

1. ATM パフォーマンス評価システムの開発

航空交通管理領域 ※蔭山 康太、福田 豊、山本 哲士、宮津 義廣、行木 宏一

1. はじめに

航空交通管理（Air Traffic Management : ATM）は安全性や経済性、効率性そして定時性の提供を目的として航空交通や空域を動的かつ統合的に管理し、空域管理や航空交通流管理、航空交通管制など航空機の運航に関わる各機能を遂行する [1]。空港の離着陸施設や航行援助施設、飛行情報管理システムなどの各種の管理システム、地上と航空機の通信システム、航空機側の飛行管理装置、そして各種の方式基準やオペレータなど非常に多くの要素により ATM は構成される。

航空需要は増加し、航空交通は、その重要性を増している。ATM は、その性能（以下、ATM パフォーマンス）の向上などにより対応を行ってきた。今後も航空の増大が予想されるため、ATM パフォーマンスは、さらに迅速な向上が必要とされる。ATM パフォーマンスの向上には、その評価および評価結果のフィードバックが重要である。

各パフォーマンス向上施策には早急な効果の検討が必要とされることなどから、評価は日常的に実施されることが好ましい。日常的な評価の実施には、簡易な操作による評価を可能とする評価環境の構築が不可欠である。日常的な ATM パフォーマンス評価環境の検討を目的として、電子航法研究所では ATM パフォーマンス評価システム（Comprehensive Assessment System of Performance for ATM Review, 以下、CASPAR）のプロトタイプの開発に着手した。本稿では CASPAR について、その機能設計を中心として紹介する。

2. 評価システムの開発

2.1 諸外国の動向

国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization: ICAO）では 11 種類の ATM パフォーマンスの重要分野（Key Performance Areas : KPA）を設定した [1]。KPA は社会に対する影響を対象とした項目（安全性、セキュリティ、環境性）、パフォーマンスの成功因子に対応した項目（ATM ユーザの公平性、ユーザの参加、相互運用性）、そして運用

上のパフォーマンスを対象とした項目（費用対効果、容量、効率性、柔軟性、予測性）より構成される。1 つの分野のパフォーマンス値の向上により、他の分野のパフォーマンス値が低下する場合も生じ得る。

諸外国においては ATM パフォーマンス評価項目の検討や評価システムの開発、そして評価の実施が進められているところである。諸外国における ATM パフォーマンス評価システムの例としては、米国の OPSNET（Operational Network）や PDARS（Performance Data Analysis and Reporting System）などが存在する。OPSNET では遅延機数の集計が行われ、その結果が公表されている [2]。

PDARS は、各種の航空管制機関で記録された運航実績データに基づき ATM パフォーマンスのレポートを自動的に生成するとともに、各関連官署に配信する機能を有する [3]。

我が国においても、今後も予想される航空需要の増加への対応のために ATM パフォーマンス評価指標の設定とあわせて、適切な評価環境の整備が必要とされる。

2.2 開発の目的

日常的な ATM パフォーマンス評価環境の構築を目的として CASPAR の開発を開始した。CASPAR は将来的には航空保安業務プロバイダ（Air Navigation Service Provider : ANSP）をはじめとした ATM 関係者による日常的な ATM パフォーマンスの検討に使用されることを想定する。

図 1 に CASPAR を使用した ATM パフォーマンス検討手順を示す。ATM パフォーマンスの項目の大部分は航空機の運航として記録される。CASPAR は航空機の運航実績に基づき、ATM のデータベース化を行い、その内容に基づいて ATM パフォーマンス実績値、および交通状況の再現データを出力する。ATM 関係者は CASPAR による評価結果に基づき、ATM パフォーマンス改善策を検討する。

CASPAR の開発は、以下のような機能の実現を目的とする。

- ATM データベース
- 簡易な操作によるパフォーマンス実績値算出
- パフォーマンス実績値の要因の容易な検討環境

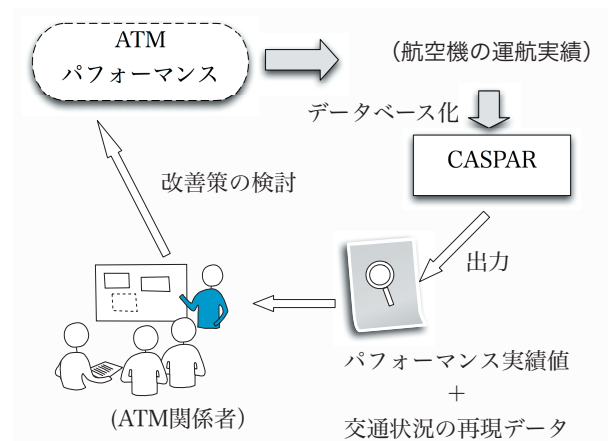


図 1 ATM パフォーマンスの検討手順

航空機の運航実績は各種の管制情報処理システムの運航ログに記録されるため、運航ログの解析により ATM パフォーマンスの評価が可能となる。一方、管制情報処理システムは非常に多くの要素より構成され、各データ項目は多様な種類のログに分散して記録される。このため ATM データベースを作成し、各種のログの内容を同一の運航について関連付けることが必要とされる。

日常的な評価においては、例えば、ある空港への到着機の遅延時間など、定型的な解析手順の繰り返しが想定される。解析手順の記録・およびその呼び出し機能の実装などにより、省力化された作業によるパフォーマンス実績値の算出が可能となる。

パフォーマンスの検討は、その実績値のみを対象とすることでは不十分である。パフォーマンス向上のためには、交通状況の再現などにより、パフォーマンス値に影響を与える要因の検討が必要である。この検討によりパフォーマンス値の向上の施策に有益な情報が得られる。そこで、レーダ情報処理システムよりパフォーマンス実績値算出の対象となった運航の航跡を抽出し、動画で再現する機能を実装することで、要因の容易な検討環境を構築した。特に飛行中の運航局面に関連したパフォーマンスの検討に、動画による航跡再生は有益な情報を提供する。

3. 評価システムの実装

3.1 評価システムの概要

2.2節で述べた機能の実現を目的として、CASPAR を汎用のパーソナル・コンピュータ上に実装した。以下に、各機能の実装を述べる。

3.2 ATM データベース

ATM データベースに含まれる項目は、

- 運航実績
 - ATM 環境
- に大別される。運航実績に大別される項目は、個々の運航中の各イベントの実績時刻や使用機材などを含む。
- 飛行情報管理システム (Flight Data Management System : FDMS)
 - スポット総合調整サブシステム (Spot Management And Planning system : SMAP)
 - 航空路レーダ情報処理システム (Radar Data Processing system : RDP)
 - ターミナル・レーダ情報処理システム (Automated Radar Terminal System)
 - 洋上管制データ表示システム (Oceanic Air Traffic Control Data Processing System)

などの管制情報処理システム、および運航者による公示スケジュールから運航実績に関連した各項目値を取得するとともに、同一運航について各項目を関連付けた。図2に運航実績に大別される項目の構成を示す。図において楕円は項目のさらなる分類の名称、四角内は各項目の名称をそれぞれ表す。

環境に大別される項目は、空域および気象に関する項目を含む。空域に関する項目として、各航空路や空港、各地点の名称・座標などを記録した。気象に関する項目として高層風の風向・風速情報を格子状に分割された地域毎に記録した。同時に、各空港の気象情報などを提供する飛行場放送業務 (Automatic Terminal Information Service : ATIS) の内容も記録した。

汎用のデータベース管理システムを使用してデータベース化を行った。データベース化により、情報の迅速な検索・抽出が可能となった。なお、データベース管理システムの使用により項目の追加は容易である。同時に、データベースの入力値の妥当性の検証機能を実装し、レーダ情報処理システムより取得される航跡データなどを対象として入力されたデータの妥当性を確認することを可能とした。

3.3 パフォーマンス実績値算出

パフォーマンス実績値は、データベースの記録内容から算出される。算出対象とする指標項目名称やデータ抽出条件などに関する容易な項目選択、そして指定された指標項目名称や抽出条件の記録、および記

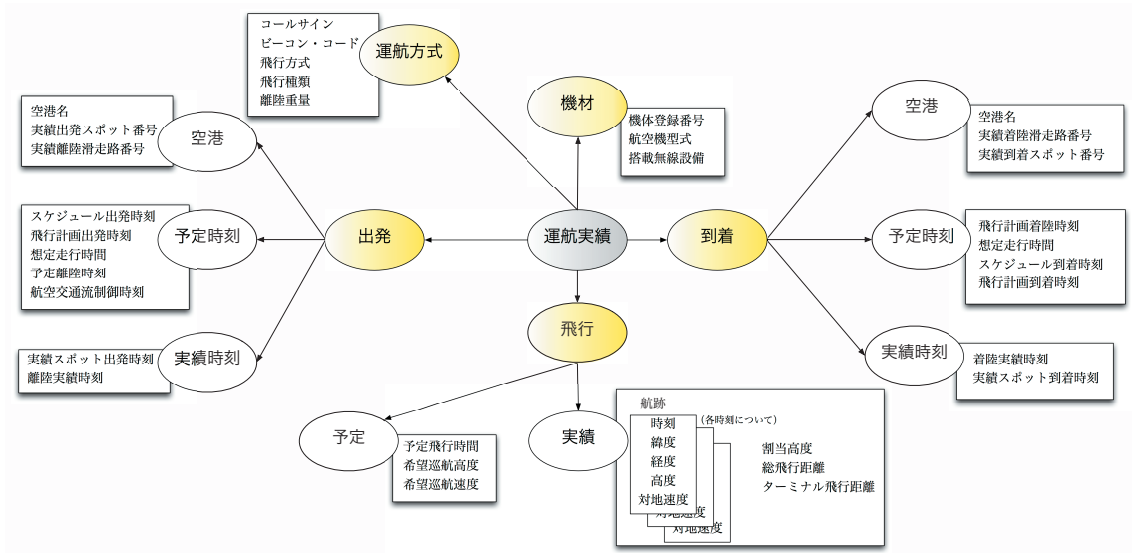


図 2 ATM データベース項目（運航実績）

録された内容の呼び出し機能を実装することで、典型的な内容の解析の簡易な操作を実現した。同時に、予め記述した一連の解析手続きを自動的に行うバッチ処理機能の実装により、定常的な一連のパフォーマンス評価の繰り返しを可能とした。現時点では、

- 遅延時間
- 飛行距離
- 通過機数

のパフォーマンス評価機能を実装した。

遅延時間について、表 1 に示すような項目のパフォーマンス実績値算出機能を実装した。遅延は航空機運航の定時性と密接に関連する。運航の所要時間の大きなばらつきは、利用者の利便性や円滑な航空交通の運用に支障を来すため、遅延は少ないことが好ましい。同時に、遅延は航空機運航の効率性とも関連する。

飛行距離はレーダ情報処理システムより取得された各運航の航跡に基づいて算出される。航空機は飛行計画経路に基づいて飛行するが、他の航空機との管制間隔の確保などのために飛行計画とは異なる経路上を飛行する場合がある。短い飛行距離は、燃料消費量の低減や飛行時間の短縮などの便益があることから経済性や効率性、そして環境性の指標となる。このために、飛行距離の測定はATMパフォーマンス値の有益な項目となり得る [4]。表 2 に示すような抽出条件による飛行距離の集計を可能とした。CASPAR は指定された抽出条件、および期間や国内線・国際線・上空通過機の運航分類に基づいて飛行距離を集計し、平均値や、ばらつきを算出する機能を有する。

また、指定した地点名称やセクタ、緯度経度により端点を指定した格子状の空域を指定することで、通過機数を算出する機能を実装した。

算出された各項目のパフォーマンス実績値を記すレポートファイルは、表計算ソフトウェアのファイル形式で出力することとした。表計算ソフトウェアのファイル形式の使用により、データの再利用などに関する汎用性が実現されると同時に、表計算ソフトウェアの機能の活用によるパフォーマンス実績値の柔軟な検討が可能となった。

表 1 遅延時間の評価項目

項目	算出値	備考
出発時刻	実績 - スケジュール	出発・到着 離陸～着陸
ATFM	調整後 - スケジュール	
走行時間	実績 - 想定値	
飛行時間	実績 - 飛行計画値	
到着時刻	実績 - スケジュール	

表 2 飛行距離の抽出条件

基準	抽出条件
空港	出発空港 到着空港 指定空港から任意値の半径内
地点	開始・終了地点

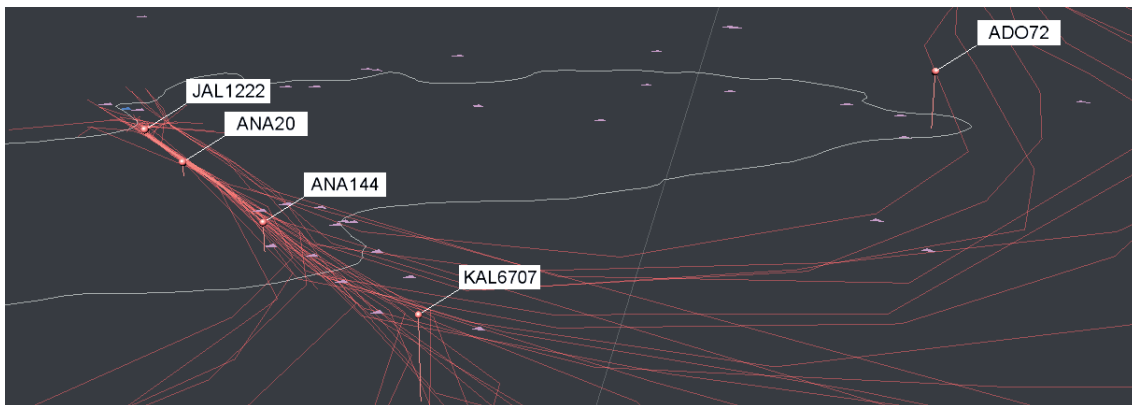


図3 航跡再生画面の例（3次元表示）

3.4 要因分析のための検討環境

航跡再生機能では、従前に電子航法研究所で製作した航跡データ解析ツールの機能 [5] に基づいた2次元の動画による再生に加えて、3次元の動画による再生も可能とした。動画による再生の表示速度は実時間と倍速があり、倍速表示では2倍から960倍までの値から表示速度を選択できる。図3に3次元の航跡再生画面の例を示す。航跡再生画面には各航空機の位置および地上面への垂線、航跡、そして海岸線や各フィックス位置が表示される。

また、航跡を2次元あるいは3次元の静止画として表示する機能も追加した。2次元の静止画は水平面、垂直面を対象とし、垂直面を対象とした航跡図により上昇・降下プロファイルの検討も可能となる。同時にプレゼンテーション・ソフトウェアなどへの取り込みのために、静止画あるいは動画の汎用的なファイル形式による航跡の保存を可能とした。

また、航跡の補助情報として、高層風の風向・風速を重畳表示することを可能とした。同時に ATIS 情報の表示を可能とし、航跡再生の対象となる空港近傍における風向・風速や雲量などの項目表示を可能とした。

4. おわりに

ATM パフォーマンスの日常的な評価環境の構築を目的として開発を開始した評価システム CASPAR の機能設計、および現段階における実装機能を紹介した。CASPAR では、ATM のデータベース化、簡易な操作によるパフォーマンス実績値算出作業およびパフォーマンス値の要因の検討を目的とした航跡再生などの機能を実装した。CASPAR の開発により、ATM パフォーマンス評価の環境構築の見通し

を得ることができた。

今後、CASPAR によるパフォーマンス評価の対象に

- 降下プロファイルの効率性
- 運航者による希望巡航高度の取得率
- 空港などにおける単位時間あたりの取り扱い機数などの項目を追加する予定である。

同時に、航跡再生機能において気象レーダデータの重畳表示を可能とすることなどで評価システムの機能を向上していく予定である。

謝辞

運用実績データのご提供を頂きました国土交通省航空交通管理センターをはじめとする関係各所の各位のご協力にお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] International Civil Aviation Organization. “Global Air Traffic Management Operational Concept” Doc 9854 AN/458, 2005.
- [2] Federal Aviation Administration. 2003 Aviation Capacity Enhancement Plan. Dec. 2003.
- [3] Schade J. den Braven, W. “Concept and Operation of the Performance Data Analysis and Reporting System” *SAE Advances in Aviation Safety Conference*, pp. 2003-01-2976, Aug. 2003.
- [4] 福田 豊他. “運航実績データによる飛行距離の測定手法の検討” 第7回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 15-18, June 2007.
- [5] 福田 豊他. “航空交通管理のパフォーマンス測定ツールの試作” 第6回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 33-36, June 2006.