

11. 拡張スキッタによる TIS-B の開発・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られて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もと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する装置の必要性がうたわれている。これらを実現するために

- ・ ADS-B:放送型自動位置情報伝送・監視
- ・ TIS-B:放送型交通情報サービス
- ・ FIS-B:放送型飛行情報サービス

といった技術が提案されており、それぞれ国際標準が決められ技術開発や実証実験が行われている。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。

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 システムの開発を行ってきた。本報告では開発した TIS-B システムの評価結果および現在のシステムを使った FIS-B の検討結果を報告する。

2. 拡張スキッタによる ADS-B/TIS-B

2.1. 機上監視

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、周辺状況の監視に用いることは適切ではない。TCAS を目的外使用で監視するのではなく機上でも周辺の交通状況を監視できる装置の要望は以前よりあった。このような考え方をレーダ等による地上監視に対して、機上監視と呼ばれ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 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。TIS-B は軍用機など ADS-B を搭載しない機体や搭載できない機体の位置や速度などの情報を地上の監視システムによって計測し、ADS-B と同じメディアを使って放送するものである。図 1 に機上監視のイメージを示す。機上監視に使われるメディアには様々なものが提案され実証実験が行われているが、本研究では現在最も普及している 1090MHz の拡張スキッタを使った TIS-B 装置の開発を行った。

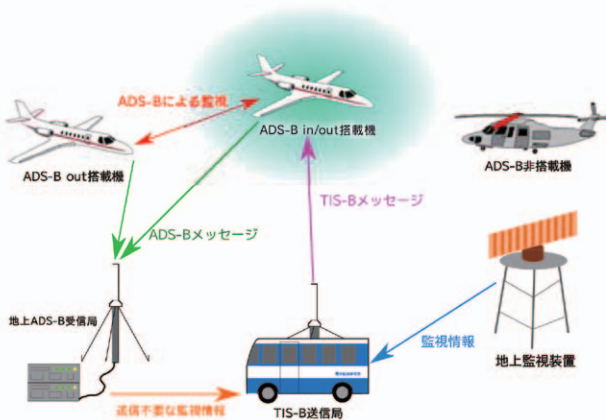


図 1 ADS-B/TIS-B による機上監視のイメージ。TIS-B を使用することにより ADS-B 非搭載機の情報も ADS-B 搭載機と同じようにみることが可能となる。

2.2. ADS-B/TIS-Bメッセージ

1090MHz 拡張スキッタは SSR モード S の信号形式を使ったものである。データブロックを 112bit に拡張したため、さまざまなメッセージを送ることが可能となっている。ADS-B といった場合にこの形式の信号を使ったものを指している場合もある。ADS-B も TIS-B もほぼ同じフォーマットを使っている。基本フォーマットを図 2 に示す[1-3]。

ADS-B の場合、DF(Downlink format)17 で送信される。全体で 112bit あるこのメッセージは頭から 5bit の DF、3bit の CA(Capability), 24bit の AA(Anounced Adress)そしてそのあとに 56bit 分

Bit #	1 ... 5	6 ... 8	9 ... 32	33 ... 88	89 ... 112	
DF=17 Field Name	DF=17	CA	AA ICAO Address	ADS-B Message ME Field	PI	
DF=18 Field Name	DF=18	CF=0	AA ICAO Address	ADS-B Message ME Field		
		CF=1	AA non-ICAO Address	ADS-B Message ME Field		
		CF=2,3	AA ICAO Address	TIS-B Message ME Field		
		CF=4	Reserved for TIS-B Management Message			
		CF=5	AA non-ICAO Address	TIS-B Message ME Field		
	CF=6,7	Reserved				
DF=19 Field Name	DF=19	AF=0	AA ICAO Address	ADS-B Message ME Field		
		AF=1to7	Reserved for Military Applications			

図 2 ADS-B/TIS-B の基本メッセージフォーマット。ME フィールド内に位置情報などを書き込む

の ME(Message)フィールドが付き、通常のスキッタと同様 24bit の PI(Parity/Interrogator ID)フィールドが最後に付けられている。TIS-B やノントランスポンダ ADS-B の場合には DF=18 を使う。

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。昨年度までに行われた研究で実験用途の地上送信システムおよび機上受信、表示システムの開発を完了した[4]。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るが、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。図 3 に現在のシステム構成を示す。

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。SSR によって得られた情報は TIS-B 用の情報配信サーバにより TIS-B サーバのメッセージフォーマットに変換される。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

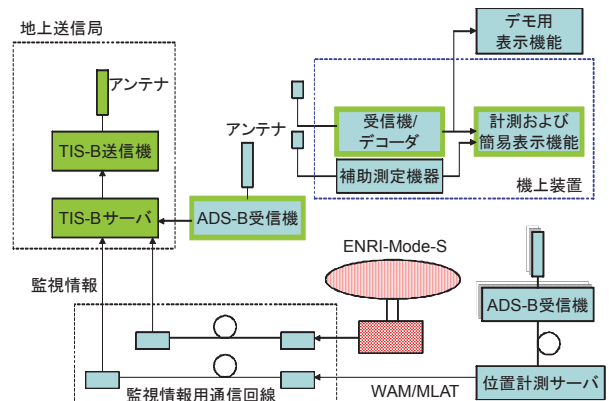


図 3 電子研 TIS-B システム概要図



図 4 TIS-B サーバの設置状況。河川敷駐車場にて設置した実験用車両と TIS-B 送信アンテナ（右写真）。車内に設置した送信機およびそれらの制御装置（左写真）

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なときに SSR のビーム内にあるとみなしてレーダー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[5]。

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い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込み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なった。この実験では調布 SSR 局から少しはなれた埼玉県志木市の荒川河川敷に TIS-B 送信機設置し、その上を数回通過するように飛行した。河川敷には電波伝搬の妨げになるような構造物がないため航空機にて得られるデータを解析すればマルチパスなどをあまり気にすることなく覆域などを検討することができる。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。ADS-B 搭載機は自分の位置、速度、便名/コールサインを放送しているため、取得できたものについてはコールサイン等を表示している。なお現在の電子研 TIS-B システムでは航空機位置しか放送することができないため、TIS-B で得られたデータについては機体のモード S アドレス(Hex)と高度のみを表示している。図中央にある緑丸が機上で 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。レーダで位置を計測してから放送するまで時間差があるため、放送される実験機の位置と実際の位置は一致することがない。

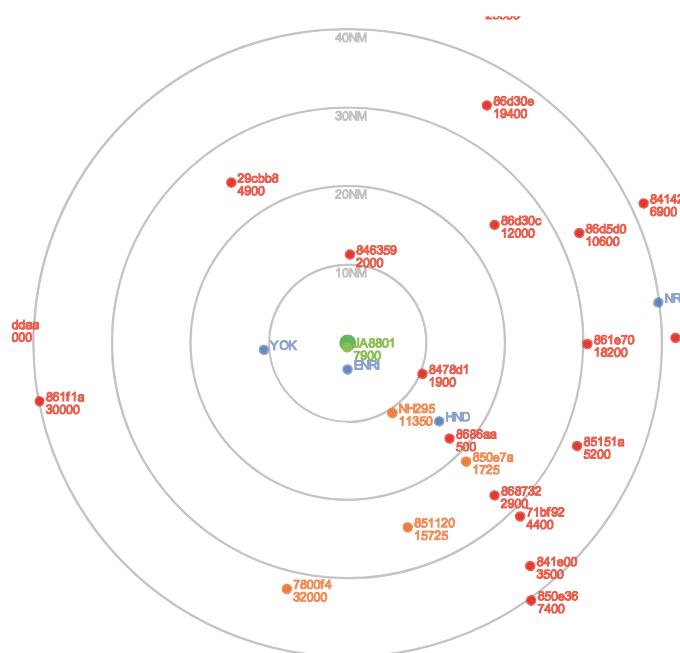


図 5 機上で受信した TIS-B および ADS-B 情報の簡易プロット。中心が自分の位置（GPS によって取得）であり、赤点が TIS-B 情報、オレンジ点が ADS-B 情報を示している。

5. 今後の課題

現在のシステムでは航空機の位置情報しか送信することができない。また現在使用している監視情報源は SSR であり、位置情報の更新レートが大きいこと、機上監視応用で考えられているさまざまなアプリケーションを試すには不十分である。今後、TIS-B として送信する監視情報はどのようなものが適切であるか検討を行う必要がある。またそのために必要な監視装置についても検討を行わなければならない。

また現在のシステムでは航空機位置しか送信することができないが、TIS-B で送信するアドレスは必ずしも ICAO24bit アドレスである必要はないため、たとえば雲や構造物などを示すアドレスを決めておき、その位置情報を送信することで FIS-B の実現についても検討を行っていくと考えている。

6. まとめ

これまで電子研では TIS-B 送信システムの試作を行ってきたが、昨年度無線局免許を取得することができ、実際に電子研 SSR によって得られた航空機位置情報を送信する実験を行った。

実験中機上では図 5 のような簡易プロットツールを使って周辺航空機位置を確認していたのだが、画面内で周辺機のおおよその位置が分かるため機内からそれらを発見するのが容易であった。表示方法や監視データの更新レートなどを改良することにより航空機の安全運航に寄与することができると思う。

参考文献

[1] ICAO, "ANNEX-10", Vol IV
 [2] RTCA Do-260B, "Minimum Operation Performance Standards for 1090MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services - Broadcast (TIS-B)", 2009
 [3] M. C. Stevens, "Secondary Surveillance Radar", Artech House, London Boston, 1988
 [4] T. Otsuyama, et al. , "Development of TIS-B system using 1090MHz extended squitter", IEICE Technical Report, Vol. 109, No. 265, p249-252, 2009.
 [5] 小瀬木滋 他, "TIS-B から SSR への信号干渉の分析", 信学技報, Vol. 109, No. 162, p23-28, 2009.