

卒業論文要旨

放送型自動従属監視信号を用いた飛行解析手法の開発

Development of a Flight Analysis Method using ADS-B signal

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230050 吉川 友佑

1. はじめに

1.1 背景

放送型自動従属監視 (ADS-B) は航空交通管制の効率化を主な目的として整備されている監視技術であり時期の位置情報等を放送するシステムである。図 0.1 に ADS-B による航空管制の図を示す。図 0.1 より、ADS-B は管制官へ直接的な情報通信、通信衛星を経由しての情報通信、GPS 衛星を経由して他機との情報通信が可能である。さらに ADS-B には送信用、受信用がありこの両方の搭載がされている機体同士ではお互いの位置や高度、速度といった飛行状態を知ることが可能である。米国では送信用 (ADS-B out) の装置の搭載が 2020 年に義務化されているが日本ではまだである。現在、ADS-B の信号は航空機から送信されるのみで、その信号を他機が受信して飛行に反映することはなく、管制においても依然としてレーダと音声交信による通信が主である。航空管制の効率化には ADS-B は重要なシステムであり積極的な利用が望まれる。だが、現段階では ADS-B の応用先は数少なく地図上に航空機の位置を示すツールくらいのものしかない。

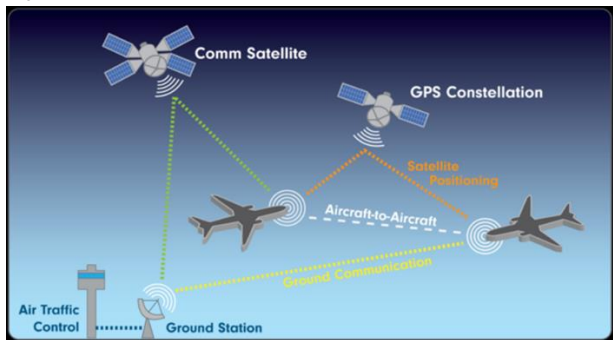


Figure0.1 Air traffic control with ADS-B

1.2 目的

航空機の運航効率および管制の効率の向上を目指し、本研究では航空管制に大きな変革をもたらす可能性のある ADS-B より得た機体の航跡データから、航空機の動態情報や飛行状況を求める新たな飛行解析の手法を開発する。そして将来的には ADS-B の搭載率が上がり、より効率的な管制が可能となる。

実際に飛行解析を行うための航跡データとしては Flightradar24 が利用可能であるが、本研究では Flightradar24 と ADS-B より自己取得によって得られたデータの比較を行い自己取得でのメリットを得たうえで ADS-B より自己取得したデータを用いて飛行解析を行う。

2. ADS-B より自己取得したデータの特徴

取得方法は航空機が発信している ADS-B 情報を、受信可

能なアンテナを用い定位置のままデータを取得する。表 2.0 に羽田空港の展望台より取得した時刻や場所について示す。

Table2.0 date and place of self acquisition

conditions	
date	Novemver-16
time	17:47:10~18:02:22
place	Haneda Airport Terminal 1 Observation Deck

2.1 取得できるデータ

本研究で大切な ADS-B より自己取得できるデータについて説明する。取得できるデータとしては主に 7 つの航空機の機体情報を得ることができ、情報としては、登録番号、便名、緯度・経度、気圧高度、対地速度、方位角、上昇降下率である。この取得できるデータの表示される単位を表 2.1 に示す。

Table2.1

Date	Aircraft ID	Flight ID	Latitude	Longitude	Vertical Rate
Unit			degree	degree	ft/min
Date	Speed	Heading	Altitude	time	
Unit	kn	degree	ft		

2.2 Flightradar24 との比較

世界各地の協力者が取得した ADS-B データがサーバーに収集され、インターネット経由で配信する商用サービスとして Flightradar24 があるが、まずは Flightradar24 と比較し、ADS-B より自己取得を行うメリットについて説明していく。

Flightradar24 はインターネット経由のためタイムラグが生じ、取得できるデータの時間間隔が 3 秒~15 秒である。それに対し、自己取得による ADS-B データはインターネット経由がないためタイムラグがほとんどなく、取得できるデータの時間間隔が 0.4 秒~2 秒と Flightradar24 と比べ細かい。さらに同じ時間幅で取得できたデータの数について着目すると自己取得によるデータの方が Flightradar24 に比べて多い。このことを確認するべく、ある 1 機のみデータを用い Flightradar24 と自己取得より得られたデータ数を図 2.1 に示す。また、図 2.2 に同じ 1 機のみ Flightradar24 と自己取得より得られた緯度と経度のデータのプロットを示す。

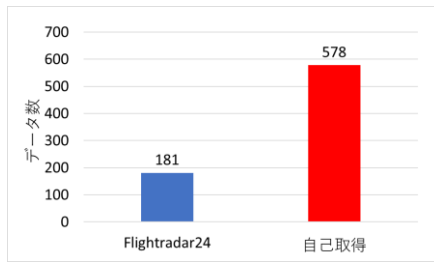


Figure. 2.1 Comparison of number of data



Figure2.2 Plot with Flightradar24 and self acquisition

図 2.1 より，ある 1 機の同じ時間幅での取得できるデータ数は Flightradar24 が 51 個に対して自己取得によるデータ数は 578 個と 3 倍近く多いことが分かる. さらに図 2.2 より Flightradar24 のデータのプロットと比べ，航跡はほぼ一致していることが分かる. このことより，自己取得した ADS-B データは信憑性を確認することができる.

3. ADS-B を用いた航空機の飛行解析

実際に自己取得したデータを用いて航空機の飛行解析を行う.

3.1 取得データ

取得したデータの緯度と経度を用いて google map 上にプロットした結果を図 3.1 に示す.

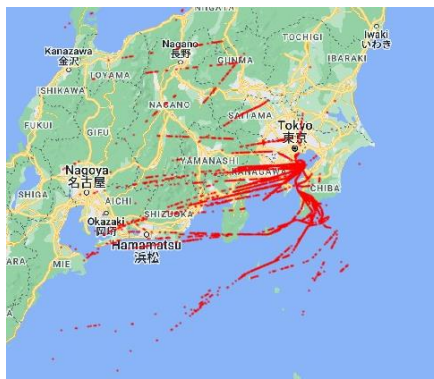


Figure. 3.1 All plots

図 3.1 の緯度と経度によって位置が取得できたデータは全部で 13286 個のプロットを描くことができ羽田空港から三重県付近の太平洋上の機体まで取得できていることが分かる.

3.2 waypoint を通過する機体

AIS JAPAN に記載されている，航空機の合流点でもある waypoint を通過する機体の航跡について解析を行う. 本研究では千葉県上空に位置する UMUKI を用いて解析を行う. UMUKI の位置を図 3.2 に赤丸で示す.



Figure. 3.2 Position of UMUKI

以下は，UMUKI を通過した機体についての解析結果である. UMUKI を通った機体は全部で 5 機であった. データの取ができた時間について表 3.1 に示す. 横軸を時間，縦軸をデータの個数としたグラフを，図 3.3 に示す.

Table3.1 Aircraft passing waypoint

number	time
1	17:47:54
2	17:54:11
3	17:54:58
4	17:55:44
5	18:01:33

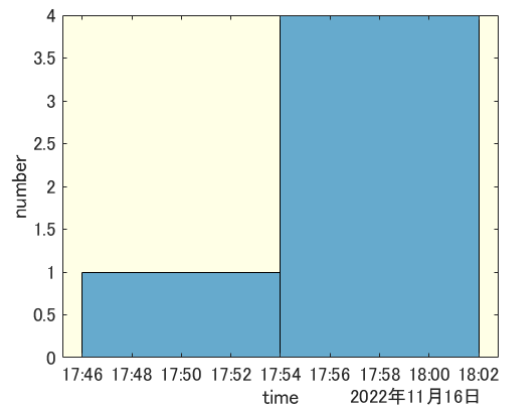


Figure3.3 Number of aircraft passing waypoint in time

表 3.1 より 1 機目と 2 機目の時間間隔と 4 機目と 5 機目の時間間隔は 3 分から 6 分と空いているが 2, 3, 4 機目の時間間隔は 47 秒, 46 秒とかなり短いことが分かる. 図 3.3 より 17 時 46 分から 17 時 54 分にかけては 1 機しか通過していないが, 17 時 54 分から 18 時 2 分にかけては 4 機通過していることが分かる. これらのことから 17 時 54 分頃の UMUKI は混雑状況にあったことが推測できる.

3.3 waypoint の楕円形圏内を通過する機体

続いて UMUKI の楕円形圏内を通過する機体について飛行解析を行う. 今回，解析に用いる UMUKI の楕円形圏内の半径は 2.7NM である. 理由については UMUKI を通る機体の進入方式は ILS X RWY34L Approach であり他の進入方式の機体の情報が入らない範囲として，半径 2.7NM とした. この楕円形圏内についての範囲を地図上で確かめるため半径 2.7NM の楕円形圏内を図 3.4 に示す. そして，UMUKI を中心として半径 2.7NM の楕円形圏内に入った機体をプロットしたデータを図 3.5 に示す.



Figure. 3.4 Oval area of UMUKI



Figure. 3.5 Aircraft passing oval area of UMUKI

図 3.5 より UMUKI の楕円形圏内に入ってくる機体は全て南東の方角からであることが分かり、UMUKI を中心とした楕円形圏内に入った機体は全部で 15 機であった。データの取得できた時間について表 3.2 に示す。横軸を時間、縦軸をデータの個数としたグラフを、図 3.6 に示す。さらに横軸を時間間隔、縦軸をデータの個数としたヒストグラムを図 3.7 に示す。

Table3. 2

number	time	number	time	number	time
1	17:47:19	6	17:52:34	11	17:56:48
2	17:48:13	7	17:53:18	12	17:57:32
3	17:49:53	8	17:54:13	13	17:58:31
4	17:51:02	9	17:55:14	14	18:00:50
5	17:51:51	10	17:55:59	15	18:01:45

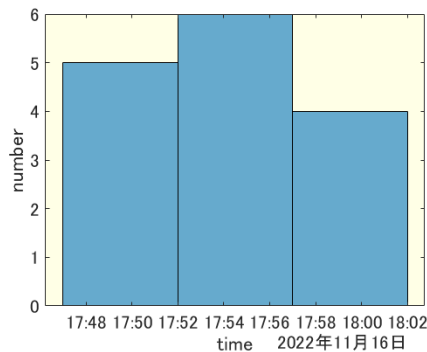


Figure3.6 Number of aircraft passing oval area of UMUKI in time

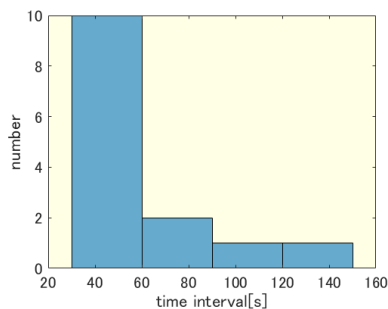


Figure 3.7 Number of aircraft passing oval area of UMUKI in duration of time

図 3.6 から自己取得を行った時間内で UMUKI の楕円形圏

内に入ってくる機体の数が最も多い時間帯は 17 時 52 分から 17 時 57 分であることが分かる。5 分間に 6 機の機体が楕円形圏内に入ってきていることから上記の時間帯に半径 2.7NM の UMUKI 楕円形圏内は混雑状況にあったと考えられる。さらに図 3.7 より UMUKI 楕円形圏内に入ってくる機体の時間間隔は約 30 秒から 60 秒間隔が 10 個と最も多いことが分かり、時間間隔が長くなると機体の数が減少していることが分かる。waypoint に入ってくる時間間隔が 30 秒から 60 秒ということは混雑状況であるので、自己取得した 17 時 47 分から 18 時 2 分の時間帯に UMUKI の半径 2.7NM の楕円形圏内は混雑状況にあったと推測できる。

4. 結論

本研究では羽田空港にて自己取得を行った ADS-B データを用いて Flightradar24 との比較を行い、自己取得した ADS-B データのメリットを得たうえで ADS-B データを用いて飛行解析を行った。まず、ADS-B より自己取得をしたデータのメリットとしては Flightradar24 と比べ時間間隔が短いことであり、このことより解析に使えるデータの総量が約 3 倍多いことが得られた。

そして、実際に飛行解析を行った結果、waypoint を通過する時間ごとのデータの数を知ることができ、どの時間帯が最も混雑しているかそうでないかが分かった。さらに waypoint の楕円形圏内に入ってくる機体の数を時間間隔で解析を行うことで、どの時間間隔で waypoint に入ってくるか知ることができ混雑状況を確認することができた。

文献

- (1) Flightradar24, 86D200
<https://www.flightradar24.com>
- (2) AIS JAPAN, 26 Jan 2023, AERODROMES, , RJTT
<https://aisjapan.mlit.go.jp/LoginAction.do>
- (3) Global 旅日記：次世代航空管制装置「ADS-B」
URL : <http://finesky1.jugem.jp/?eid=177>