

卒業論文要旨

放送型自動従属監視信号を利用した機体間相互通信に関する研究

A Study on Intercommunication between In-flight Aircraft using ADS-B Signal

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230152 松倉 大輔

1. はじめに

ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)信号とは、衛星測位システムを使用し、航空機が自機の緯度・経度の位置情報や高度、上昇降下率など、その他の情報をメッセージとして放送することにより追跡を可能とする監視技術である。

現在の航空交通管制では ADS-B 信号の利用に伴って航空機の位置情報を取得することにより機体間の状況把握が向上している。また、日本ではほとんどの機体で ADS-B 送信機が搭載されているが、航空機の ADS-B システムへの対応については、コスト等の問題から自機の ADS-B 信号を発信する装置のみの搭載のとどまっているのが現状である。

フライトレーダー24でも毎秒ごとの位置情報を取得できるが、飛行中の機体の中で取得するにはネットワークを通じて従来から使用されている空中衝突や異常接近を防ぐための空中衝突防止装置 TCAS の検出範囲は半径約 4NM となっており、約 200NM を受信範囲とする ADS-B 信号に比べ、周囲の機体の位置を早期に把握することには適していない。そこで、本研究では新たな機上監視システムの構築を目指すことを目的とし、飛行中の機内で受信した ADS-B 信号により、機上でリアルタイムに自機および周辺機の位置および動態情報を正確に把握、可視化することで操縦士の状況判断の手助けと、より効率的な機体間相互通信による航空交通管制の実現を目指す。

2. ADS-B データの取得方法

ADS-B 信号を受信する方法として、2022 年 11 月 16 日の 19 時 10 分発である JAL499 便に搭乗し、羽田空港から高知空港の間を ADS-B 信号受信専用の長さが 10cm 程度の小型アンテナとコンピュータを用いて、機体とアンテナ受信範囲内の機体の ADS-B データを取得する。アンテナの種類は大きさが異なる 3 種類あるが、今回はサイズの都合により 2 番目に大きいアンテナを使用する。

解析に用いたツールは、Math Works 社の MATLAB で、規定のツールボックスを使用することで飛行中の ADS-B 信号の取得を行った。

3. 取得データの結果

図 1 では、時間内にアンテナで取得したすべての機体の位置情報を地図上にプロットしたものである。青いプロットは搭乗していた JAL499 便を表しており、赤いプロットは他の機体の位置情報を表している。位置情報が有効な値のみを抽出すると、飛行中の 34 分間で 85 機の ADS-B データを取得することができた。また、離着陸が多い羽田空港周辺では、複数の機体の位置情報が取得できていることが見てとれる。

受信データの精度を検証するために、本研究で利用した JAL499 便をプロットしたものと図 2 で示した、同便のフライトレーダーの経路を比較するとほとんど等しい位置情報と飛行経路を得ることができていることが分かる。

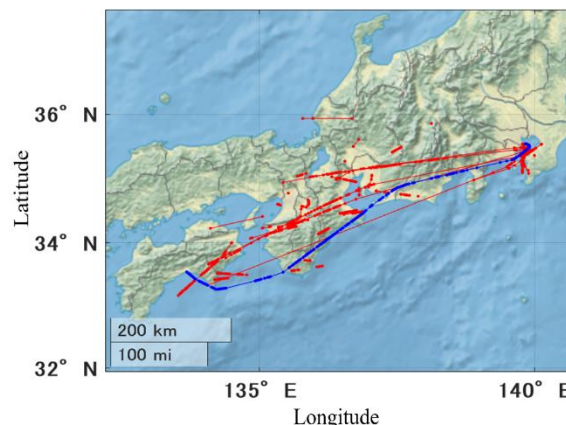


Fig. 1 Plot using ADS-B signal

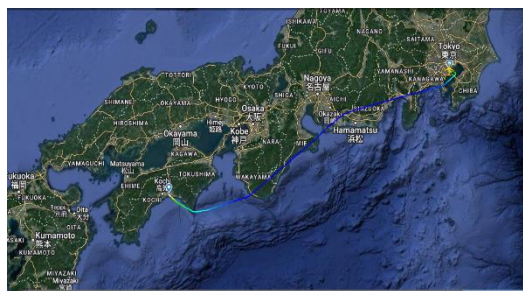


Fig. 2 Flight rader 24 route

4. 干渉解析手法

飛行中の機体間距離を求める前に、どの程度の距離まで接近していれば、干渉しているか判断できるようにするために機体の回りに水平距離 $d_0=5$ [NM]、高さが $h_0=1000$ [ft]として領域を設定する。

この領域内に他機が侵入すれば、接近しているとみなす。実際の機体間の水平距離を求める式として地球を真球とみなして導出する。自機の位置情報を緯度、経度の順に (λ_A, ϕ_A) 、他機の位置情報を (λ_B, ϕ_B) として用い、以下のように求める。

$$x_A = \cos\lambda_A \cos\phi_A \quad (1)$$

$$y_A = \cos\lambda_A \sin\phi_A \quad (2)$$

$$z_A = \sin\phi_A \quad (3)$$

$$x_B = \cos\lambda_B \cos\phi_B \quad (4)$$

$$y_B = \cos\lambda_B \sin\phi_B \quad (5)$$

$$z_B = \sin\phi_B \quad (6)$$

$$\chi = \cos^{-1}(x_A x_B + y_A y_B + z_A z_B) \quad (7)$$

$$d = R \cdot \chi \quad (8)$$

ここで、(8)は地球の半径を $R=6378$ [km]として計算し、保護領域と比較検証を行うために、新たに接近度合いの指標として間隔指標 I を定義する。

$$I = \max\left\{\frac{h}{h_0}, \frac{d}{d_0}\right\} - 1 \quad (9)$$

式(9)は、2つの機体の位置関係が保護領域上にある場合、 I は0となり、この値が0より数値が高いと安全な機体間距離で飛行しているということになる。これに対して、0より小さい値を取ると異常接近していることになる。 $I=0$ であれば他機が保護領域の表面上に存在していることになる。図3では、自機と他機のADS-Bデータが同じ時間で共通して取得できている時刻のみを抽出し、(1)から(8)の式を用い、飛行時間内で取得したデータを代入して間隔指標を示している。間隔指標が最小となる時刻は19時10分28秒で I が-0.95の値を得られ、この時刻が最も機体同士が近づいていることが分かった。19時15分から19時25分にかけての間の時刻に、数か所にわたって間隔指標が0に近づいていることが読み取れ、これをJAL499便の時間毎の高度と比較すると、巡航中であつたことが分かった。これに対し、他の時間では、離着時に間隔指標が0に近づいているが、上昇中と降下中の時間帯では、巡航中に比べて0に近づく回数が減ることから、接近のリスクを冒さない安全な距離を取って飛行していると考えられる。

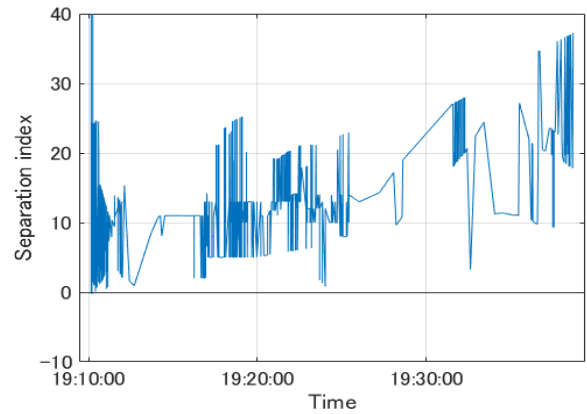


Fig. 3 Time variation of the interval index

5. まとめ

本研究では、ADS-B信号の受信精度を、取得した位置情報をプロットしてつなげたものとフライトレーダー24の航路を比較して確かめ、ADS-Bデータを飛行中の機内で受信し、同時刻において機体同士の間隔指標(接近度合い)を導出した。機体間同士の距離は数か所の時刻において保護領域内に接近しているものの、ほとんどの時間帯で大幅に0の値を超えていることが解析結果から明らかとなった。また、今回の取得できたデータについて、他機の位置情報が取得できている同時刻に自機の位置情報が取得できていない時刻があるため、実際の間隔指標の図とは誤差が生じると考えられる。

これらの結果から、時々刻々の機体間距離を操縦士がリアルタイムで確認しながら、飛行することができるようになれば、航空交通管制の指示だけに依存せず、より安全な飛行を実現することができると考えられる。

参考文献

- 1) 小塚智之, 宮沢与和, ナヴィンダ キトマル ビクラマシ
ンハ, マーク ブラウン, 福田豊: 監視データを用いた航
空機の干渉回避指示推定, 航空宇宙技術, Vol.14, pp.77-83,
2015
- 2) Flightradar24

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