeSpace_400@1002080672

技術的トラブルの解決方法

ワークショップでお教えした講師のメールアドレスにご連絡ください。 TELEGRAMのtinyGS CommunityのTechnical problemsチャンネルで 英語で質問することもできます。

Pinned Message

0

J

Related to technical problems

X tinyGS Community Q :	Technical problems 5 747 messages	
# General 15:50 Mark: Main webpage stuck in		Saturday
Constant of the second		GS
I announcements I Mon G4lile0: Everything is back to (2)		Struken cs = 265 and
 ✓ M statistics		
Space situational awar Mon tinyGS: Found %: Starlink-3156		and suddenly I have access to the config screen. No idea what happened, but I will take it as a win. Thank you Joan for your
Image: Sum	OF TANK	berseverance
Balloons Sun Marcel: never mind eXploded :)		Namenios Ruhr newly setup GS, the CRC errors I see are because of bad signal 2 as Lunderstand CRC checks the integrity of the data received
Image: Sum Sum EnduroDriver: Looks like now tha		correct?m
■ ¥ TinyGS (share you set ^{Sat} Helmi: Location on the roof woul		Helmi Beh Namenlos Ruhr
₩ Where to buy Jul 16 Stefan/OE6ISP: I use the tbeams		Message
10 1/ lol 1/	N TO LA COMPANY	ALCONTROL TO A MARTIN MARTING

出典 https://web.telegram.org/a/#-1001448773154_78482

 \checkmark

Q :

他のアンテナの例

八木・宇田アンテナ(435MHz) 一方向に指向性を持たせたい時



ダイポールアンテナ (137MHz) 天頂も受信したい時



出典 https://tinygs.com/station/JA1DAO_137@1002080672

出典 https://tinygs.com/station/JA1DAO_435@1002080672