

ご紹介

ラズベリーパイを活用した 航空機追跡システムの構築

航空機的位置情報をflightradar24にフィードして、
Businessアカウントを無料利用する方法

井上 祐寛(株式会社 クレスコ)
2024/3/27





01

Flifghtradar24



01 Flightradar24

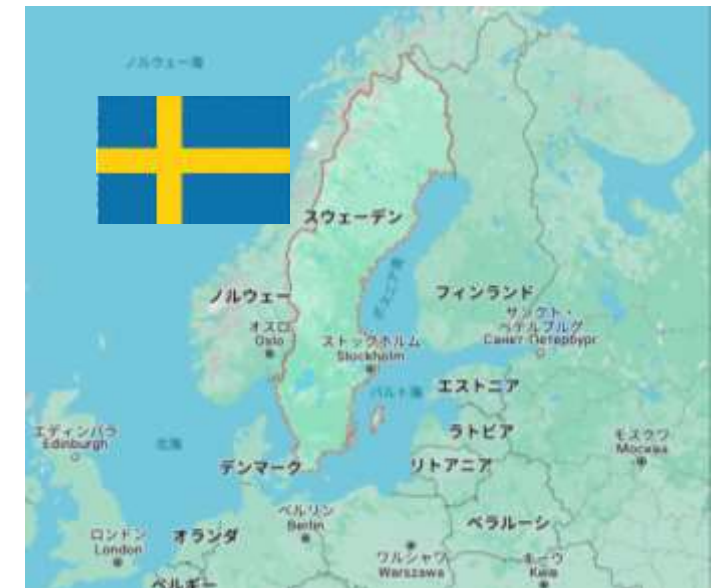
📍 Flightradar24

Flightradar24は、飛行中の民間航空機の位置をリアルタイムで表示するウェブサイトおよびモバイル・アプリケーションです。



📍 2人の航空ファンからはじまった

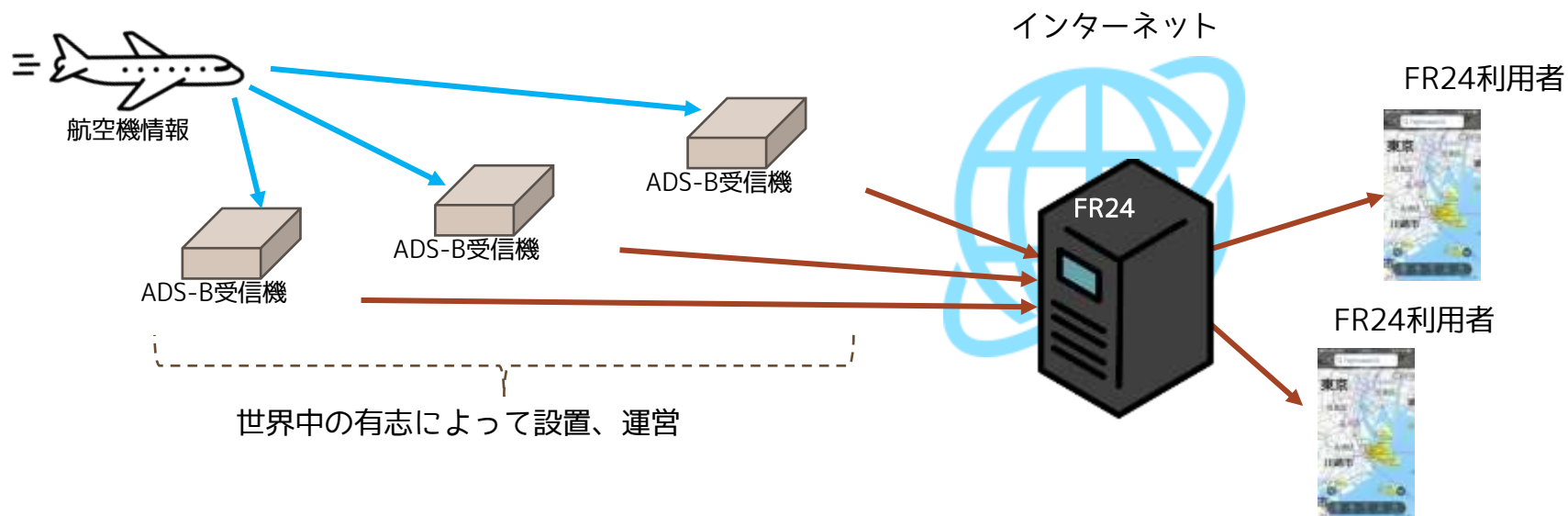
2006年にスウェーデンに住む**2人の航空ファン**により始められ、2009年にサービスが公開されました。**このサービスは、航空機からのADS-B電波を受信して表示**しています。以前は受信設備が設置できない地域の航空機は表示できませんでしたが、現在は人工衛星の位置情報によってほぼ全地域をカバーしています。





FR24のデータ収集

FR24は、航空機の飛行データ収集のために、独自に**世界最大規模のADS-B受信機*1ネットワークを運営**しており、南極大陸なども範囲に含まれています。このネットワークは**約34,000台(2022/11の時点)受信機で構成**され、その受信機のうちFR24が制作したものは**4分の1**ほどとなり、**ほとんどの受信機は航空ファンらが自前で構築**した受信機によりADS-Bデータの提供を受けています。本セミナーで構築する受信機も、このネットワークに参加し自宅周辺の航空機情報(ADS-B)の提供を行います。



*1 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) は、航空機の位置情報やその他の航空機情報をリアルタイムで共有するための技術です。

02

Flightradar24 ラズパイ・キット





🌀 セミナー + キット

世界の航空機を同時追跡！ Flightradar24 ラズパイ・キット

位置 & 高度データ放送“ ADS-B ”の基礎から Business アカウントの入手と無料利用法まで

VOD教材、テキスト



+

ラズパイ、SDR dongle、アンテナセット





<https://www.zep.co.jp/tinoue/movie/z-flightradar-on1/index.html>



プロの技術インストラクタと一緒に動かそう！
オンライン教材


キット


動画


テキスト


お手本
ソース

スピードマスタ・シリーズ
プロの技術を1日で！実習キット付きVOD

**[VOD/Pi4 KIT] 世界の航空機を同時追跡！Flightradar24
ラスパイ・キット**
位置&高度データ放送“ADS-B”の基礎からBusinessアカウントの入手と無料利用法まで

型名：z-flightradar-on1
仕様：ラスパイ付きキット、講義162分、解説56頁
定価：33,000円（税込・送料無料）
著者・講師：井上 祐寛/Takuhiro Inoue（株式会社クレスコ）
企画編集・主催：ZEPエンジニアリング株式会社
1人当たり1ライセンスです

姉妹製品（ラスパイなし）：[\[VOD/KIT\] 世界の航空機を同時追跡！Flightradar24 ラズパイ・キット](#)

関連記事：ラスパイ+USB SDRで作るFlightradar24 Businessアカウント・フィーダ
関連製品：[\[VOD/KIT\] ラズベリー・パイで学ぶエッジAIプログラミング入門](#)
関連製品：[\[VOD/KIT\] 人工知能カメラM5StickVで作って学ぶ画像解析AI開発入門](#)

 **購入する（オンラインストア）**

<https://www.zep.co.jp/tinoue/movie/z-flightradar-on2/>



プロの技術インストラクタと一緒に動かそう！
オンライン教材


キット


動画


テキスト


お手本
ソース

スピードマスタ・シリーズ
プロの技術を1日で！実習キット付きVOD

**[VOD/KIT] 世界の航空機を同時追跡！Flightradar24 ラ
ズパイ・キット**
位置&高度データ放送“ADS-B”の基礎からBusinessアカウントの入手と無料利用法まで

型名：z-flightradar-on2
仕様：ラスパイなしキット、講義162分、解説56頁
定価：18,700円（税込・送料無料）
著者・講師：井上 祐寛/Takuhiro Inoue（株式会社クレスコ）
企画編集・主催：ZEPエンジニアリング株式会社
1人当たり1ライセンスです

姉妹製品（ラスパイ付き）：[\[VOD/Pi4 KIT\] 世界の航空機を同時追跡！Flightradar24 ラズパイ・キット](#)

関連記事：ラスパイ+USB SDRで作るFlightradar24 Businessアカウント・フィーダ
関連製品：[\[VOD/KIT\] ラズベリー・パイで学ぶエッジAIプログラミング入門](#)
関連製品：[\[VOD/KIT\] 人工知能カメラM5StickVで作って学ぶ画像解析AI開発入門](#)

 **購入する（オンラインストア）**

- VOD教材
- テキスト
- ラズパイ
- microSD
- 電源アダプタ
- SDR Dongle、アンテナセット



- VOD教材
- テキスト
- microSD
- SDR Dongle、アンテナセット

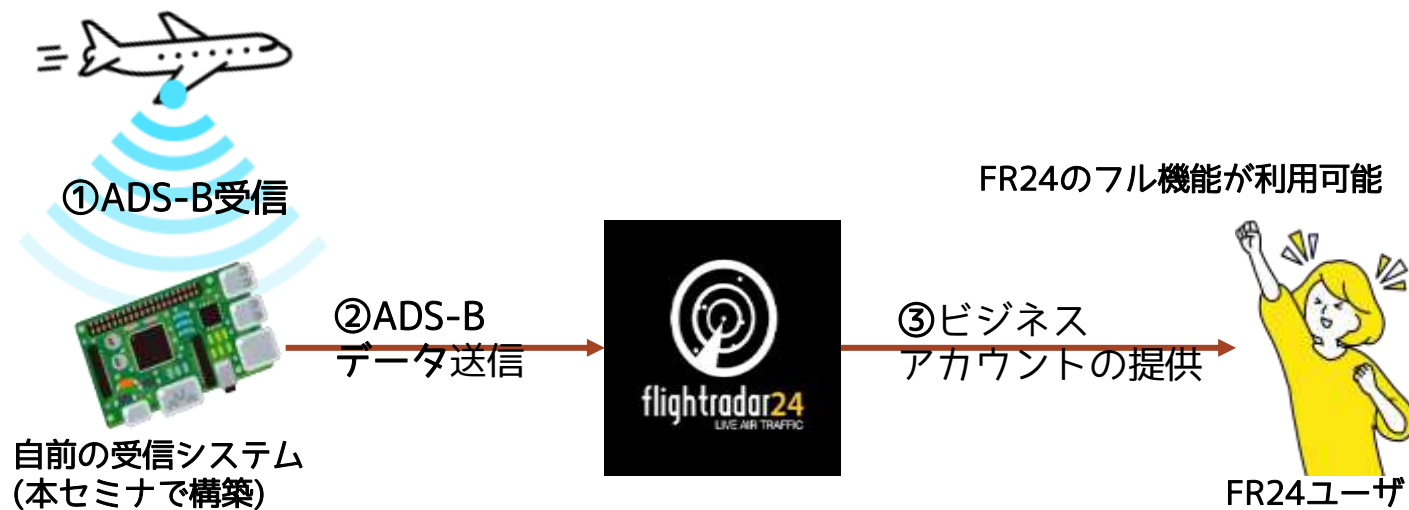




🎯 目的

目的は、**ラズベリーパイ**を使用して**航空機から発信されるADS-B**（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast）を受信し、その航空機の位置情報などの**ADS-BデータをFlightradar24に送信**する仕組みを構築することです。ADS-Bデータの送信に成功した場合、Flightradar24の**Businessプランが無料**で利用できるというメリットもあります。

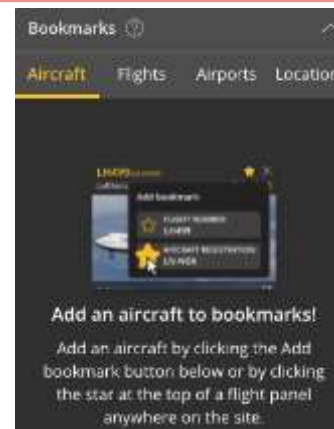
- ①航空機が発するADS-Bをラズベリーパイで受信
- ②航空機の位置情報をFlightradar24に送信
- ③Businessアカウントを無料で利用





🌀 ビジネスアカウント

- 1 セッションタイムアウトが無い
→ずっと見られる
- 2 広告がない
→ストレスフリー
- 3 最大60のフライト、航空機、空港、ポジションをブックマーク
→瞬時に移動で快適
- 4 航空機の飛行情報に関する項目が詳細に分かる
→速度、高度、スコークコードなどなど
- 5 最大3年間の過去のフライト履歴へのアクセス
→話題のフライトを追跡



Speed & Altitude graph	
GROUND SPEED	TRUE AIRSPEED
617 km/h	N/A
INDICATED AIRSPEED	MACH
N/A	N/A
WIND	TEMPERATURE
N/A	N/A
FIR/AIR	
N/A	
Data source - ADS-B	
ICAO 24-BIT ADDRESS	SQUAWK
8514F8	
LATITUDE	LONGITUDE
35.31779	138.06467

Speed & Altitude graph	
GROUND SPEED	TRUE AIRSPEED
617 km/h	837 km/h
INDICATED AIRSPEED	MACH
493 km/h	0.768
WIND	TEMPERATURE
278 km/h ↓ 234°	-43.0 °C
FIR/AIR	
FUKUOKA FIR	
Data source - ADS-B	
ICAO 24-BIT ADDRESS	SQUAWK
8514F8	3454
LATITUDE	LONGITUDE
35.34164	138.2567

Basic	Silver	Gold	Business
✓ Live flight tracking	✓ Everything in Basic	✓ Everything in Silver	✓ Everything in Gold
✓ Linked Enhanced 3D	✓ Ads removed	✓ Aerocastual charts	✓ Licensed for businesses
✓ Search	✓ Unlimited Enhanced 3D	✓ Aviation weather layers	✓ High-level significant weather layer
✗ Ads removed	✓ Alerts	✓ More flight details	✓ Lightning layer
✗ Video map views	✓ 90 days of past flights	✓ ATC boundaries	✓ AHRE2y/SIGMETs layer
✗ Alerts	✓ Data labels	✓ 300 days of past flights	✓ Airport view
✗ Full aircraft details	✓ Show aircraft details		✓ Floor view
✗ Aerocastual charts	See all silver features	See all gold features	See all business features
✗ Weather layers	Subscriber options:	Subscriber options:	Subscriber options:
✗ Additional flight history	Monthly Annual	Monthly Annual	Monthly Annual
	¥9.99	¥34.99	¥499.99
✓ View account	Start your 7-day free trial	Start your 7-day free trial	Start your 7-day free trial

Businessプランが無料に！



◎ セミナーのAgenda

(1) イントロダクション

- ・ セミナーの目的と概要
- ・ Flightradar24とADS-B
- ・ システム構成

(2) ADS-Bの基礎知識

- ・ ADS-Bの概要と構成
- ・ Message Extend(ME)に関して

(3) ラズベリー・パイとADS-B受信

- ・ ADS-B信号を受信するためのラズベリー・パイのセットアップ手順
- ・ 受信データの確認と解析方法の紹介

(4) Flightradar24へのデータ送信

- ・ データをFlightradar24に送信するための手順と設定方法
- ・ Businessアカウントへの移行
- ・ 受信機の性能チェックや稼働状況の詳細確認

(5) Flightradar24のビジネス・アカウントの活用法

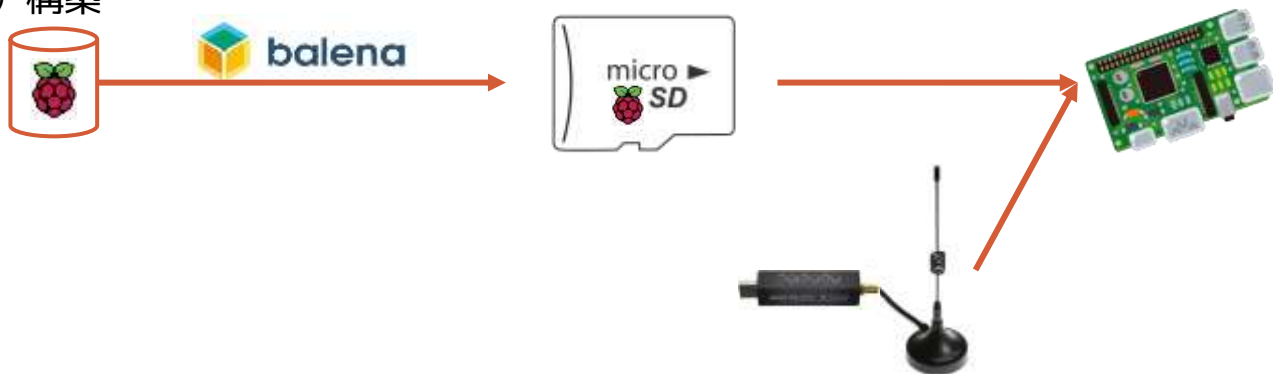
- ・ ビジネス・アカウントの特典と無料利用のメリット
- ・ 空港ライブ・カメラや戦略輸送機

02 Flightradar24 ラズパイ・キット

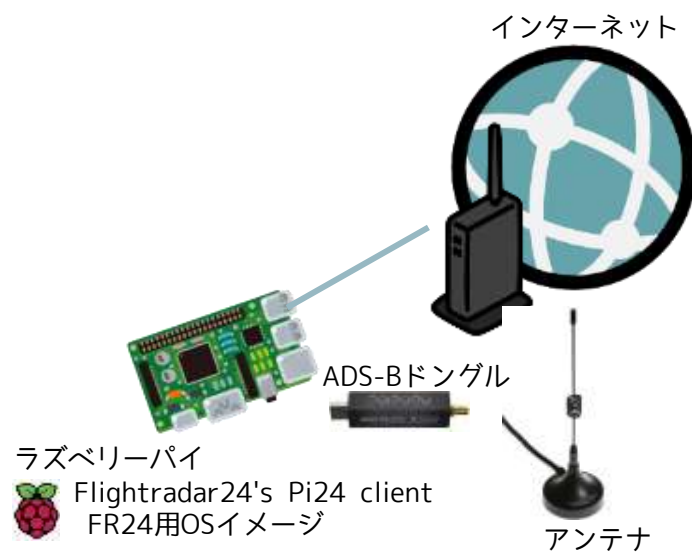


🎯 システム

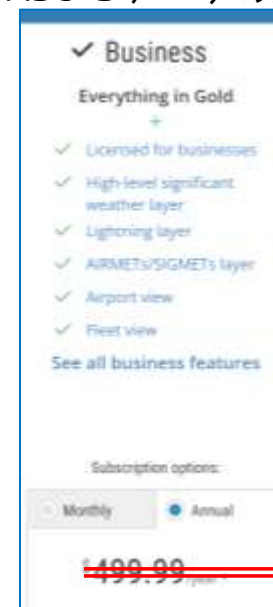
(1) 構築



(2) 運用時(常時稼働)

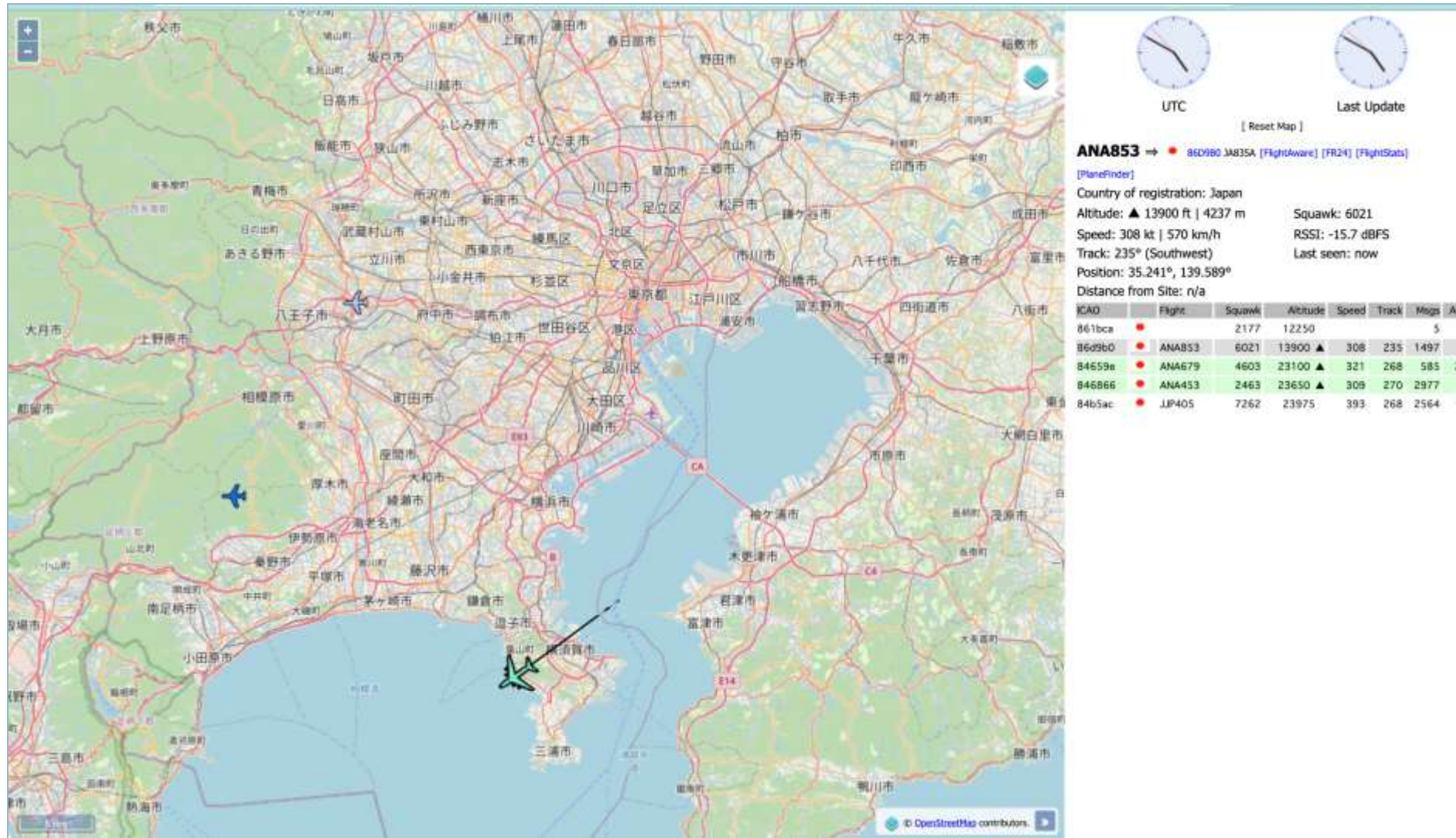


ADS-Bデータの送信によりBusinessプランへ移行





📍 自宅付近の航空機補足





自宅付近の航空機補足



実績

28海里(51.856km)付近まで

過去最高

2022/1/25 max 37海里(68.524km)

ご紹介

03

とにかく実際のものを動かして学ぶ！



ZEPエンジニアリング

<https://www.zep.co.jp/index.html>

ハードウェアで実践教育
ZETA
ZEPエンジニアリング

実験キットで学ぶ 好きな時間に何度でも学べる！ (受講100名)
電源・アナログ回路入門
第1回 3/27 第2回 4/10 第3回 4/24 第4回 3/28-5/1

全社直営 岩間いさむ 橋本一真 オンラインストア ブログ フライバーポリシ トラップーリ

商品タイプで探す
WEBライブ・セミナー
VOD教材【視聴無制限】
キット＆モジュール
発行済み電子本
読みもの

技術で探す
Python/Linux/OS
ロボット/産製機械
制御/モジュール設計
通信/画像処理/センシング
マイコン/Arduino
画像/音声/画像処理
プリント基板/実装
モータ/アクチュエータ
FPGA/ASIC/論理回路
電磁気/数学/統計/力学
高速データ伝送/USB
アナログ/センサ/計測
電源/電圧/バリエーション

新着
3月22日更新 Digi-Keyチャンネル 高級教育からはじめる「ベクトル解析」公開
【YouTube】マクスウェル方程式を眺め直すために 第1回ベクトル解析でよく使う公式
比喩・対称 導体・断片 ZEPエンジニアリング
3月17日更新 IoTから車載まで 世界標準規格をマイコンに紐解く
【Webinar/Pico KIT】 講座12回ベクトルアナログセキュリティ・プログラミング入門
5月26日：ライブ受講 5月27日～5月29日：見直し受講
3月7日更新 低電力で動くフロアアンプで実用？高周波設計の応用を正しく理解する
【読みもの】 スペクトラム・アナライザの読み方・使い方・使い方
【Webinar/KIT】 TinySBAZアナログネットワークアダプタで作る6GHz My実験ベンチ 関連記事
2月23日更新 受講無料！実用レベルに達した次世代パワー半導体の性能を引き出す技術
【Webinar】 小容量高出力！高効率電源設計のためのOSCI/DAKIT ランチセミナー
4月19日：ライブ受講 4月20日～4月21日：見直し受講
2月22日更新 280MHzから2.4GHz帯アマチュア無線の性能向上を目指す！
【KIT】 80MHz帯から2.4GHz帯アマチュア無線の性能向上を目指す！
もっと見る

VOD教材【視聴無制限】
【VOD】 アナログ・アナログの電子回路講座【OPアンプ/フィルタ/電源実用編】
基礎回路の基本から応用の設計、データシートの解釈、基礎設計のエッセンスまで
【VOD/KIT】 世界の最先端を体験！FPGA/ASIC/ラズパイ・キット

自己位置検定技術の
基本を1日体験。
SLAPBotも3Dプリンタ
ROSプログラミング
超入門
超低C/N1
280MHzから2.4GHz帯
アマチュア無線の性能向上
を目指す！



- 🌀 講師による解説とキットを使った実習を通して、短期間で学びを定着。

実習キット

+

講義
(オンライン、動画)

+

テキスト、
お手本ソース

+

プロの技術者による講師

- 🌀 キット付き動画教材、例えば . . .

SLAMロボット&ラズパイ付き！ROSプログラミング超入門

<https://www.zep.co.jp/hsunagawa/movie/mz-rosrobo-on1/>

実習キットと一緒に作る！オープンソースCPU RISC-V入門

<https://www.zep.co.jp/mmaruyama/movie/z-riscv-on1/>

Zynqで初めてのFPGA×Linux I/O搭載カスタムSoC製作

<https://www.zep.co.jp/smorioka/movie/z-zynqlinux-on1/>

PICマイコン オールイン1日学習キット

<https://www.zep.co.jp/tgokan/movie/z-pic-on1/index.html>

すぐ動く！BM83 Bluetoothスタータキット

<https://www.zep.co.jp/kzenyouji/movie/z-bm83-on1/>

ラズパイ・キットで学ぶLinux I/Oボードの作り方・探し方・動かし方

<https://www.zep.co.jp/murushidani/movie/z-linuxio-on2/>

人工知能カメラM5StickVで作って学ぶ画像解析AI開発入門

<https://www.zep.co.jp/tinoue/movie/z-aicamera-on1/>

ラズベリー・パイで学ぶエッジAIプログラミング入門

<https://www.zep.co.jp/tinoue/movie/mz-edgeai-on1/>

「科学と学習」みたいな . . .
わくわく楽しい。



引用：<https://kirakirado.net/1243>



🌀 ちょっとマニアックなものもあります。

次世代通信ミリ波5G用の実証実験キット

<https://www.zep.co.jp/tkatou/kit/z-mmcon2/>

1cm精度のGPSキット

<https://www.zep.co.jp/syoshida/movie/z-m5f9p-on2/>

🌀 お知らせ

(1) 「Days on the ZEP 2024 Spring」

小型 & 高出力！ 高効率電源設計のためのSiC/GaNトランジスタ活用 100の要点

https://www.zep.co.jp/before_after_pcb/web_seminar/sic_gan/index.html

4/19 10:30-16:30、受付締切：4月19日 ※生ライブ終了時間まで

(2) 実験キットで学ぶ電源・アナログ回路入門全3回コース

https://www.zep.co.jp/kzenyouji/web_seminar/psanalog/index.html

キット付きコースは完売！ ですが、キットなしコース(無料)は受講可能。受付中！

(3) 【実験室1245】 第1回 Raspberry Pi 5 緊急速報

https://www.zep.co.jp/lab1245/web_seminar/pi5/index.html

3月22日 12:45～12:55 ウェビナ配信 / 3月23日～ 録画受講

こちらは開催済みですが、録画受講(無料)可能です。

🌀 書籍もあります

書籍もあります。ノイズ対策の訳本です

デシベルから始めるプリント基板EMC 即答200

<https://www.zep.co.jp/asakurai/book/z-emc-bk1/>



04

ADS-B信号



少し技術的な話を . . .



① 航空交通管制(ATC)における一次レーダ、二次レーダとADS-B

航空交通管制(ATC)において、レーダーシステムは航空機の位置を特定し、管制官が安全な空域管理を行う上で重要な役割を果たします。レーダーシステムには、主に一次レーダーと二次レーダーの2種類があります。

② 一次レーダ(Primary radar、PSR)

一次レーダーは、地上の送信機から電波を発射し、航空機に反射した電波を受信することで、航空機の位置を測定するシステム

③ 二次レーダ (Secondary Surveillance Radar、SSR)

二次レーダーは、地上の送信機から航空機に質問信号を送信し、航空機に搭載されたトランスポンダから送信される応答信号を受信することで、航空機の位置や高度などの情報を取得するシステム

モードA：航空機を特定するための4桁の識別コード(SQUAWKコード)

モードC：航空機の高度情報(圧力高度)を提供

モードS：航空機の識別コード(ICA0 24ビット)、位置、高度

ちなみにSQUAWKコードには次のようなものがある

7500: 航空機ハイジャック

7600: 通信障害

7700: 一般的な緊急事態

参考：日本で起きたスコーク7700

・ANA712

・2022/2/14 18:05(UTC 9:05)- 20:00

・千歳→名古屋

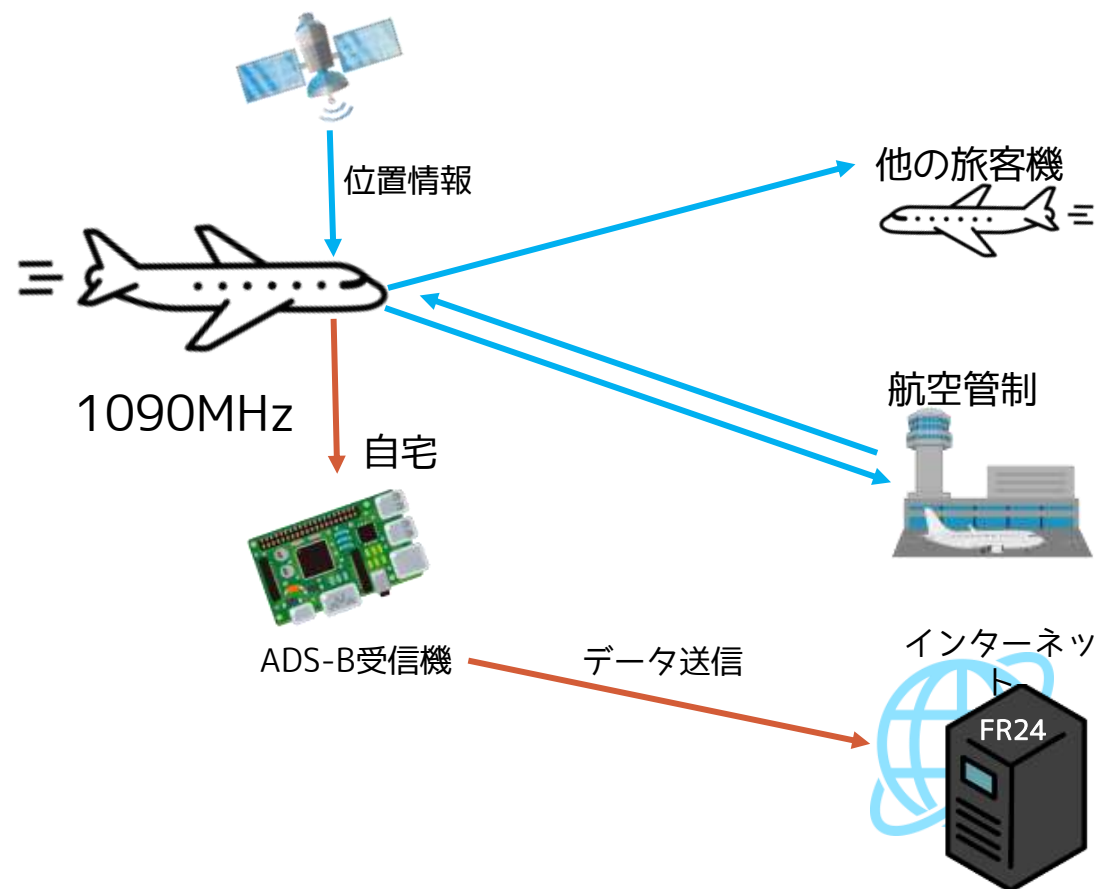
・SQUAWK 7700(緊急事態宣言)

・急病人

<https://www.flightradar24.com/2022-02-14/08:59/40x/42.08,141.57/8>

◎ ADS-Bとは

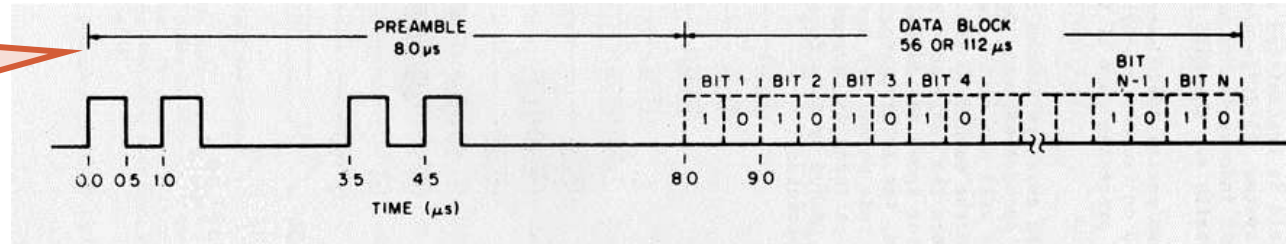
ADS-B(Automatic Dependent Surveillance–Broadcast、放送型自動従属監視)は航空機が衛星測位(GPS)した機体の位置情報や飛行状況のデータを定期的に機体側から送信することで追跡を可能とする監視技術となり、主に航空交通管制で使用されます。米連邦航空局(FAA)は2020年1月1日以降、すべての航空機に搭載を義務付けています。





- ④ ADS-BとモードS拡張スクウィッターメッセージ (Mode S Extended Squitter message)
 モードSの機能を拡張したもので、航空機の位置情報に加えて、飛行経路や高度などの情報が含まれます。

プリアンブルパターン
 「+----+--+」



ADS-BデータのDATA BLOCKは52 or 112ビット長で、以下の5つのデータ項目から構成される。

DF	CA	ICAO	ME	PI
5	3	24	56	24

5つのデータ項目について

#	Bit	No. bits	略語	説明
1	1-5	5	DF	メッセージの種類(DF1)を示す。ADS-Bは17(10001)となる(固定)
2	6-8	3	CA	トランポンダの性能レベルを示す。例：000=ModeS基本機能、001=ModeS基本機能+拡張機能
3	9-32	24	ICAO	ICAO 24ビット アドレス。各航空機に割り当てられたユニークな値。
4	33-88	56	ME	Message Extend, データ部となり航空機情報を含みます。詳細次ページ。
	(33-37)	(5)	(TC)	(Type code)
5	89-112	24	PI	パリティチェック



④ Message Extend(ME)に関して

ADS-BのMessage Extend(ME)にどのような情報が含まれているかを識別するためには、メッセージのType Codeを見る必要がある。Type Codeはビット33-37 (ME セグメントの最初の 5 ビット) に位置する。以下の表 に各 Type CodeとMEセグメントに含まれる情報の関係を示す。

Type Code	項目	内容
1-4	Aircraft identification	航空機の識別情報とカテゴリ情報。これには、航空機の呼出し符号（たとえば、航空会社とフライト番号）や、航空機のタイプ（大きさや構成など）が含まれます。
5-8	Surface position	地表における航空機の位置情報。これは、航空機が地上を移動しているとき（離着陸中やタクシング中など）に使用されます。
9-18	Airborne position (w/Baro* ¹ Altitude)	航空機の空中位置情報。これには、緯度、経度、気圧高度、GNSS（全地球測位システム）高度が含まれる場合があります。
19	Airborne velocities	航空機の世界速度情報。これには、対地速度、対気速度、垂直速度、および地上の見通し（航空機の進行方向）が含まれる場合があります。
20-22	Airborne position (w/GNSS* ² Height)	航空機の高度と位置を合わせた情報。 (汎地球測位航法衛星システム (GNSS) とは、衛星を用いた測位システムの総称です。)
23-27	Reserved	未使用
28	Aircraft status	航空機の状態
29	Target state and status information	ターゲットの状態とステータス情報
31	Aircraft operation status	航空機の運航状況

*1:Baro=Barometric pressureの略で海面気圧から計測した飛行機の高度を示すものになります。

*2:GNSS=汎地球測位航法衛星システム(GNSS)とは、衛星を用いた測位システムの総称です。

05

Appendix



05 Flightradar24のビジネスアカウントの活用法



📍 過去フライトの参照
2024/1/2 (UTC 2024年01月02日(火) 08:35)

日本航空516便

使用機材：エアバスA350-941

機体記号：JA13XJ

フライト：新千歳空港15時50分発 → 羽田空港17時35分着(UTC 8時35分)の定期便

<https://www.flightradar24.com/2024-01-02/08:34/40x/JAL516/3376ab31>



05 航空無線とセットで楽しむ



📶 楽しさ最大に、効果的な使い方

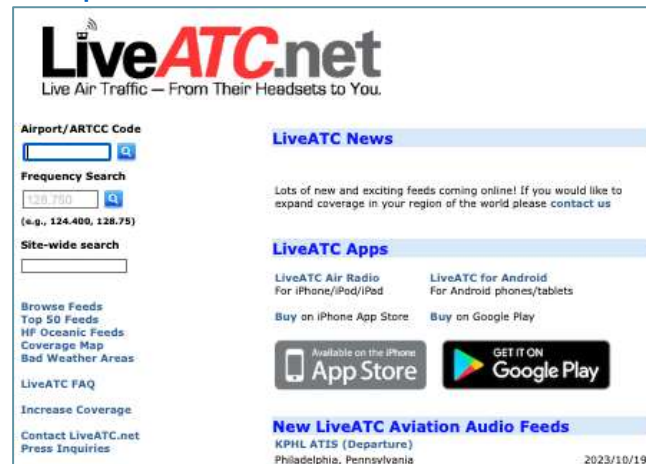
①航空無線を併用

- ・エアバンドレシーバ
→専用機を使う
- ・SDR(Software Defined Radio)
→今回の Dongle を使って構築することが可能です。
- ・Webアプリ
→世界のエアバンドがブラウザで聴ける、場所を問わず手軽

例：SDRで聴くエアバンド：TOKYO APP



<https://www.liveatc.net/>



おすすめ

羽田空港 RJTT全体のフィード

<https://www.liveatc.net/search/?icao=RJTT>



中でも特におすすめは、東京アプローチ
RJTT Approach - Tokyo, Japan

https://www.liveatc.net/hlisten.php?mount=rjtt_app&icao=rjtt

- ・管制官とパイロットのやり取り
高度、速度、進路の指示など
- ・パイロットの操縦がFR24で読み取れる



②過去の通信も視聴可能

<https://www.liveatc.net/archive.php>

LiveATC.net
Live Air Traffic - From Their Headsets to You.

Airport/ARTCC Code: **LiveATC.net Air Traffic Control Audio Archives**

Frequency Search: (e.g., 124.480, 128.75)

Site-wide search:

Browse Feeds
Top 50 Feeds
HF Disemic Feeds
Coverage Map
Bad Weather Areas

LiveATC FAQ
Increase Coverage
Contact LiveATC.net
Press Inquiries
LiveATC on iPhone
LiveATC on Android
LiveATC Mobile
(Mobile browser)
ATC Audio Archives
Interesting Recordings

LiveATC Forums
Twitter | Facebook

Home Page
About LiveATC.net

The date and time is now: Fri 20 Oct 2023 :: 19:17:36 UTC

Click on a (UTC) date:

September 2023						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7

20230919

Select a feed:

Select a time (GMT/UTC):

PLEASE NOTE:
1) Virtually all feeds are archived. A few are not archived at the feed volunteer's request.
2) Archives kept for 30 days - note that date/time is in GMT/UTC.
3) If you need an archive older than 30 days (but less than 1 year old) please contact us for details (fee will apply).
If you need help converting to GMT time please use this GMT Time Converter or TimeNow

Select a feed:
空港リスト、羽田はRJTT

- RJTT App/Dep
- RJTT Approach
- RJTT ATIS
- RJTT Company Channels
- RJTT Del/Ground
- RJTT Del/Twr/TCA/Gnd
- RJTT Departure
- RJTT Tokyo Control
- RJTT Twr/TCA

アーカイブを視聴

LiveATC.net Air Traffic Control Audio Archives

Click Here to retrieve another LiveATC audio archive

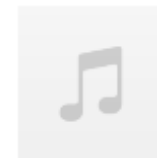
▶ 0:00 / 0:00

[f-App-Sep-19-2023-1400Z.mp3 \(32:00\)](#)
ht-click link above and select Save As to save MP3 file to your computer)

Weather information:
RJTT 190600Z 19017KT 9999 FEW030 31/24 Q1011 NOSIG RMK 1CU030 A2986

Click Here to retrieve another LiveATC audio archive

mp3形式でダウンロードも可能



RJTT-App-Sep-19-2023-1400Z.mp3

参考：2023/9/19 14:00-14:30(UTC)
羽田アプローチ(RJTT Approach)

ご紹介

ラズベリーパイを活用した 航空機追跡システムの構築

航空機の位置情報をflightradar24にフィードして、
Businessアカウントを無料利用する方法

井上 祐寛(株式会社 クレスコ)

