

14. 機上監視応用方式（ASA）の検討状況

機上等技術領域 ※小瀬木 滋

1. はじめに

将来の航空交通管理 ATM により安全かつ効率的な航空機運用を実現するため、パイロットと管制官による交通情報の共有が提案されている。これを実現する監視装置の運用方式として、パイロットが航空機搭載監視装置を活用する機上監視応用（ASA: Airborne Surveillance Application）と、管制官が地上設置監視機器を活用する地上監視応用（GSA: Ground Surveillance Application）が研究されている。国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）でも ASP（Aeronautical Surveillance Panel）作業部会が機上監視の機器や応用の研究開発状況を調査し、ICAO 将来計画案を ANC（Air Navigation Commission）に報告した[1]。

機上監視応用については、機上監視システムの要件を明らかにする目的で RFG（Requirement Focus Group）会議が開催されている。RFG 会議では、応用方式の定義、性能分析、安全性分析等を経て要件を明らかにし、システムの共用性を維持する条件を検討している。

機上監視応用は、将来の航空機運用を安全かつ効率的にする一方で、無線機器運用に大きく影響する可能性がある。このため、航空機搭載無線機器のあり方やその運用環境である信号環境に関する将来像の調査が求められている。

本報告では、特に早期実現が期待される機上監視応用として洋上航空路における高度変更支援や着陸経路の目視間隔付け支援などを紹介し、これらに関する検討状況を報告する。

2. 機上監視の概要

機上で監視情報源となる装置として、ADS-B（Automatic Dependent Surveillance – Broadcast）や TIS-B（Traffic Information Service – Broadcast）など監視情報を交換するためのデータリンクの実用化が進められている。また、得られた監視情報を処理し適切な方法でパイロットに提供する航空機間隔維持支援装置（ASAS: Airborne Separation Assistance System）が提案されている。ASAS の構成要素や接続される関連機器の機能性能の要件は開発段階であり、実現のために必要な技術的課題が明らかになりつつある。

ICAO では、パネル会議ごとに異なる観点から ASAS が検討されている。このため、ASAS やその応用の概念について ICAO 内部でも不整合が指摘されている。本稿では ICAO/ASP 会議や RFG 会議に従い、現在の責任分担を変化させない機上監視応用も ASAS 応用に含めている。

ASAS がパイロットに提供する支援の内容は、周辺の航空交通状況に関するものに限定される。また、安全間隔を維持するためのアドバイスをパイロットに提供可能にすれば、自動化された判断支援情報を提供する ASAS になり得る。ただし、乱気流など航空機の安全を脅かす多様な障害など周辺航空機以外の情報は ASAS の処理対象外である。

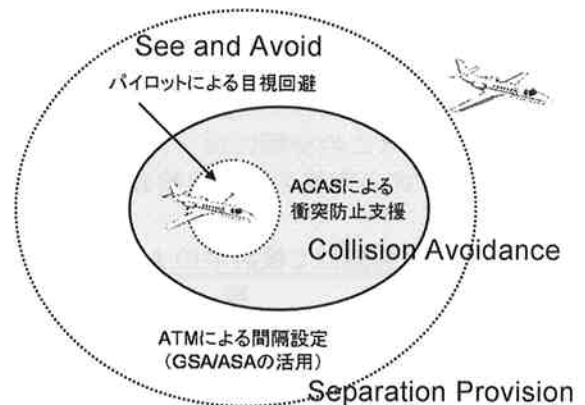


図1 異常接近防止手段の階層構造

図1に示すように、階層的異常接近防止を配慮する必要がある。通常は、ATM による Separation Provision が異常接近を未然に防止する。これは、事前の飛行予定管理による飛行航空機数の制限と、飛行中の管制間隔維持により実現される。飛行中の管制間隔維持は航空機的位置関係監視を必要とし、現在は SSR 等による管制官支援など地上監視応用 GSA により実現されている。将来は、これを改良するとともに、ASAS によるパイロット支援など機上監視応用 ASA を用いて、円滑な ATM 運用を実現すると期待されている。

既存の航空機衝突防止装置 ACAS（Airborne Collision Avoidance System）は、通常の ATM 運用では防ぎきれなかった異常事態に対応するバ

ックアップの警報装置であり、ASASとは異なる階層で運用されるべきである。

3. 機上監視応用 ASA の例

ASASには多様な運用方式が提案され、その分類は PO-ASAS (Principals of Operation for ASAS) 報告書[2]にまとめられている。

航空交通状況認識 ATSA (Airborne Traffic Situational Awareness) に分類される応用は、パイロットに周辺空域の監視情報を提供し、交通状況の誤認防止と管制指示実現状況の確認手段を与える。ATSAに分類される応用は、運用方式変更が軽微で早期実現が期待される。

ASPA (Airborne Spacing) に分類される応用は、ATSAの運用効果に加えて監視情報の共有を前提とした管制通信方式の改良も考えられる。このため、通信作業負荷軽減効果も期待され、パイロットのみならず管制官の業務も改善できると期待されている。

PO-ASASが Airborne Separation や Airborne Self Separation に分類する応用は、限定的ではあるが、管制間隔付け Separation の責任を管制官から航空機側に委譲する。このため、ATSA や ASPA より実現までの技術的課題や法的課題が多く、長期的課題として検討されている[4]。

RFG 会議でもこの分類に従い、表1のような ASAS 応用方式の定義や要件を検討している。

表1 RFG 会議にて検討中の ASAS 応用

応用名称	概要
ATSA-VSA	着陸経路目視間隔付け支援
ATSA-AIRB	飛行中の交通状況認識向上
ATSA-ITP	洋上航空路高度変更支援
ATSA-SURF	空港面相互監視支援
ASPA-S&M	合流間隔付支援と通信改善

本稿では、特に早期の実現が期待[1]されている ATSA-VSA (Visual Separation Approach : 最近 Enhances Successive Visual Approach に改名) [5]と ATSA-ITP (In-Trail Procedure in non-radar oceanic airspace) [6]について紹介する。

4. ATSA-VSA

4.1 現状の課題

空港面の経路やスポット等とこれらの運用方式が十分整備された場合、ターミナル空域や着陸進入路の構造と運用方式が空港の容量を制限する要素になり得る。

着陸経路を目視間隔により運用することで、レーダ管制間隔による運用より航空機間隔を狭

くでき、容量拡大が期待される。

しかし、現状では先行機を視認するためのパイロット作業負荷が大きく、必ずしも毎回実施できるとは限らない。また、管制官も、これを支援できるほど作業負荷に余裕があるとは限らない。さらに、視認した航空機が適切な先行機とは限らず、目視間隔付けに失敗する場合もある。結果としてゴーアラウンドすることになり、空域運用にさらに負荷をかけるリスクを伴う。

4.2 提案されている ATSA-VSA

ATSA-VSA は、着陸経路において他の航空機との目視間隔を承認された航空機が次々と着陸進入することで空港容量を拡大することを目指している。

このため、着陸進入路においてパイロットが機上監視機器を使用することで、他の航空機の視認や間隔確認を容易にし、目視間隔による着陸進入をより一般的に実施できるようにする。また、視認を支援する管制通信を減少させることで通信作業負荷を軽減できる。

ATSA-VSA は、次の手順で実施される。

- ・ 管制官またはパイロットが ATSA-VSA 可能性を確認し要求
- ・ 管制官が実施を判断し承認
- ・ パイロットが目視間隔付けを実施
- ・ 先行機の滑走路離脱等により実施終了

4.3 ATSA-VSA の効果

この応用により、安全性を保ちながら空港容量の拡大が期待される。ただし、先行機の後方乱気流を配慮した間隔を設定が必要である。

航空機側にも直接の導入のメリットが指摘されている。UPS 社が実験中の CDA (Continuous Descent Arrivals) にて ATSA-VSA は ASPA-S&M 類似の応用と組み合わせられて試験されている。CDA は、巡航状態から着陸までエンジンをほぼアイドル状態にするため、予備調査では空港近傍の騒音低減や燃料節約などの効果が報告された[7]。機上監視により航空機側で相互の位置を確認しながら飛行速度や経路等を微調整することで、CDA の成功率向上が期待される。

4.4 ATSA-VSA の前提となる運用環境等

ATSA-VSA は、IFR/VFR のどちらにも対応できるように考えている。1本または接近して配置された複数の滑走路に向かう着陸経路を想定している。

ATSA-VSA 運用可能な気象条件を図2に示す。機材の性能により限界はあるが、通常の日

視間隔付けより運用可能範囲が拡大されている。
 図2は、機上監視機器導入による改善範囲の目安にもなる。

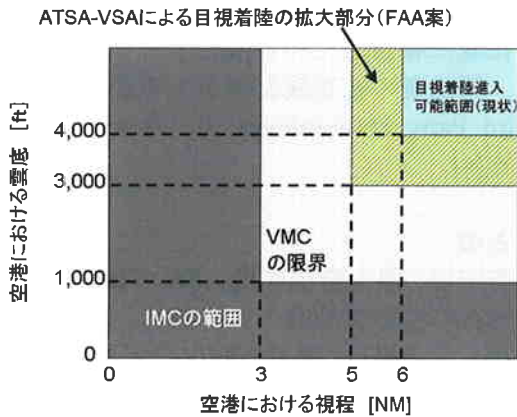


図2 ATSA-VSA 運用可能な気象条件

ATSA-ITP を実施するためには、現状と比較して次の機器の追加装備が前提となる。

- ・ 先行機に ADS-B-OUT 搭載
- ・ 自機に ADS-B-IN と ASAS 搭載

先行機以外は ADS-B-OUT の装備を求めるとはならないが、最大の運用効果を得るためには全機が装備していることが望ましい。また、TIS-B 運用が可能なら、この応用の運用改善に寄与できると見込まれる。

通信機器として航空管制用無線電話を想定している。CPDLC は必須要素ではないが、将来の運用改善には有効であると見込まれる。

管制通信では参照機を明示する通信方式を新たに定義する必要がある。現在の管制通信方式では、このような第三者の航空機を明示する方式 (Third Party Phraseology) が定義されていないため、今後の開発課題である[6]。

4.5 ATSA-VSA の評価動向

RFG 会議では、標準運用シナリオの選択が行われつつあり、これをもとにして安全性や運用性能の予測計算が行われる見込みである。2008 年を目標に安全性や運用性能の要件を報告することを目指して作業が進められている。

5. ATSA-ITP

5.1 現状の課題

洋上航空路など非レーダ空域は、プロシジャ管制により運用されている。航空機は指定された航空路に沿って高度を維持しながら飛行するが、燃費改善や安全性向上のため適切なタイミングで最適な飛行高度への変更が望まれる。

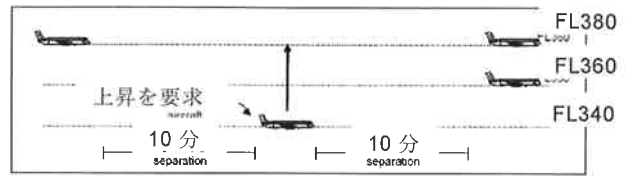


図3 プロシジャ管制運用(北大西洋)

しかし、現状では、管制官もパイロットも航空機の正確な位置関係を適宜確認する手段が無い。このため、一般に航空機の数 (Mach 数) を配慮しウェイポイント通過時間差が常に 10 分を超えるよう航空機間隔を設定している。他機と衝突することなく安全に高度変更できる場合も、その確認ができないため、管制官は手順に従い高度変更を許可できない場合がある。

5.2 提案されている ATSA-ITP

ITP は、飛行高度を変更しようとする航空機が、途中の高度にて他の航空機の前後またはその間を通るときに用いられる手順である。

ATSA-ITP は、機上監視機器の使用を想定して短縮された管制間隔を満たすように、次の手順で実施される。

- ・ パイロットが ITP 可能性を確認し要求
- ・ 管制官が ITP 実施を判断し承認
- ・ パイロットが ITP 実施
- ・ 実施終了の確認と通信

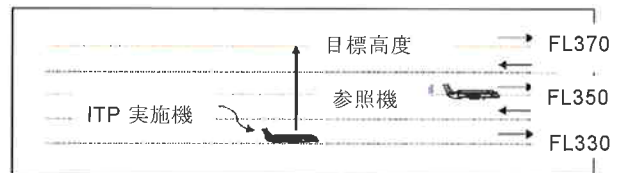


図4 RVSM 空域における ITP 実施例

ATSA-ITP のための管制間隔は、ITP 実施機と最も接近している参照機の対地速度の差が十分な精度でわかっている場合 10NM、それ以外の場合は 15NM を想定して運用方式が検討されている。また、高度変更に必要な時間が長すぎるとその間の状況変化の予測誤差が増加するため、目標高度は開始時点のものから 4,000 ft 以内に制限することが検討されている。

5.3 ATSA-ITP の効果

ATSA-ITP に適用される管制間隔がプロシジャ管制の場合より短縮されるため、目標高度との間の高度を飛行する他の航空機により高度変更が阻止される確率が減少すると期待される。これにより、非レーダ空域でも高度変更が容易になり、航空機運用の効率や安全性の向上が期待される。

RFG 会議で検討されている ATSA-ITP では、パイロットと管制官の責任関係が現在のプロシジャ管制と同じである。パイロットが状況を報告し、管制官が実施を判断する。

5.4 ATSA-ITP の前提となる運用環境等

運用環境は、非レーダ空域内の固定または動的経路を想定している。最悪の条件としてランダムルートも想定し得る。

ATSA-ITP を実施するためには、現状と比較して次の機器の追加装備が前提となる。

- ・ 参照機に ADS-B-OUT 搭載
- ・ 自機に ADS-B-IN と ASAS 搭載

参照機以外は ADS-B-OUT の装備を求める必要はない。

通信機器としては CPDLC の対応が望ましいが、現段階では短波通信のみを用いることを想定している。

管制通信では、ATSA-VSA 同様に、参照機を明示する通信方式を新たに定義する必要がある。

5.5 ATSA-ITP の評価動向

RFG 会議では、標準運用シナリオの選択が行われつつあり、これをもとにして安全性や運用性能の予測計算が行われる見込みである。2008 年を目標に安全性や運用性能の要件を報告することを目指して作業が進められている。

これまでの議論により運用方式の定義がほぼ安定し、RFG 会議により OSED version 6 が作成された[3]。

安全性の評価手法については、フォールトツリーを直接作成する方法と、DME 手順など参考となる運用手順と安全性を比較する方法が提案されている。DME 手順とは、非レーダ空域において、同一航空路を飛行する航空機が参照ウェイポイントにある DME までの距離を適宜報告することで通常のプロシジャ管制より接近して運用する方式である。これまでの討議の結果、DME 手順との比較法の使用は不適切ではとの指摘が出ている。洋上航空路では通信インフラが乏しく、DME 手順のように頻繁な無線電話通信を想定できないためである。

6. 今後の課題

機上監視応用 ASA の標準化は、ASAS-RFG や ICAO において次の手順で進められる。

- ・ 利用者の要求を基礎に運用方式開発
- ・ 各運用方式に共通な性能要件抽出
- ・ 国際的共用性に必要な最小要件の規格化

現在、運用方式開発と性能要件抽出が RFG 会議にて実施されているが、安全性や運用性能評価のための各種の想定が検証されつつ

ある。これらの評価においては、機器の想定性能の現実性が求められる。

また、性能要件の実現可能性の検討には、航法データリンクや監視データリンクの性能に影響する運用環境として信号環境を知る必要があることは既に報告している[8]。

また、第三者の航空機を明示する管制通信方式 (Third Party Phraseology) が、今後の開発課題である[6]。

7. まとめ

本報告では、機上監視応用 ASA の概要と、その検討状況について紹介した。特に、早期の実現を目指して RFG 会議で検討中の応用として、着陸進入時の目視間隔付け支援 ATSA-VSA と洋上航空路における高度変更支援 ATSA-ITP を紹介した。

謝辞

本稿の主たる情報源である ASAS-RFG 会議への参加は、航空局のご協力により実現されました。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] ASASSG: "AS timeline", ICAO/ASP/WG, Flimsy ASP01-5 Rev 1, Kobe, November, 2006
- [2] <http://www.eurocontrol.int/care/asas/documentation/po-asas71.pdf>
- [3] RFG-ADSG: "Package 1 In-Trail Procedure in Non-Radar Oceanic Airspace (ATSA-ITP) Application Description", RFG internal document, Working Draft, Edition 6.0, October 25, 2006
- [4] M. Griffin: "Future steps for ASAS - EUROCONTROL ATC domain views", ASAS-RFG, Brussels, March, 2006
- [5] RFG-ADSG: "Package 1 Enhanced Visual Separation on Approach (ATSA-VSA) Application Description", RFG internal document, Working Draft, Edition 1.4c, September 23, 2006
- [6] R. Bone and B. Stanley: "The Use of Traffic Flight Identification in Airborne Surveillance Applications", ICAO/ASP/WG, ASP01-19, Kobe, November, 2006
- [7] Bob Hilb: "Dramatically Improving Arrival Operations", UPS presentation, 2006Q1
- [8] 小瀬木他:「ASAS とその信号環境の概要」、電子航法研究所研究発表会、平成 16 年 6 月
- [9] 小瀬木:「ASAS 関連機器の研究動向と要件追加の提案」、電子航法研究所研究発表会、平成 18 年 6 月