

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

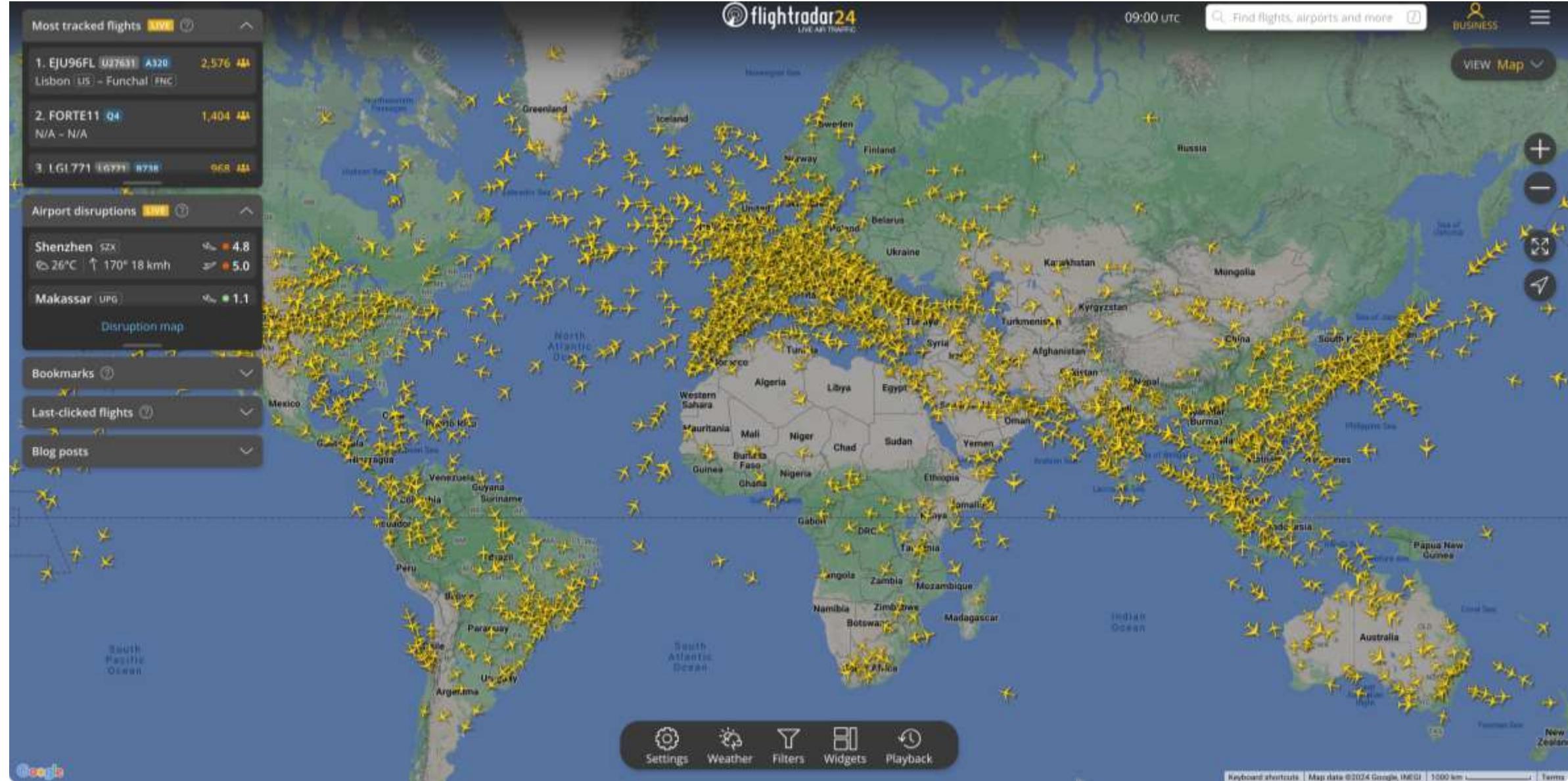
航空機の位置情報をflightradar24にフィードして、  
Businessアカウントを無料利用する方法

井上 祐寛(株式会社 クレスコ)  
2024/3/27



01

# Flightradar24



<https://www.flightradar24.com/>

01

Flifghtradar24



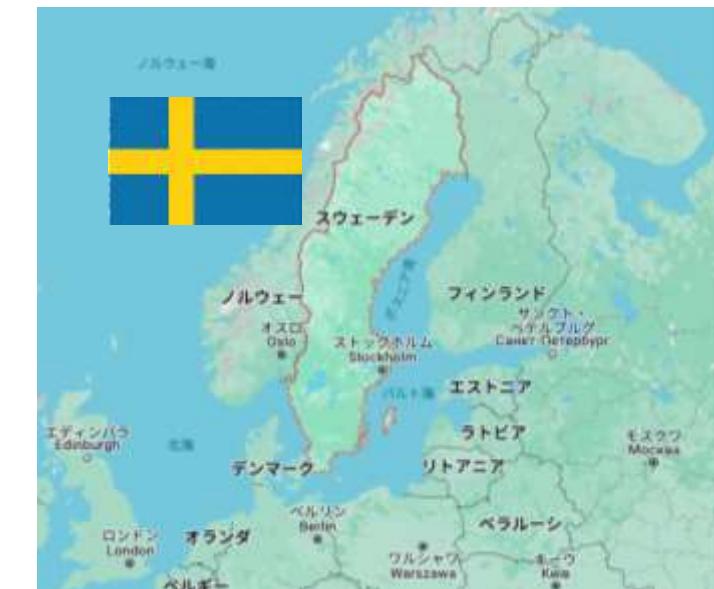
## ① Flightradar24

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 2人の航空ファンからはじまった

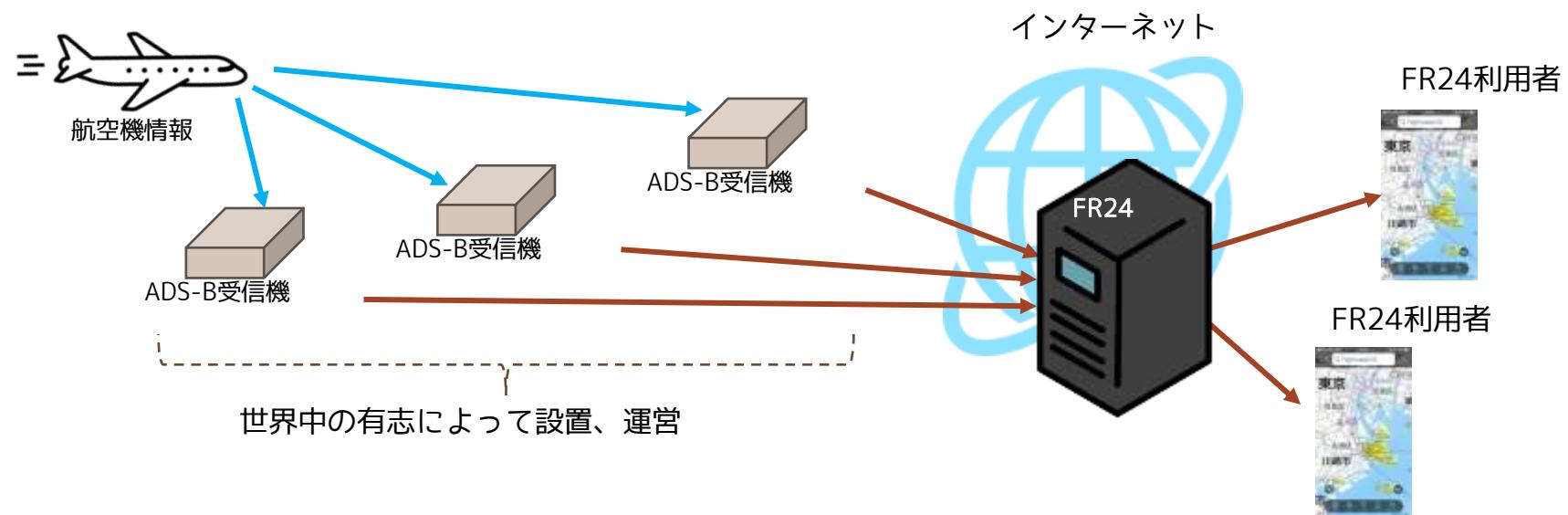
2006年にスウェーデンに住む2人の航空ファンにより始められ、2009年にサービスが公開されました。このサービスは、航空機からのADS-B電波を受信して表示しています。以前は受信設備が設置できない地域の航空機は表示できませんでしたが、現在は人工衛星の位置情報によってほぼ全地域をカバーしています。





## ① 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





## ② 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ドングル、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-on1  
仕様：ラズパイ付きキット、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/Takuhiko 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（ラズパイなし）：[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：ラズパイ+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ドングル、アンテナセット



<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

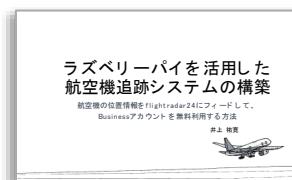
型名：z-flightradar-on2  
仕様：ラズパイなしキット、講義162分、解説56頁  
定価：18,700円（税込・送料無料）  
著者・講師：井上 祐寛/Takuhiko Inoue (株式会社クレスコ)  
企画編集・主催：ZEPエンジニアリング株式会社  
1人当たり1ライセンスです

姉妹製品（ラズパイ付き）：[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：ラズパイ+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
- microSD
- SDRドングル、アンテナセット

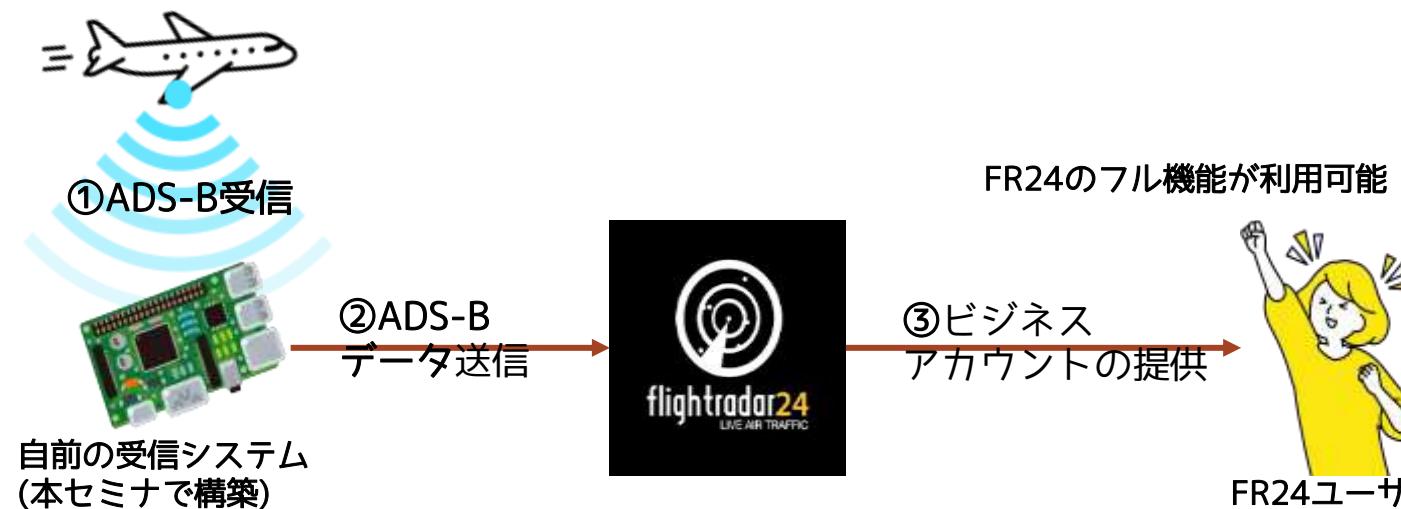




## 目的

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





## ① ビジネスアカウント

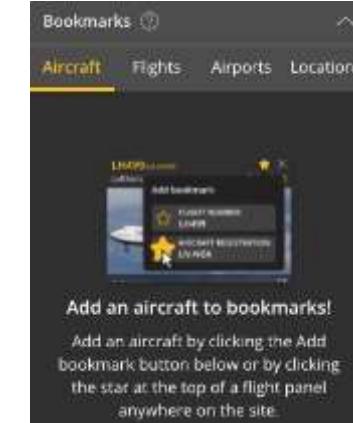
1 セッションタイムアウトが無い  
→ずっと見れられる

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、スコーケコードなどなど

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/JIR	
N/A	
Data source - ADS-B	
ICAO 24-BIT ADDRESS	SQUAWK
8514F8	3454
LATITUDE	LONGITUDE
35.31779	138.06467
Data source - ADS-B	
ICAO 24-BIT ADDRESS	SQUAWK
8514F8	3454
LATITUDE	LONGITUDE
35.34164	138.2567

Basic	Silver	Gold	Business
✓ Live flight tracking	✓ Live flight tracking	✓ Live flight tracking	✓ Live flight tracking
✓ Limited Enhanced 3D	✓ Auto-removal	✓ Unmanned Enhanced 3D	✓ Licensed for business
✓ Searches	✓ Enhanced	✓ Alerts	✓ High-level legendum
✗ Auto-removal	✓ Unmanned Enhanced 3D	✓ 90 days of past flights	✓ Aviation weather layers
✗ Live map zoom	✓ Alerts	✓ More flight details	✓ More flight details
✗ Alerts	✓ Data details	✓ ATC insurance	✓ ATC insurance
✗ Live aircraft details	✓ More aircraft details	✓ 300 days of past flights	✓ AIRNETS/SHORNETS layer
✗ Auto-removal	See all silver features	See all gold features	✓ Airport noise
✗ Aviation weather layers			✓ Pilot noise
✗ Aviation flight history			
Subscription options:	Subscription options:	Subscription options:	
Monthly <input type="radio"/>	Monthly <input checked="" type="radio"/>	Monthly <input type="radio"/>	Annual <input checked="" type="radio"/>
£9.99/year	£34.99/year	£499.99/year	
<a href="#">Create account</a>	<a href="#">Start your 7-day free trial</a>	<a href="#">Start your 7-day free trial</a>	<a href="#">Start your 7-day free trial</a>

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

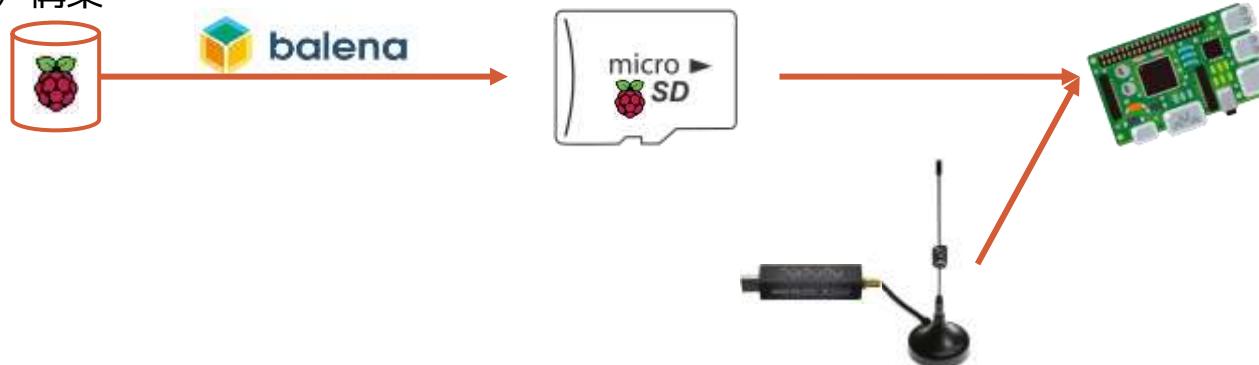
### (5) Flightradar24のビジネス・アカウントの活用法

- ・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

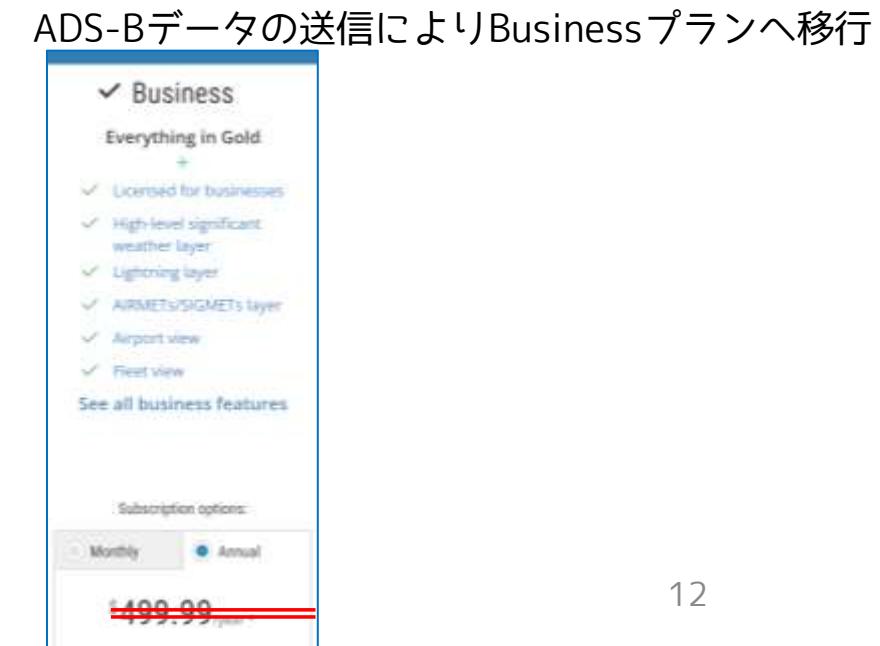
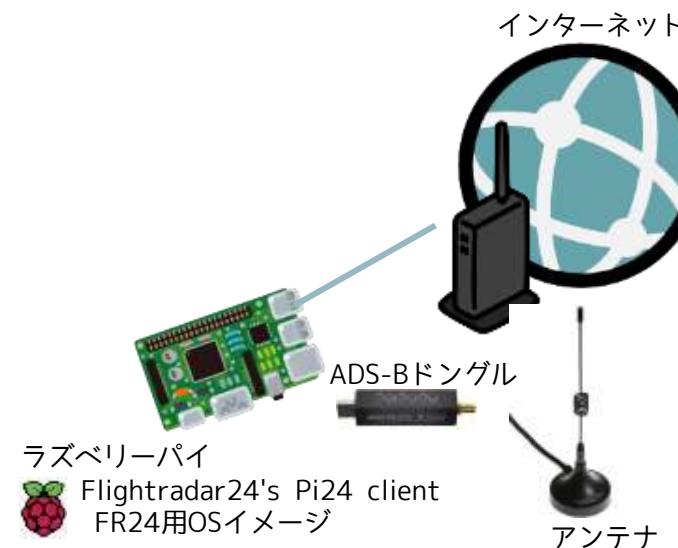


## ② システム

### (1) 構築

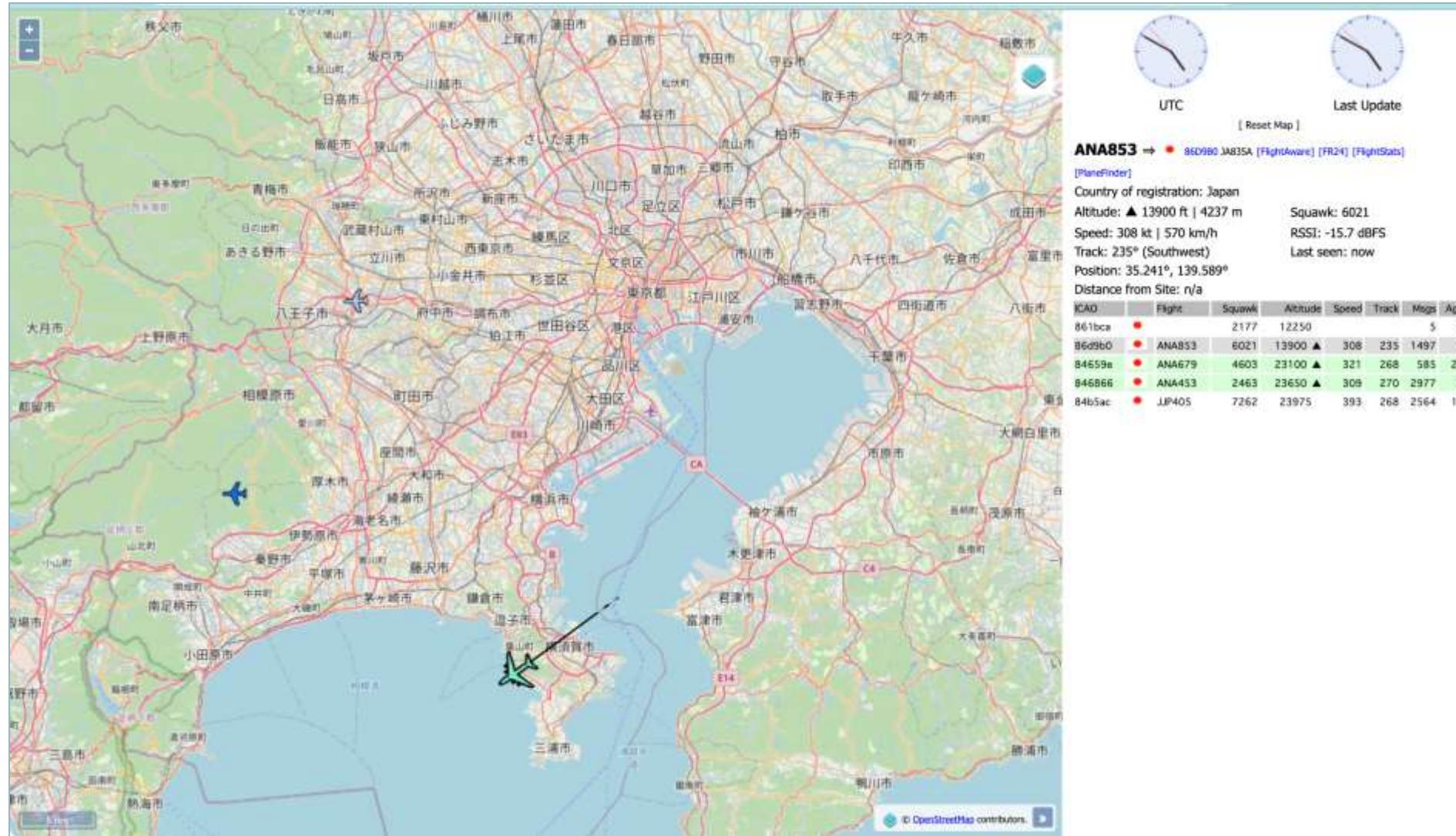


### (2) 運用時(常時稼働)





## ② 自宅付近の航空機補足





## ② 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)

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>



The screenshot shows the homepage of the ZEP Engineering website. At the top, there's a banner for a kit to learn about power supplies and analog circuits. Below the banner, there's a search bar and a sidebar with various links. The main content area is a list of recent webinars and articles, each with a thumbnail image and a brief description. The sidebar on the right has sections for '自己位置推定技術の基礎を1日体験' and '超低功耗'.



❷ 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  
による講師

❸ 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/>

実習キットで一緒に作る！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FPGAx 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スターターキット

<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](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](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](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

少し技術的な話しを · · ·





## 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 (ICAO 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

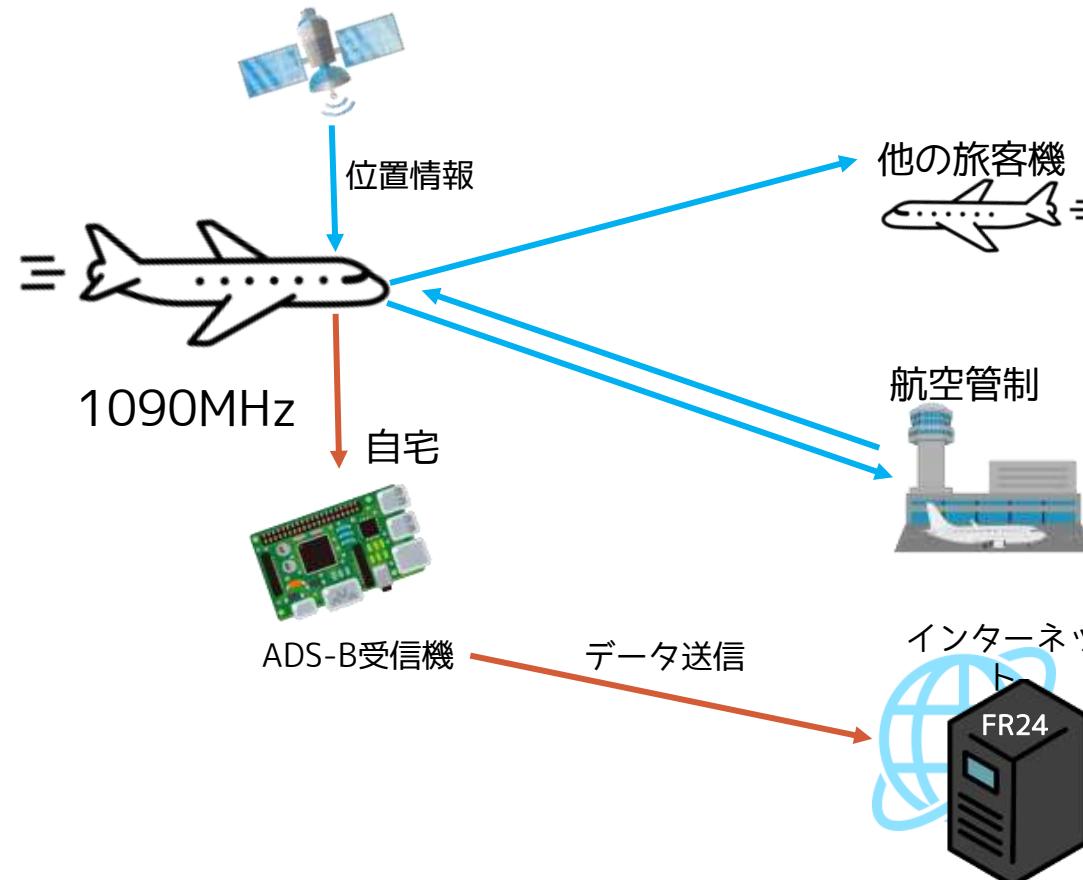
- ANA712
- 2022/2/14 18:05(UTC 9:05)- 20:00
- 千歳→名古屋
- SQUAWK 7700(緊急事態宣言)
- 急病人

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



## ADS-Bとは

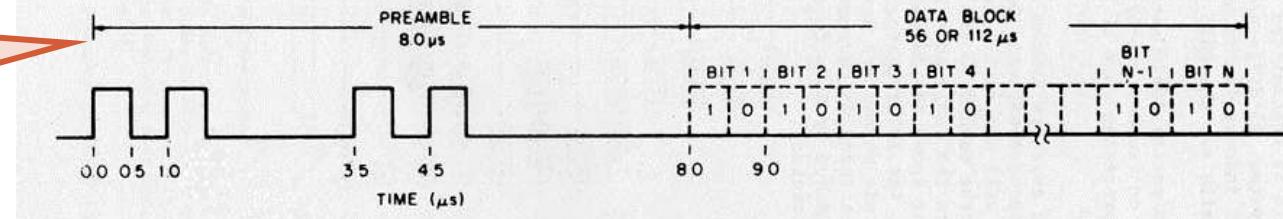
ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast、放送型自動従属監視)は航空機が衛星測位(GPS)した機体の位置情報や飛行状況のデータを定期的に機体側から送信することで追跡を可能とする監視技術となり、主に航空交通管制で使用されます。米連邦航空局(FAA)は2020年1月1日以降、すべての航空機に搭載を義務付けています。





ADS-BとモードS拡張スクwitter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



## Message Extend(ME)について

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 <sup>*1</sup> 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 <sup>*2</sup> 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





過去フライトの参照

2024/1/2 (UTC 2024年01月02日(火) 08:35)

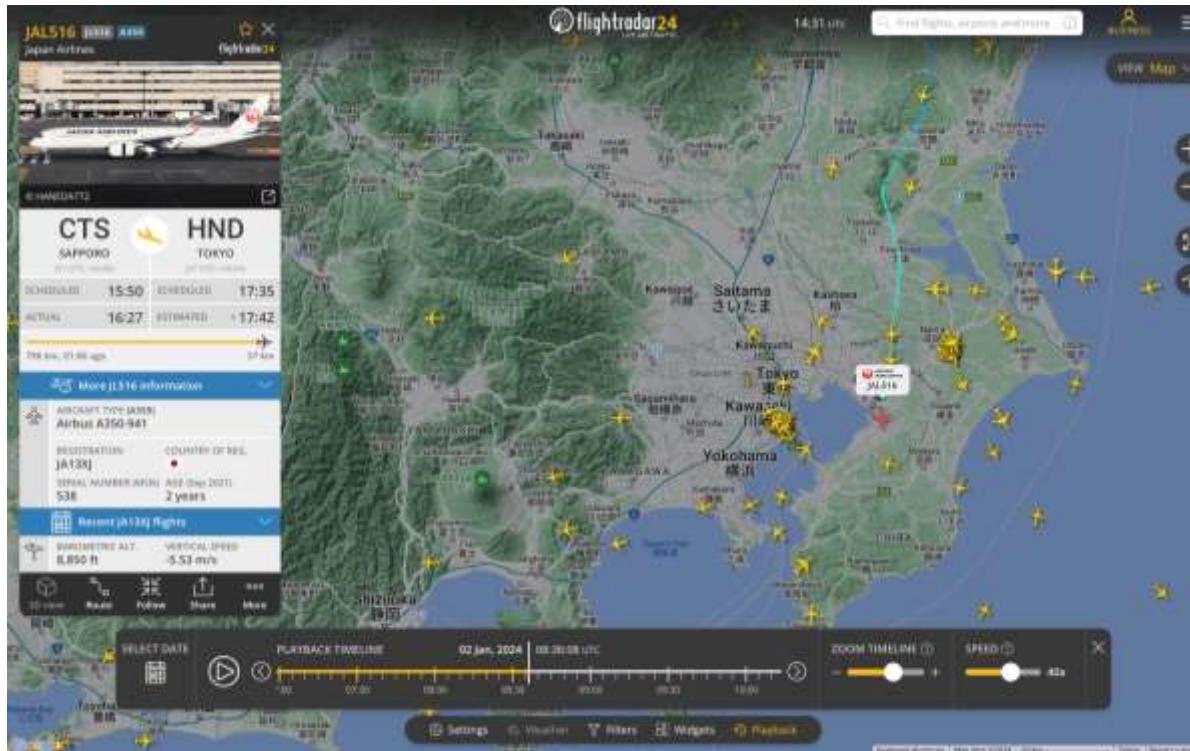
日本航空516便

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>





## 的乐趣最大に、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 Defind Radio)  
→今回のドングルを使って構築することができます。
- ・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

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



例：SDRで聴くエアバンド：TOKYO APP



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](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:  The date and time is now: Fri 28 Oct 2023 :: 19:17:06 UTC

Click on a (UTC) date: September 2023

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](#).

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

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

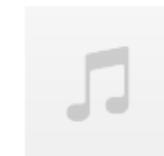
R-App-Sep-19-2023-1400Z.mp3 (32:00)  
ht-click link above and select Save As to save MP3 file to your computer)

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

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)

