

17. 拡張スキッタによる交通情報配信の開発と評価

機上等技術領域 ※大津山卓哉、小瀬木滋、塩地誠、三垣充彦

1. はじめに

高速で移動する航空機の安全運航の為には、周囲を飛行する全ての航空機が互いの位置を把握している事も重要な要素の一つである。現在、航空機パイロットが周辺状況の把握のために用いる手段は目視および地上のレーダ等で取得した航空機の位置情報を基にした航空管制官の音声による通知が主な手法である。したがってパイロットが得られる情報の更新レートや監視範囲に限界があり、逐次変化する周辺状況を把握するのに十分ではない。

効率的な航空機運用のために航空機の飛行間隔を狭めるなどの検討が行われているが、現在の周辺情報把握能力だけでは実施が困難であり、各々の位置情報などを自動的に送受信し管制官とパイロットの間で監視情報等の共有を図る手段が提案されている。これらの技術を使うことによって航空機は周辺機や周辺の気象情報などの安全運航に必要な情報を自動的に把握することが出来るようになる。このようなパイロットが航空機搭載の監視装置を活用する監視装置の運用方式を機上監視応用 (ASA: Airborne Surveillance Application) といい、この機上監視応用は将来の航空機運用を安全かつ効率的に変化させる可能性がある。

電子航法研究所では、航空機安全運航支援技術研究プロジェクトとして地上から航空機に対して、周辺航空機の位置情報を送信するための拡張スキッタを使った TIS-B (Traffic Information Service - Broadcast: 放送型交通情報サービス) システムの開発を行ってきた。本報告では TIS-B を含む機上監視応用について述べるとともに電子研にて開発した TIS-B システムの飛行実験による評価結果および将来にむけたシステムの可能性について紹介する。

2. 1090MHz 拡張スキッタによる ADS-B/TIS-B

航空機パイロットは安全に航行するために周辺状況をつねに監視している。現在のところ航空機側の装備で周辺状況を知ることができるのは、パイロットによる目視監視のみであり、遠方の航空機や小型機については発見が困難である。そのため地上の航空管制機関がレーダ等により各々の航空機の位置を把握し、それを使って航空機が安全な間隔で運航できるよう航空管制を行っている。航空機はこの管制指示に従うことにより他の航空機との安全間隔が保てるようになっている。衝突防止装置(TCAS)によって大まかな周辺の状況を確認することができるが衝突防止装置は安全のための最終手段であり、TCAS の特性上、極近傍の航空機については監視可能であるが、遠方の航空機は交通量(信号量)によって表示対象としない場合がある。さらに距離と高度は正確に求めることが可能であるが、方向についてはおおよその方向は示すものの絶対的な位置を表示するものではない。本来の使用法でない TCAS を使って監視するのではなく周辺の交通状況を確認できる機上監視の要望は以前よりあった。当面は目視性能の補強

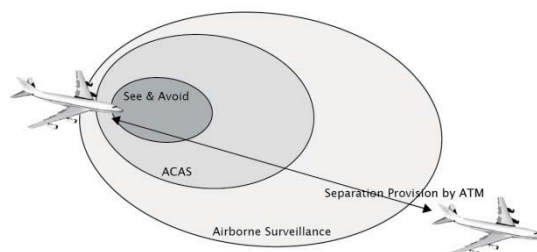


図 1：機上監視による監視範囲のイメージ。衝突防止装置より広範囲の航空機を監視可能となる。さらさら外側の領域は管制官等による事前の交通流調整を行う領域

や通信効率化の為に情報共有に使われる見込みであり、そのための性能要件等が研究されてきている。さらに機器性能の向上を見込んでこの機上監視を用いることにより将来的に航空機の安全間隔の維持をパイロットにも持たせる研究も進んでいる。

機上監視を行うためにはそれに対応した監視システムも必要となる。ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast: 放送型自動位置情報伝送・監視)は航空機が自らの位置や速度などの情報を放送するものである。自分の位置を放送するものを ADS-B-OUT とよび周辺機が放送している情報を受信するものを ADS-B-IN と呼んでいる。通常 ADS-B と呼ぶ場合には ADS-B-OUT のことを指していることが多い。ADS-B に使用されるメディアとして

- ・ 1090MHz モード S 拡張スキッタ
- ・ UAT (Universal Access Transceiver)
- ・ VDL モード 4

などが ICAO で国際標準となっている。

拡張スキッタを使用した ADS-B 装置はすでに多くの旅客機に搭載されている。拡張スキッタの信号は航空管制に使われる SSR(2次監視レーダ)モード S の応答信号と同じ方式のランダムアクセス型パルス位置変調方式の信号となっている。データブロックの長さが 112 bit になっているため航空機のさまざまな情報を送ることが可能となっている。

UAT は米国で主に小型航空機搭載用として使われている。周波数は 978 MHz をつかっていて 1 秒を 1 フレームとし、フレーム内にタイムスロットが決められた時分割通信方式を採用している。UAT は拡張スキッタよりも容量の多い 1MHz の情報伝送量をもっているため、地上局からは TIS-B メッセージだけでなく周辺気象情報などの FIS-B (Flight Information Service - Broadcast: 放送型飛行情報サービス)についても送信可能である。また VDL モード 4 は欧州の一部でデータ通信と ADS-B の機能を兼ねるものとして研究が行われている。

全ての航空機が同一のメディアを使用して自機の位置等を放送することが可能であれば、機上監視応用によるより効率的な運航が期待できるが、一般的に航空機搭載機材の世代交代は比

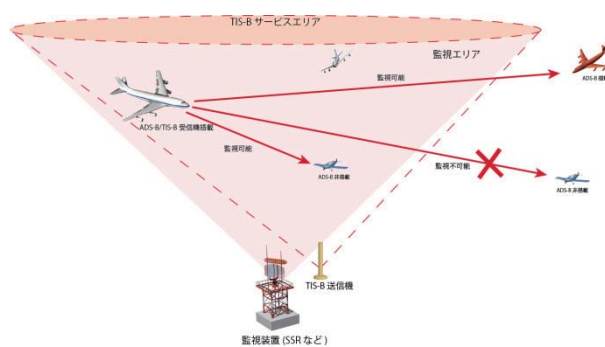


図 2 : ADS-B/TIS-B による機上監視のイメージ。

TIS-B を使用することにより ADS-B 非搭載機の情報も ADS-B 搭載機と同じように監視可能となる。

較的長い期間かかるため、移行が完了するまで有効に使えないことは非常に無駄が大きい。そこで ADS-B-OUT を持たない航空機の代わりに地上の監視システムによって得られた監視情報を同一のメディアを使用して放送するための TIS-B が必要となってくる。TIS-B を使用することで TIS-B の放送が受信できる範囲内であれば、すべての航空機が ADS-B-OUT を搭載したことと同等の効果を得ることができる。また、ADS-B メッセージに異常がある航空機を地上監視システムが発見した場合、TIS-B を使用して周辺機に周知できる。

3. 電子研 TIS-B システムの概要

電子航法研究所では航空機安全運航支援研究プロジェクトとして周辺航空機を自律的かつ自動的に把握するためのシステム開発を行ってきた。パイロットに情報を見せるための表示方法や地上から配信する監視情報の位置精度、更新間隔など今後改良すべき点はいくつも見当たりますが、現在のシステムで電波伝搬や信号干渉などの今後システムを実用化するために必要なパラメータを測定することは可能である。

現在の電子研 TIS-B システムはその情報源として電子研 SSR を使用している。調布局を情報源として使用した場合、更新レートが 10 秒毎であるため TIS-B によって配信する位置情報は ADS-B によって位置情報を送信している航空機よりも粗いものしか送信することができない。TIS-B サーバでは送られてきた監視情報を TIS-B メッセージフォーマットに変換し高周波

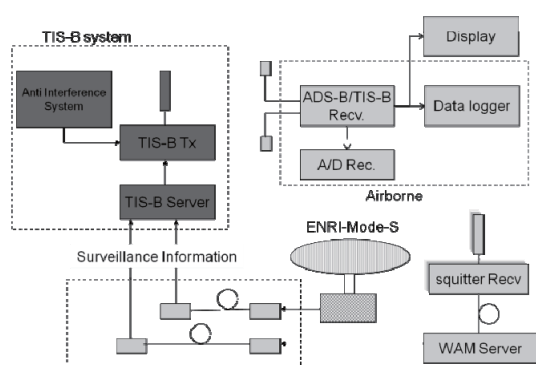


図 3：電子研 TIS-B システムの概要

部から TIS-B 信号として送信する。高周波部では送信アンテナとは別に SSR 質問信号を受信するためのアンテナおよび質問信号のデコーダがつながっている。これは SSR の質問信号がある強度よりも大きくなるときに SSR のビーム内にあるとみなしてレーダへの干渉防止のために TIS-B の送信を一時的に中断するためのものである。この干渉防止装置を使うことにより監視情報源である SSR の近くでも TIS-B の送信が行えるようになっている。

機上搭載装置は受信機、デコーダ、表示機から構成されている。実験用航空機には実験用の L バンドアンテナが上下についており、受信機をこれら上下のアンテナにそれぞれつなぎその出力をデコーダに入力する。デコーダは拡張スキッタだけでなく通常のスキッタについても出力している。デコーダボードからはスキッタのプリアンプ検出とデコードおよびデコード時の信頼性ビットの出力のみを行ってパリティチェックなどの処理はここで行わない。これらのデコーダボードを制御する PC ではデコーダの生データ記録のみを行い、同時に LAN 上に UDP ブロードキャストで出力をしている。表示装置はこのブロードキャストを読み取りパリティチェックやメッセージのデコード処理をすることで受信データの表示を行っている。

4. 飛行実験による実験結果

TIS-B 実験局の無線局免許を得ることができたため、TIS-B 送信機の周辺を実験用航空機で飛び TIS-B データ取得実験を行った。送信アンテナは調布の電子研 1 号棟屋上に設置した。ア

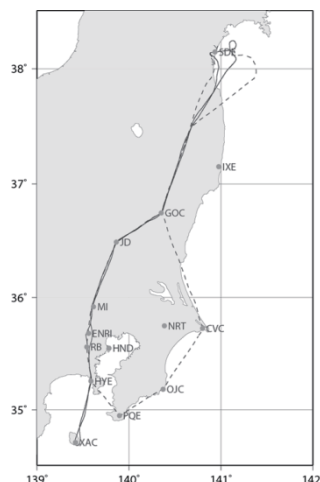


図 4：実証実験を行ったときの飛行経路例

ンテナの設置位置は調布 SSR から 50m ほどしか離れていないが、干渉防止装置が確実に動作していたため SSR への干渉は発生していない。

実験用航空機の飛行経路は 2 種類の経路を計画した。一つは関東地方を一周するルートであり、もう一方は仙台空港から大島までの間を往復するコースである。これら 2 つのコースはそれぞれ違った目的を持っている。大島までの往復コースはその経路上で TIS-B 送信局を設置した研究所上空を南北方向に通過するため、TIS-B 送信機の実際の覆域を測定することができる。また関東を一周するコースでは TIS-B を受信するためだけでなく、機上監視応用の一つである飛行中の状況認識向上 (ATSA-AIRB: Airborne Traffic Situational Awareness - Airborne) を体験することも目的の一つである。このコースを飛行した場合、すでに拡張スキッタを使用した ADS-B 機材を搭載した航空機の多い成田空港の出発および到着経路を交差する。この時に管制によって十分安全な距離離れているが、飛行中の航空機の近傍を通過することとなる。これらの航空機は自分の位置を ADS-B によって放送しているため、機上表示装置によってより航空機発見が容易となる。さらに、本稿では扱わないが飛行中の ADS-B 信号環境を測定することも目的の一つである。

実験時に得られたデータを図 5 に示す。図は進行方向が上で、赤点が TIS-B で放送された周辺航空機の位置。オレンジ点が周辺にある ADS-B で放送している航空機の位置である。図



図 5：機上で受信した TIS-B および ADS-B 情報の簡易プロット。中心が自分の位置（GPS によって取得）であり、赤点が TIS-B 情報、オレンジ点が ADS-B 情報を示している。

中央にある緑三角が機上で GPS によって得られた位置である。その点のすぐ下に JA8801 と書かれた点があるがこれが TIS-B によって放送された自身の位置である。

図 6 に放送された航空機位置と実際の位置の違いについて示す。TIS-B 信号が受信できている間は GPS によって得られた航空機位置と放送されている位置に差はみられない。ただし、放送されている位置はその情報源に SSR を使用しているため、更新が 10 秒毎となる。従って時間を追って情報を更新していくと、GPS 取得による自機位置は毎秒更新されるのに対して TIS-B による位置は 10 秒毎に GPS 位置を追いかけるようにして更新していく様子が見られる。

5. 今後の課題

本稿では機上監視をサポートするための機材である TIS-B について概要を述べ、電子研で試作した TIS-B システムの評価結果を紹介した。飛行実験を行った関東周辺は成田空港があることもあり、欧州ですでに義務化されている ADS-B-OUT 搭載の機材が他の地域よりは多い。したがって TIS-B が受信できない場所においても周辺交通状況の確認がある程度可能であるが、国内線のほとんどは ADS-B 対応していないため、実際に飛行している航空機を発見するため

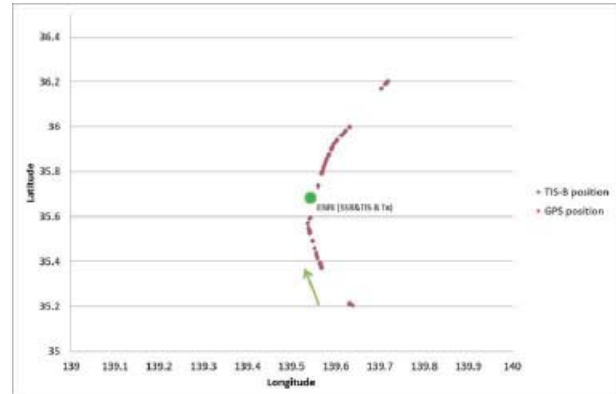


図 6：TIS-B にて送信された自機位置と機上で記録した GPS による自機位置。中心の緑丸は電子研。

には TIS-B の手助けが必要となる。ただし現在の電子研 TIS-B システムではモード S 対応機のみ情報を送信しているため、すべての航空機の位置が受信できるわけではない。これについての改修は現在既に行っており、航空機での送受信確認は行っていないが実験室では確認済みである。

また拡張スキッタで使われているメッセージフォーマットにはまだ使われていないメッセージ番号がある。それらを使用して送電線や山の稜線などの航空機にとって障害物となるものを航空機位置の代わりに送信することにより FIS-B システムとしても活用できる。以上のように機上監視のサポート装置である TIS-B システムだが、単なるサポート装置と考えるのではなく、さまざまな応用が考えられる。開発した TIS-B システムを使い拡張スキッタを使用した FIS-B への応用も含めさまざまな検討を行っていきたい。

参考文献

- T. Otsuyama et al, "Development and Feasibility flight test of TIS-B system", IEICE Technical Report, SANE2010-102, 2010.
- RTCA Do-317, "Minimum Operational Performance Standards (MOPS) For Aircraft Surveillance Applications System (ASAS)", 2009