

## 12. 航空機へ周辺航空機情報を送信する TIS-B

機上等技術領域 ※塩地 誠、小瀬木 滋、大津山 卓哉、三垣 充彦

### 1. はじめに

航空機の安全運航のためには、飛行するすべての航空機が互いの位置や速度の情報を知らせ合い、地上の航空官署でもそれらの情報を把握できることが望ましい。また、航空の安全に必要な情報を地上から航空機へ自動送信すれば、より安全な運航が期待できる。

それを実現するための手段として、

- ①ADS-B:放送型自動位置情報伝送・監視機能、
- ②TIS-B: 放送型トラフィック情報サービス、
- ③FIS-B : 放送型飛行情報サービス

の各技術が提案されている。

これらの技術は、それぞれ国際標準<sup>①</sup>が決められ、技術開発と実証実験、ならびにその将来の運用方式の検討が進められている。

これらの技術により、航空機は周辺機を自律的かつ自動的に把握することができ、大型機も小型機もより安全に飛行できて航空の安全性・信頼性も向上し、将来の高密度な運航も可能になると期待されている。

そこで、電子航法研究所では、「航空機の安全運航支援技術に関する研究」として、これらの技術の研究を行っている。

今回は、そのうちの周辺航空機の位置情報などを地上から航空機へ知らせる技術である TIS-B の概要とその試作について報告する。

### 2. 機上監視と TIS-B

#### 2.1 機上監視

航空機の操縦士は、周囲を目視で監視しているが、周辺を飛行する航空機を発見して、相対的な距離や高度、接近中か否かを判断することは容易ではないという。そのため、地上の航空管制機関では、レーダー(ARSR/ASR/SSR)を用いて飛行中の航空機の位置を把握し(「地上監視」)、航空機が安全な間隔を維持できるよう、航空管制を行っている。航空機は航空管制を受

けることにより、他の航空機と安全な間隔を維持できる。また、衝突防止装置(TCAS)を装備していれば、万一、異常接近する航空機があっても回避することもできる。

しかし、衝突防止装置でも地上の管制レーダーのような広範囲の表示はできず、操縦士には、周囲を飛行する航空機の様子をレーダーのような画面で見たいとの潜在的な願望があった。安全が確認でき、次の操作手順を考え易く、安心できるからである。



図1 機上監視の表示画面のイメージ

近年、この考え方は、地上での監視に対して、機上監視(ASA:Aircraft Surveillance Applications)と呼ばれ、将来のASASの実現に必要な手法とされる。(ASAS:Airborne Separation Assistance Systems, 管制官が行っていた安全間隔維持の役割の一部を航空機(操縦士)が分担する方式)

機上監視の技術も開発され、航空機が自機の位置情報等を自動送信する方法(ADS-B: Automatic Dependent Surveillance Broadcast:放送型自動位置情報伝送・監視機能)や、地上の管制官署が捕捉した交通情報を地上から航空機へ送信する方法(TIS-B: Traffic Information Service Broadcast:放送型トラフ

ック情報サービス)がある。

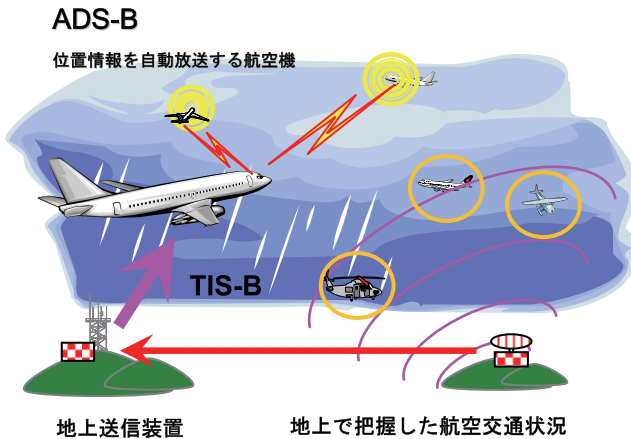


図2 ADS-BとTIS-Bによる機上監視の概念図

機上監視の技術は旅客機など大型機のみならず小型機にも役に立つものである。

わが国の航空機事故件数の半数以上は、小型航空機(固定翼機とヘリコプター)の事故である。小型航空機事故の背景には、山岳地形、気象(特に突然の視界不良)の影響、人の目や判断に頼る飛行などの事情があると考えられる。

操縦席の表示装置に、自機の周囲を飛行する航空機の位置をレーダー画面のように表示すれば、目視による相互位置の把握や安全確認の手助けになると考えられる。<sup>(2)</sup>

## 2.2 ADS-BとTIS-Bについて

ADS-B(Automatic Dependent Surveillance Broadcast; 放送型自動位置情報伝送・監視機能)は、航空機が自機のGPS等で得た位置情報や速度情報等を自動送信するもので、周囲の航空機や地上の施設がこれを受信することにより周辺航空機の位置情報を知ることができる。

TIS-B(Traffic Information Service - Broadcast; 放送型トラフィック情報サービス)は、地上の航空官署がレーダーなどで把握した航空交通情報(位置情報など)を自動送信するものである。

TIS-Bは、ADS-Bを補完する役割を持ち、ADS-Bを搭載していない航空機やADS-Bに不

具合が生じた航空機についても、地上側で位置情報を把握して送信することができる。そのため、TIS-B信号もADS-B受信装置で受信できるよう、同一の通信メディアが使われる。ICAOで国際標準となっている通信メディアには、1090MHz拡張スキッタ、UAT、VDLモード4がある。

ADS-Bは、地上での監視ツールとしても、地上受信システムが比較的安価であることや、情報更新頻度が高いことから、レーダーが整備されていない空域や、混雑した空港周辺への導入が期待されている。

将来の運用方式として提案されているASASでは、管制官が行っていた安全間隔維持の役割の一部を航空機(操縦士)が分担し、より安全で効率的な飛行を目指している。その実現には、地上の管制官署でも機上の操縦席でも、周辺の航空交通を精度よく、かつ更新率も高く把握していることが前提であり、ADS-Bなどによる地上監視と機上監視が必要とされている。

その実現を目指して、国際線の旅客機には、1090MHz拡張スキッタを使用したADS-B装置の搭載が始まっている。1090MHz拡張スキッタ信号は、航空管制に使われるSSR(二次監視レーダー)モードSの応答信号と同方式のパルス位置変調の信号で、ICAO(International Civil Aviation Organization: 国際民間航空機関) ANNEX10 Vol. IVに規定され、国際標準になっている。<sup>(1)</sup>当所でも拡張スキッタによるADS-Bの研究を行ってきた。なお、拡張スキッタによるTIS-B地上装置は欧米でも開発中、試験運用中である。

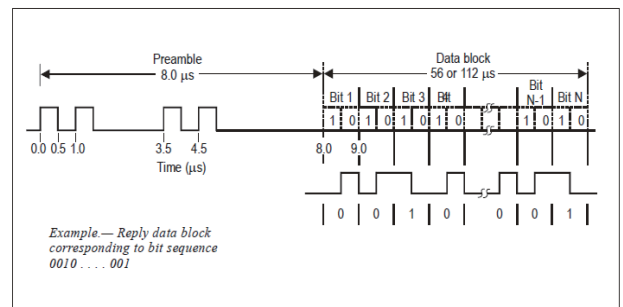


図3 1090MHz拡張スキッタ信号<sup>(1)</sup>

ところで、米国では、大型機(旅客機等)には1090MHz 拡張スキッタを使用しつつ、2つ目の手段として、小型航空機搭載用に UAT (Universal Access Transceiver)を開発し、アラスカ州を始めとして実証試験ないしは実運用を行っている。これは、978MHz のデジタル通信で ADS-B と TIS-B を実現し、周辺航空機の識別符号、位置、速度等の情報を取得するものである<sup>(3)</sup>。

UAT は表示装置とともに小型航空機に搭載され、周囲の航空機や地上局 (GBT: Ground-Based Transceiver)とデータ通信を行う。機体の上部と下部に2個のアンテナを持ち、1秒に1回、GPS で測定した自機の位置情報などを ADS-B として送信する。また、地上のサイトからは、航空路監視レーダー(NEXRAD)等で把握した航空機の交通情報を TIS-B として送信している。航空機の UAT は、ADS-B と TIS-B 両方の信号を受信する。FAA の承認を受けた WAAS/GPS 機能付きの装置が、8000ドル程度で市販されている。

アラスカ州では小型機の事故も多かったが、キャプストーン計画(Capstone Program)として UAT の導入と安全活動を進め、その結果、事故件数を半減させ、就航率も向上できたと言う。UAT で使われる周波数 978MHz は、航空航法用の周波数帯で地上 DME または地上タカンに割り当てられる周波数のひとつである。

当所は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)との共同研究で、米国アラスカ州で飛行実験を行い、UAT の信号強度を航空機上で測定記録した。<sup>(4)</sup>

3つ目の方式として、欧州では、VHF の航空通信周波数帯を利用した VDL モード 4(VHF Digital Link mode-4)が、データ通信と ADS-B の機能を兼ねるものとして提案され、試行されている。

なお、この方式は、海上交通では、船舶自動識別装置 (AIS : Automatic Identification System)として実用化された。当所は、海上保安庁のレーダーシステムである VTS(Vessel Traffic Services system, 海上交通管理システム) に AIS の情報を統合する方式の評価実験を行った。<sup>(5)</sup> その後、同庁は、全国沿岸に AIS 受信システムを展開し、海上交通センターでの海

上交通管理業務に使用している。<sup>(6)</sup> また、神戸空港では、AIS 受信情報を滑走路前の海域を通る船舶の確認に用いていると聞く。(AIS は船舶の大きさも送信するので、航空機の離着陸に影響がないか確認できる)

拡張スキッタ、UAT、VDL モード 4 の3者とも ICAO の国際標準規格になっているが、前述のように、(わが国の航空会社も含め)国際線の旅客機に搭載が進んでいるのは、拡張スキッタである。

現在、電子航法研究所では、拡張スキッタによる TIS-B 装置の試作に取り組んでいる。

### 3. 1090MHz 拡張スキッタ TIS-B 装置の試作

#### 3.1 装置の概要

ここでは、1090MHz 拡張スキッタを利用した TIS-B 地上送信装置の試作について報告する。<sup>(7)(8)(9)</sup>

TIS-B を実現するために、地上側の 1090MHz 拡張スキッタ送信装置を試作中である。図4に系統図を示す。

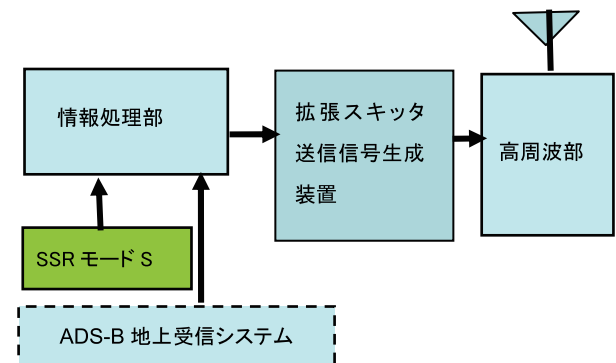


図4 TIS-B 地上側送信系装置の系統図

情報処理部は、①SSR モード S、②実験用位置計測システム、③ADS-B から、得られた航空機の位置情報等を入力できるようにした。入力フォーマットは、ASTERIX 規格に準拠したものをしている。TIS-B の情報源としては、当面、SSR モード S を用いて実験を行う。ADS-B の情報は、TIS-B の送信回数を抑制する必要がある時、ADS-B を健全に送信している航空機を判別して、その位置情報の TIS-B 送信を控えるために用いる。(ADS-B 情報の TIS-B に

よる再送信は行わない)このような処理をして、航空機の位置情報を拡張スキッタ送信信号生成装置へ送る。拡張スキッタ送信信号生成装置は、国際標準のフォーマットに従い、航空機の位置情報を拡張スキッタ信号に乗せて、高周波部、アンテナを経て送信する。



図5 TIS-B 地上側送信装置（拡張スキッタ送信システム高周波部）の外観図

実験用のシステムとして、半径 40NM 程度の覆域を想定し、送信電力は尖頭値で約 200W である。拡張スキッタ送信回数仕様は、ADS-B の規定を参照し、航空機 1 機あたり毎秒 3.1 回の送信回数をもとに、情報源の SSR モード S の処理能力の 250 機を掛けて得られた回数 775 回/秒を上回る値として、最大 1000 回/秒まで送信できる性能を持たせた。これは室内実験での性能評価を想定した値であり、(電波を発射して)実証試験の際の送信回数は、SSR 等の航空機位置情報の数に依存するが、もっと少ない送信回数になる見込みである。

また、送信される 1090MHz 拡張スキッタ信号を評価するため、ADS-B/TIS-B 受信装置、拡張スキッタ復号装置と記録装置も製作した。受信感度(MTL)は約-83 dB m である。ADS-B 搭載機の信号を受信して、受信時刻、受信データ(航空機位置情報)、信号強度が記録されることを確認した。

#### 4. 今後の計画

平成 21 年度に、試作装置の室内実験を行い、

当所の SSR モード S の監視情報配信サーバーとの接続を行う。平成 22 年度に実験用航空機による飛行実験を実施する計画である。

#### 5. まとめ

1090MHz 拡張スキッタによる TIS-B 送信装置の試作を中心に紹介した。将来の航空交通では、ADS-B が必要となるが、ADS-B 非搭載機や、装置が不具合の場合に、地上で把握した航空機監視情報を同じ通信メディアを使って送信する TIS-B は、ADS-B を補完する手段として重要と考える。今後、室内実験および飛行実験を行って、性能評価を進めていきたい。

調査、検討、試作並びに実験にご協力いただいた航空局、FAA、メーカー、関係機関各位に感謝いたします。

#### 参考文献

- (1) ICAO ANNEX10 Vol. IV
- (2) 塩地：“小型航空機の運航支援情報に関する調査”，第32回電子航法研究所研究発表会講演概要,2000年6月
- (3) 塩地他：“小型航空機の運航支援に関する予備的研究”，第7回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp69-72,2007年6月
- (4) 塩地他：“UAT(ユニバーサル・アクセス・トランシーバ)信号強度の飛行実験”，電子情報通信学会ソサイエティ大会,B-2-42,2007年9月
- (5) 塩地他：“AIS通信実験とVTSレーダとの画像合成”，第2回電子航法研究所研究発表会講演概要,2002年6月
- (6) 塩地他：“AIS情報による海上交通管理システム高度化”，第3回電子航法研究所研究発表会講演概要,pp105-108,2003年6月
- (7) 塩地他：“飛行中の航空機へ周辺交通情報を提供するTIS-B装置の試作”，電子情報通信学会総合大会,B-2-20,2008年3月
- (8) 塩地他：“航空機へ航空交通情報を提供するTIS-B装置の試作”，電子情報通信学会総合大会,B-2-29,2009年3月
- (9) 塩地他：“航空機に周囲の交通状況を知らせる技術(TIS-B)などについて”，航空宇宙学会第40期年会講演会,B02,2009年4月