

航空分野の IoT 取得データとデータサイエンスによる 3 つの Web ソリューションの構築

伊藤 貢司^{†1}, 植田 勝典^{†1}

概要: 本研究では、ラズベリーパイを用いて様々なデータをリアルタイム収集・処理するシステムを構築した。データは即時にサーバーへ送信され、分析・可視化される。これにより、運航状況の把握やパイロット訓練、乱気流分析の即時対応が可能となり、安全性向上や効率的な訓練手法の構築を試みた。

キーワード: ラズベリーパイ, MQTT, Cesium, InfluxDB, Grafana, IoT

1. はじめに

IoT 機器から取得したデータはビッグデータとなるが、有効な活用方法が課題の 1 つになる。本研究ではラズベリーパイを IoT 機器として活用し、①旅客機からの運航状況データ、②フライトシミュレーターからの位置、姿勢、高度データ、③風向風速計からの気象観測データをリアルタイムに収集・処理する。データは即時にサーバーに収集され、データサイエンス手法を用いて分析、可視化される。これらをリアルタイムに処理することによって、運航状況の迅速な把握、パイロット訓練生へのタイムリーな指導、乱気流分析手法の即時検証など、いくつかの付加価値が見いだされた。更に本研究は、航空分野における運航の安全性向上、効果的なパイロット訓練手法、地球温暖化への対策など、現代の航空課題解決に向けた新たな知見を提供することを目指すものである。

2. 3 つの研究に共通する手法

各研究に共通する手法は次の通りである。低電力、超小型コンピューターのラズベリーパイによって取得した情報を高頻度にサーバーに送信する。サーバーはデータベース (InfluxDB) に格納すると同時に可視化ソフト (Grafana) にデータを送り、必要に応じて分析を行う。ユーザーはサーバーの URL を参照することによって、可視された情報を、場所を問わずにリアルタイムに閲覧することができる。

様々な分野などで行われている IoT 機器の活用であるが、3 つの研究ではそれぞれ異なる種類の航空分野のデータを上記の要領で処理し、活用している。その概略を順に紹介する。

3. 旅客機からの運航状況データ分析

多くの航空機は ADS-B 情報を管制に使用するトランスポンダー電波によって一方送信を行っている。ADS-B 情報には位置、高度、対地速度等が含まれているが、この情報を関東の数カ所に設置したアンテナと受信機によって受信、

解読し、MQTT 通信で 1 秒毎にサーバーに送信する。サーバーでは Python と Cesium によって図 1 のような 3 次元モデルによる可視化を行う。並行してデータベースである InfluxDB に情報が書き込まれ、Grafana によって飛行高度やジェット気流の強さがリアルタイムに可視化される。



図 1 Cesium による羽田空港への進入の 3D 可視化
同様の仕組みは Flight Radar24 等の民間サイトで実用化され、約 6 秒毎のデータが公開されているが、本研究ではより詳細な 1 秒毎のデータになる。

データの件数は 1 日あたり 400 万レコードに及び、全てサーバーに保存されている。

4. フライトシミュレーターからの操縦データ分析

航空機操縦の要領を講義し、分析を行う為に、飛行機を模擬するフライトシミュレーター (以下 FTD と略す) から 1 秒毎に UDP 通信によってラズベリーパイで操縦データを取得し、サーバー内の InfluxDB に送信し、Grafana によってリアルタイムの可視化を行う。図 2 は FTD の外部視界面や飛行計器、グラフ、操縦桿をビデオカメラで撮影し合成した動画を YouTube の限定ライブ配信によって米国在住の初の単独飛行を目指す学生に対して遠隔講義を行った記録である。右上のグラフには操縦装置を操作する力や

^{†1} 桜美林大学 航空・マネジメント学群

垂直加速度が 1 秒毎に表示されている。操縦桿を操作する力や加速度は見えないが、このような可視化を行うことによって、操縦技術の理解を深める教育が可能になる。



図 2 ライブ配信による米国滞在学生向け操縦技術講座

講義は双方向のコミュニケーション手法を取り入れ、学生達の操縦に関する数々の疑問を予め収集し、FTD でデモンストレーション飛行を行ってその疑問に答える他、学生からその場でチャットによってリクエストを収集した。

また、FTD では操縦データを蓄積しており、データサイエンスを活用して分析を行っている。分析の結果、例えば操縦技量のスコア化が可能になるため、操縦を行いながらその場で評価を行うリアルタイム操縦評価手法の実運用が可能となった。

更に前項で紹介した 3D 空間に FTD の姿勢高度位置を反映した FTD の 3D モデルを表示することを試みた。これによって現実の航空機が飛行する仮想空間内に、学生が操縦する飛行機が飛行することが可能になった。これによって管制官役の学生と操縦役の学生に別れて模擬管制を行う授業の基盤整備を進めている。

5. 風向風速計からの気象観測データ分析

空飛ぶクルマの離発着場の乱気流評価のために、高さ 4 メートルの柱に固定、もしくはドローン上部に超音波風向風速計及び熱線風速計とラズベリーパイを装着した。装置から MQTT 通信によってサーバーに観測データをリアルタイムで送信し、サーバー内の InfluxDB に書き込み、Grafana によって乱気流の可視化を行う。この気象観測は風向風速値からラプラス分布のパラメーター: b を推定し、乱気場の度合いを数値化するものである。

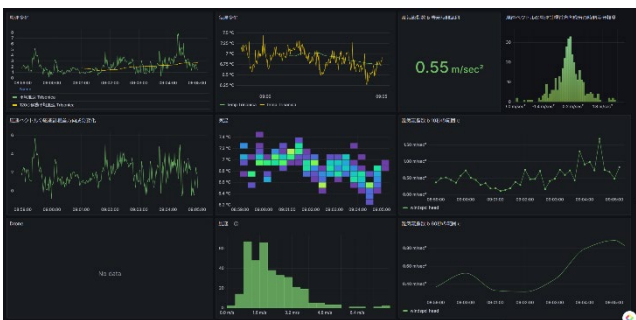


図 3 リアルタイム乱気流測定

図 3 の全てのグラフは最短で 5 秒毎に更新されるが、特に右上のヒストグラムは測定値が多くなるにつれてラプラス分布の形状が明らかになる。また乱気流を示す数値と屋外の気流の状況を即時に比較する事が可能になり、説得力のある検証が可能になっている。

謝辞 本研究の一部は、一般財団法人 WNI 気象文化創造センター 第十四回気象文化大賞の助成を受けて遂行されました。

参考文献

- [1]Federal Aviation Administration. "ADS-B." Last modified February 1, 2025. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/afx/afs/afs400/afs410/ads-b.
- [2]Koji Ito, Haruka Ohba, Shinya Mizuno. 「Low-level turbulence risk assessment and visualization using temporal rate of change of headwind of an aircraft」. *Journal of Big Data* 11, no. 1 (2024 年 11 月 7 日): 158. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-01032-2>.