

## 4. 飛行実験による航空機監視応用システム(ASAS)の一検討

監視通信領域 ※大津山 卓哉, 小瀬木 滋  
航空交通管理領域 伊藤 恵理

### 1. はじめに

高速で移動する航空機の安全運航のためには、周囲を飛行する全ての航空機が互いの位置を把握し、安全な距離を保つ事が重要な要素の一つとなっています。現在、航空機の間隔は地上からの航空管制によって保たれています。そのために、地上のレーダ設備(一次レーダおよび二次レーダ)、ADS-B/WAM 監視といった監視システムや航空路設定、飛行方式設定などが使われていて、VHF 音声通信やパイロットの目視などによって安全間隔の維持がおこなわれています。また、これらの間隔が保たれなくなった場合に衝突防止装置(ACAS)による警告が発生します。

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ますが、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ます。これらの技術を使うことによって航空機は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ります。現在でも ACAS によって大まかな周辺の状況を確認することができますが ACAS は安全のための最終手段であり、装置の特性上、近くの航空機は正確に表示されますが、遠くの航空機は周辺の交通量(信号量)によって表示対象としない場合があります。

本来の使用方法でない ACAS を使って監視するのではなく周辺の交通状況を監視できる装置の要望は以前よりあり、このような監視方法の考え方は機上監視と呼ばれています。さらに将来的には航空機の安全間隔の維持をパイロットに持たせる研究も進んでいます。この機上監視は航空機運用を安全かつ効率的に変化させる可能性があり、機上監視を用いたこれらの応用方式を ASA (Aircraft Surveillance Applications: 航空機監視応用方式) とよんでいます。また ASA 実現のためのシステムを ASAS (Aircraft Surveillance Applications System: 航空機監

視応用システム)とよんでいます。

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情報を自律的かつ自動的に把握するためのシステム開発をおこなってきました。本稿ではプロジェクトの成果である航空機情報配信装置等を使い、飛行実験による ASAS の予備的試験結果を報告するとともに、現在の環境における監視性能評価の結果を報告します。

### 2. 機上監視とその応用

#### 2. 1 ADS-B

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ります。ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast: 放送型自動位置情報伝送・監視)は航空機が自分の位置や速度などの情報を放送するものです。位置などを放送するものを 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 とよんでいます。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(1090ES)
- ・ UAT (Universal Access Transceiver)
- ・ VDL モード 4

が ICAO にて国際標準となっています。

拡張スキッタを使用した ADS-B 装置は現在多くの旅客機に搭載されています。拡張スキッタの信号は航空管制に使われる SSR モード S の応答信号と同じ方式の信号となっています。また、ADS-B といった場合に拡張スキッタを使用した情報の放送をさす場合があります。

UAT は米国で主に小型航空機搭載用として使われています。周波数は 978MHz を使っていて 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ます。UAT は拡張スキッタよりも容量の多い 1Mbit 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

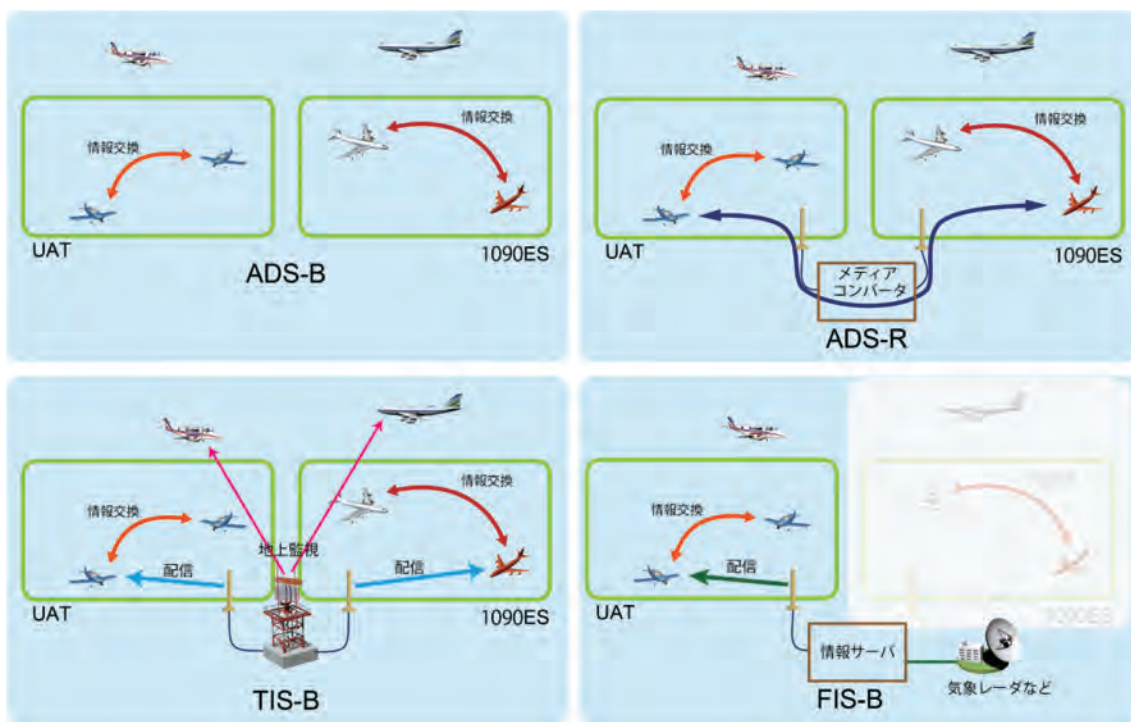


図 1：航空機上での情報共有手法

- **Broadcast**: 放送型飛行情報サービス)についても送信可能です。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おこなわれています。

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ならば、ASA によるより効率的な運航が期待できますが、先に述べたように ADS-B に使用するメディアには 3 つの異なる国際標準があります。これらの異なるメディアを使用する航空機が混在する環境においても、機上監視を有効におこなうため ADS-R (ADS-B Rebroadcast)が使われることとなっています。ADS-R ではたとえば UAT にて放送されている ADS-B メッセージを地上受信局によって受信すると同時に拡張スキットにメッセージ内容を変換して送信するといったことをおこない、これによって 1090ES のみを搭載している機体と UAT のみを搭載している機体間でメッセージ交換が可能となります。

また、一般的に航空機搭載機材の世代交代は比較的長い期間かかります。その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

大きいと考えられます。そこで ADS-B-OUT を持たない航空機の代わりにレーダなど地上の監視システムにて取得した位置情報を放送するための TIS-B (Traffic Information Service - Broadcast)が必要となります。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ます。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することも可能です。図 1 にそれぞれのメディアを使用した機上監視イメージをしめします。

## 2. 2 航空機監視応用方式

ASA には多様な運用方式が提案されています。このうち交通状況認識 ATSA (Airborne Traffic Situational Awareness)に分類される各種方式は、すでに運用性能要件もまとまり実用に向けた準備が進められています。ATSA ではパイロットに周辺空域の監視情報をしめして、交通状況の誤認防止と管制指示状況の確認手段

を提供します。ここに分類される応用方式は運用方式の変更が軽微で、現在の運用方式のまま実現可能なものもあるため、早期実現が期待されています。

表 1：運用性能要件がまとめられた航空機監視応用方式

応用名	概要
AIRB	飛行中の交通状況認識向上
VSA	着陸経路目視間隔付け支援
ITP	洋上航空路高度変更支援
SURF	空港面相互監視支援

AIRB は周辺航空機の情報を表示する応用方式です。したがってこの応用方式は機上監視における基本となります。RTCA の MOPS では AIRB を EVAcq (Enhanced Visual Acquisition) と AIRB との 2 つに分けて要件を決めていますが、どちらも周辺航空機情報を表示する点では同じです。AIRB では EVAcq で求められる位置情報および識別情報を表示することに加えて、便名や速度情報もパイロットに知らせることとなります。

VSA は Visual Separation Approach を行う際に、通常では先行機が突然視認できなくなった場合でも、目視着陸を継続することができるための応用方式です。AIRB ではエンルートなどを想定した、周辺航空機情報の表示ですが、VSA の場合は着陸時を想定しています。したがって AIRB よりも位置精度などの条件が厳しくなっています。この方式では先行機との距離調整は行わず、現在のビジュアルアプローチを行う条件下において、急激な天候変化などでもそのまま継続できるようにするための応用方式です。

ITP (In-Trail Procedure) は洋上での高度変更手順です。似た方式で CDP がありますがこれらの大きな違いは他機の監視に ADS-C と ADS-B のどちらを使用するのかにあります。したがって通信の間隔が短くてすむ ITP のほうがより高度変更を行う機会が高いことが期待されます。

SURF は地上での監視に使うものです。誘導路上での航空機や車両監視だけでなく、滑走路への誤侵入などを着陸直前の航空機が使用する

ことも想定されています。

さらに、現在は交通状況認識から一步すすんだ間隔付に分類される FIM (Flight-deck Interval Management) とよばれる航空機上で間隔を調整するための応用方式に関する安全性検討および機能要件の検討が進められています。この実現により周辺状況を把握することから一歩進み、効率的で安全な航空機運航がされるようになることが期待されます。

### 3. 飛行実験による航空機監視情報の取得

機上搭載受信装置および地上の TIS-B 送信局を使って ASAS の基礎試験をおこないました。プロジェクトを開始した時に比べて現在は ADS-B を搭載した航空機が非常に増えています。しかしながらすべての航空機に搭載されているわけではないため、調布の電子研屋上に TIS-B 送信機を設置しそれも用いて、機上にて航空機情報を取得するための ADS-B 受信機 (ADS-B-IN 装置) を実験用航空機に搭載して(図 2) 実験をおこないました。ADS-B 受信機は実験機の上下に設置されている L バンドアンテナにそれぞれ接続しています。実験対象の応用方式として AIRB(飛行中の交通状況認識向上) を想定し、機上で周辺航空機情報がどの程度受信できるのかを求めるための飛行実験を計画しました。実際の飛行実験経路を図 3 にしめします。

TIS-B も設置したため電子研上空付近では ADS-B 搭載機だけでなく、非搭載機についても実験用 SSR にてとらえたものは上空で監視可能となっています。本実験での飛行経路は関東周辺を周回して飛んだため、非常に多くの航空機からのデータを記録することができました。機上での ADS-B/TIS-B 情報の取得と表示については過去の発表会において報告しているためここでは扱わず、本稿では飛行実験中に取得したデータを用いて ASAS MOPS で検討された情報精度について検証した結果の中からいくつか代表的な例を紹介します。ここで紹介する結果は飛行実験中に得られたデータのみを求めたものであり、飛行経路における定常的な値ではないことに注意が必要となります。

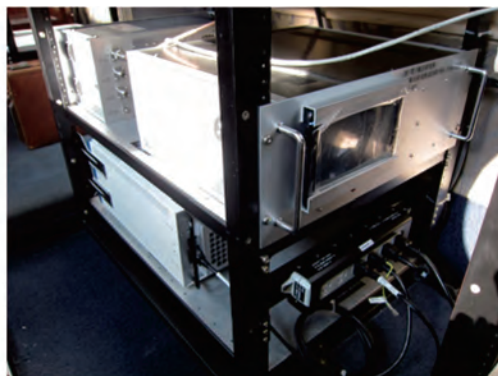


図 2：実験用航空機(左)と搭載した ADS-B 受信機(右)

### 3. 1 ADS-B データ評価

航空機監視システムに使用する ADS-B 情報を使用するメディアとは関係なく扱うために、MOPS 等ではバージョンナンバーを使用して取り扱っています。各バージョンとメディアとの対応は表のようになっています。

表 2: データリンクバージョンと MOPS

	1090ES	UAT	VDL m4
V0	DO-260/ ED-102		
V1	DO-260A	DO-282A	ED-108A
V2	DO-260B/ ED-102A	DO-282B	

飛行実験中に得られた ADS-B 機の内訳は次のとおりです。なお、1090ES 受信機を用いているため、UAT および VDL モード 4 についてはここでは検討していません。平成 26 年 1 月 30 日におこなった飛行実験では受信した ADS-B 機の総数は 148 機でした。そのうち 16 機がバージョン 1、6 機がバージョン 2 で ADS-B メッセージを送信していました。現在、規格の検討がすすめられている FIM ではバージョン 2 以上の ADS-B メッセージを要求しています。したがって現在の状況では FIM を実施するための環境にはないことがわかりました。

さらに受信したメッセージには各航空機が放送している位置の精度も含まれています。これらを解析した結果、ほぼすべての航空機は位置精度が 0.1NM 以下であり正確な水平位置を放送しながら飛行していることが明らかとなりました。

### 4. まとめ

本報告では実験用航空機に搭載した 1090ES による ADS-B 受信機での飛行中の受信データを使用して航空機監視応用システムのうち交通状況認識に含まれる応用方式の実現性について検討をおこないました。ADS-B メッセージを放送しているほぼすべての航空機で十分な信頼性をもつ情報を放送していることわかりました。すべての航空機が ADS-B-OUT を搭載しているわけではありませんが、それらの航空機の代わりに TIS-B によって地上から ADS-B 未搭載機の情報配信を行うことにより AIRB, SURF, VSA といった航空機監視応用方式について実現可能になると考えられます。

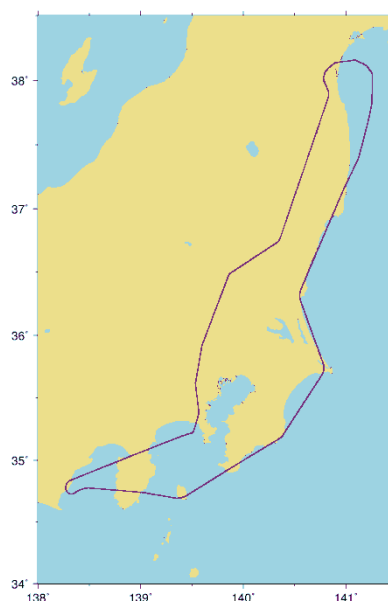


図 3: 飛行実験での飛行経路