

14. 拡張スキッタADS-Bによる航空機監視の実験計画

航空システム部 ※三吉 襄 宮崎 裕己 古賀 禎

1. はじめに

航空需要の増加に対処して、安全性確保の下に輸送の効率化を図るためには、従来の地上主導の統制的ATM(航空交通管理)を、空地間および空空間の協調的なATMに発展させることが必要である。

ADS-B(放送型自動従属監視)は、管制官とパイロットによる航空機の位置、速度およびインテント(意図する進路)等の情報の共有を可能として協調型ATMを促進する。これにより、地上ベースの監視、交通状況のコクピット表示、フリーフライト、平行滑走路進入のモニタ、空港面監視、レーダ監視の補完等の広い分野で利用できる。

ICAOでは、ADS-Bを新しいCNS/ATM構想に適合する安価な汎用監視システムと位置づけており、諸外国でADS-Bの開発と検証実験が行われている。

当研究所では、行政ニーズや国内外の評価状況等を参考にして、平成13年度から5カ年計画で、拡張スキッタ方式ADS-Bの実験システムを開発し、空港面とターミナルで航空機監視の評価試験を行う。本報告は、ADS-Bと拡張スキッタの概要、諸外国における評価状況、当研究所におけるADS-B実験計画等について紹介する。

2. ADS-Bについて

2.1 ADS-Bの概要

ADS-Bでは、航空機や車両がGNSS(衛星航法システム)を利用して取得した自身の位置と速度、および識別符号、インテント情報等を放送型データリンクにより放送する。地上の管制システムでは、受信情報を管制官用ディスプレイに表示して管制を行う。航空機では、受信情報に基づく周辺の交通状況

をコクピットに表示してパイロットの航空機運航を支援する。インテント情報はコンフリクトを回避して効率的な経路設定を行うフリーフライトにも必要である。特に、地上の管制官とパイロットが同じ情報を共有できるため、間隔設定を共同で行うなど空地と空空の協調的ATMが可能となる。

しかし、航空機監視に機上の航法データを使用するので、監視と航法の独立性維持および機上装置やGNSSの障害対策のため、さらに全航空機がADS-B対応になるまでの遷移期のため、SSRやマルチラレーション等の他の補完設備と組み合わせたシステムが提案されている。図1にマルチラレーション付きADS-Bの運用概念を示す。

2.2 ADS-Bの特徴

(1) 高い精度の監視情報

現用レーダは測位精度に限界があり方位方向の誤差は距離と共に増加する。また反射や干渉による測位精度の低下や情報の誤り、悪天候下での性能劣化が生じる。ADS-Bは、GPS等による正確な位置、速度に加えて識別符号、インテント情報等を、アプリケーションに適したデータレートで提供でき、管制

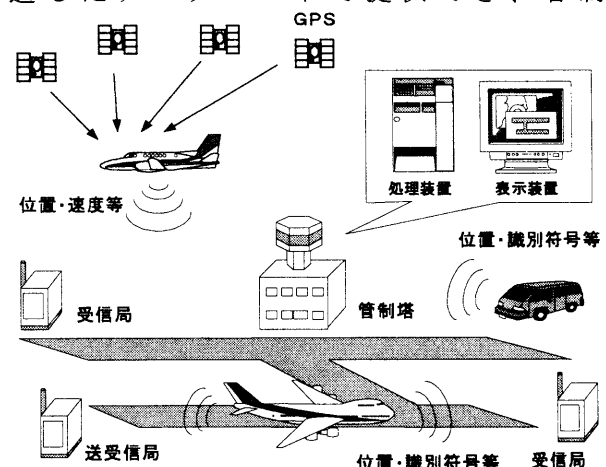


図1. ADS-B(マルチラレーション付き)による監視の概念

官とパイロットの交通状況認識能力を大きく向上できる。

(2) 空域の有効利用

ADS-Bは、レーダが適さない山間部や低高度空域および空港面で、安定して監視情報を提供でき、空域の有効利用が図れる。また、ターミナルと空港面のシームレスな監視が実現できる。

(3) フリーフライトの支援

ADS-Bは、管制官とパイロットが、交通状況の共通の認識の下に間隔維持、コンフリクト回避、経路設定等を協調して行うことができ、フリーフライトを実現する協調的ATMの基盤技術と位置付けられている。

(4) 低コストな監視システム

ADS-B地上局は、航空機位置の測定技術や空中線の回転機構を必要としないので、レーダシステムと比較して設備が簡単で定価格で施設を整備できる。

また、機上の搭載機器も軽量かつ安価な装置の開発が進められている。

2.3 ADS-Bのアプリケーション

米国のRTCAと欧州のEUROCAEは、ADS-Bを機上ADS-BのクラスA、障害物等に設置される放送専用のクラスB、受信専用地上局のクラスCに分類している。表1は、クラスAとCの提供サービス、放送情報の種類等の規定である。

2.4 放送型データリンクメディア

ADS-B用のデータリンクメディアには、表2の3方式が提案されている。ICAOでは、拡張スキッタとVDLモード4の国際標準が制定され、現在、UATの国際標準制定の必要性の検討が行われている。

2.5 ADS-Bの動向

(1) 欧米

米国ではFAAと企業共同のプログラムでADS-Bの運用評価を行い、低視程時のターミナル運用や空港面監視の改善等9つのアプリケーションを設定し、費用効果等について各メディア及びその組み合わせの適合性を検討している。米国のメディア選定は、2002年中頃に

表1 ADS-B局の分類

クラス/ カテゴリ	対応サービス	取り扱い 情報
A0/ 基本VFR	VFRのAVA、 CA, Sfc	Ps, Vl, Id、 Tp
A1/ 基本IFR	IFRのAVA、 CA, SApp, Sfc	A0+St
A2/ 強化IFR	A1+SA+Sqc+ FPD	A1+TCP+OC
A3/ 拡張IFR	A2とおなじ	A2+TCP1+EV
C0/エンルート とターミナル	AVA, CA, SA, Sqc, FPD	Ps, Vl, Id, Tp, St, TCP, TCP1他
C1/アプローチ とサーフェス	C0+SApp+Sfc	

(注)AVA=ビジュアル捕捉, CA=コンフリクト回避, Sfc=空港面, SApp=同時進入, SA=間隔保証, Sqc=順序付け, FPD:コンフリクト回避の経路設定, Ps=3次元位置, Vl=速度, Id=航空機識別, Tp=航空機タイプ, St=ステータス, TCP=進路変更点, OC=運用調整, TCP1=次の進路変更点, EV=事象喚起

表2 放送メディアの提案方式

種別	拡張 スキッタ	VDL モード4	UAT
周波数	1090MHz	未定	未定
変調方式	ハイナリ PPM	カウス波形 FSK	連続移 送FSK
通信速度	1Mbps	19.2kbps	1Mbps
アクセス方式	準ランダム	自律型 TDMA	TDMA+ ランダム

行われる予定である。アラスカでは、UATによる交通状況コクピット表示とレーダライクな管制に利用されている。

欧州ではユーロコントロールが米国と共同でADS-Bによる改善目標への適合性と費用便益の観点からメディアの比較評価を行っている。その他、世界一過密なフランクフルト空域における拡張スキッタの干渉実験、ヒースロー空港とオルリー空港でのマルチラレーション付きADS-B空港面監視システムの評価試験などが行われている

VDLモード4は、考案国スウェーデンが中心となって、多くの評価プログラムが実施されてきた。これらプロジェクトの延長であるNUPプログラムでは、スウェーデン、ドイツ、デンマーク、フランスなどが参加して2003頃からセパレーション維持、空港面、TIS(交通情

報サービス)等について試運用が開始される計画である。

(2)日本

航空局では、航空会社、メーカー等の参加の下に、諸外国の動向を参考に我が国に適した運用ケースを設定し、ADS-Bの導入効果、費用、メディア選定等の検討を進めている。

(3)その他

旧ソ連のNIS諸国や北極圏のようにレーダインフラのない地域でVDLモード4によるATC導入が計画されている。また、同様な状況のオーストラリア内陸部では、レーダのような航空機監視を早期に導入するため、拡張スキッタによるADS-B評価実験を行っている。

3. ENRIにおけるADS-Bの実験計画

拡張スキッタは周波数が割り当てられ国際標準が制定されていること、モードSトランスポンダの搭載が進んでおり機上の二重投資を避けるのにベストであること等から、我が国の航空機監視への導入が有望視されている。当所では、平成13から15年にかけて拡張スキッタ方式ADS-Bの実験システムを整備し、平成16、17年で空港面とターミナルで評価試験を実施する。ADS-Bの補完装置には、安価で、悪天候でも性能劣化が少なく、空港面監視の補完システムとして注目されているマルチラレーション装置を製作し評価する。

3.1 実験システム

図2は実験システムの構成で、数値は製作年次を示す。主要装置の機能は以下のとおりである。

(1)受信局は、モードA/C応答、モードS応答、捕捉スキッタおよび拡張スキッタを受信解読し、10ナノ秒単位のタイムスタンプを付けたレポートをターゲット処理装置に出力する。

(2)送信局は、モードAコードと高度情報の取得およびモードA/C応答から位置測定を行うために、モードS質問とモードA/C質問を行う。

(3)ターゲット処理装置は、質問のスケジューリング、応答の相関、追尾処理、マルチラレーション測位等を行ってターゲットレポートを作成し、モニタ装置へ出力する。

(4)機上装置は、DGPS装置、ADS-Bメッセージを作成する機上処理装置、拡張スキッタ対応のモードSトランスポンダで構成される。

(5)ターゲット模擬装置は、干渉下におけるメッセージの解読特性、処理容量等の特性試験を行うため、最大定格数までのターゲットを模擬する。

この他、ターゲットの表示とデータ収集を行うモニタ装置、時刻設定用の基準送信局、および検出率等のデータ解析を行うデータ解析装置がある。

平成13年度は、ADS-B基礎試験が行えるよう、受信局1局、ターゲット処理装置、ターゲット模擬装置およびモニタ装置を製作した。表3は平成13年度製作品の主要仕様である。

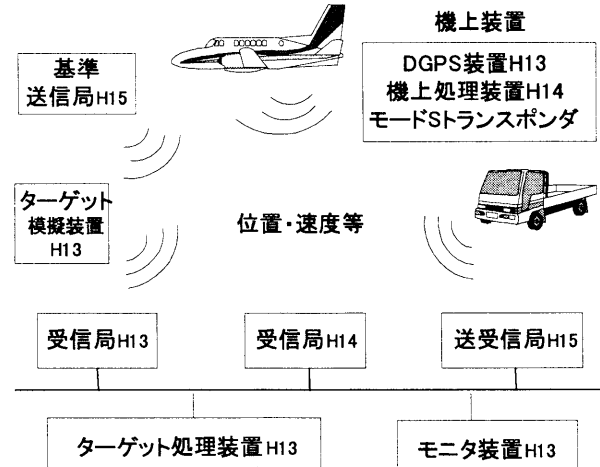


図2.実験システムの構成

表3 実験システムの主要仕様

項目	仕様
処理容量	航空機250機、車両50機 (平均応答率1Hz時)
覆域	60NM(アンテナ利得9dBi時)
検出率(マルチラレーション時)	93%以上(拡張スキッタに対しては99.5%以上)
レポートレート	1Hz以上
解読メッセージ	モードA/CとモードS応答、 捕捉スキッタ、拡張スキッタ
処理遅延	0.25秒以下

今後、マルチラレーション機能の付加、拡張スキッタの弱点とされる耐干渉性等を克服できる受信処理技術の性能向上を行って実験システムを整備していく計画である。

3.2 拡張スキッタの概要

信号形式(図3)はモードS応答と同じで、ビット同期に使用されるプリアンプと112ビットのデータブロックより構成される。データブロックには56ビットのADS-Bデータが含まれる(図4)。主要メッセージの種類と含まれるADS-Bデータ、平均送信間隔を表4に示す。56ビットのADS-Bデータフィールドで位置や高度を送信するため、24ビットの緯経度を17ビットに圧縮して転送する。送信は±100ミリ秒の範囲でジッタをかけた準ランダムで、ジッタ幅を拡張スキッタ長の 10^3 倍以上に取って同期性干渉を防いでいる。

3.3 マルチラレーションの概要

マルチラレーションでは、航空機からのスキッタまたは応答を3カ所以上の受信局で受信し受信時刻差からターゲットの位置を測定する。また、ターゲットに対して質問を行って、モードAコードと高度情報を取得するとともに、応答から位置測定を行う。

マルチラレーション機能付きのADS-Bは、悪天候下での性能劣化やマルチパスによるフォルスターゲット等の問題が少なく、空港面でレーダがカバーできない領域の監視に有効であるとして、ASDEと組み合わせた空港面監視システムが諸外国で導入若しくは評価されている。

3.4 実験計画

空港面とターミナルは、現在の監視方式では交通容量拡大の制約となっている。また悪天候下で大きな遅延と安全性の減少を引き起こすため、ADS-Bによる改善が望まれている。そこで、空港面とターミナルエリアにおいて、

- (1)測位精度

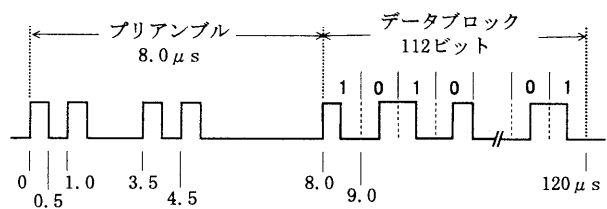


図3. 拡張スキッタの信号形式

制御	アドレス	ADS-Bデータ	パリティ
8	24	56	24

図4. データブロック(数値はビット数)

表4 拡張スキッタメッセージの種類

種類	内容	送信間隔
位置(飛行中)	緯経度, 高度	0.5(秒、以下同じ)
位置(空港面)	緯経度, 速度	0.5(停止中は5)
速度	速度, 回転率	0.5
識別	航空機の識別とタイプ	5(停止中は10)
Intent	TCP, TCP1	1.7

- (2)検出率とレポート更新レート

- (3)覆域

- (4)処理容量

- (5)ブラインドスポット解消のための受信局位置

- (6)悪天候下での監視性能

- (7)重畳メッセージの解読

- (8)マルチラレーションによる補完等について実験を行い、ブラインドスポットの解消や低視程時における交通状況の認識能力の向上等について評価を行う。

4. おわりに

本報告では、当研究所におけるADS-Bの実験計画等を紹介した。今後、干渉に強い改良型の拡張スキッタ信号処理技術を採用したADS-B実験システムを整備し、空港面監視の情報処理化を促進し空港面とターミナルのシームレスな監視が行えるADS-Bの開発を目指して評価試験を行っていく計画である。

参考文献

- (1) ICAO Aeronautical Telecommunications Annex10 Vol.4, 1998
- (2) RTCA/D0242 "MASPs for ADS-B" 1998
- (3) RTCA/D0260 "MOPs for 1090MHz ADS-B" 2000