

7. 航空交通管理のパフォーマンス測定ツールの試作

航空交通管理領域 ※福田 豊 山本 哲士

1. はじめに

国際民間航空機関（ICAO : International Civil Aviation Organization）は、航空機運航者がスケジュール通りの出発・到着時刻で、希望する通りの飛行経路を、最少の制約で、規定された安全レベルを満足しつつ運航できるような、シームレスで全地球規模の航空交通管理（ATM : Air Traffic Management）の構想をまとめた。

この構想へ向けた施策を検討するためには、航空機の運航の現状を定量的に把握することが有効である。事実確認、現状分析、および、原因究明により、ATM の改善施策を明らかにすることができる。ATM 共同体が持つ期待への満足度を示す ATM パフォーマンスは、複数の視点から見た指標により測定される。

欧米では、ATM パフォーマンスの測定が進められており、それに利用するデータベース、ツールなどが開発され、運用されている。しかし、我が国では、ATM パフォーマンスを指標化し、統合的に評価する手法がまだ確立していない。

電子航法研究所では、ATM パフォーマンスを測定する目的で、レーダデータのような航空機の航跡データを解析するツールを試作した。本報告では、ATM パフォーマンスに関する諸外国の動向、および、試作したツールの設計方針、機能、今後の機能拡張案を紹介する。

2. 航空交通管理のパフォーマンス測定

2.1 ICAO の動向

2003年9月に開催されたICAOの第11回航空会議（ANC : Air Navigation Conference）では、将来のATMのパフォーマンス目標の設定、ATMの全体の内容を特徴付けるパフォーマンス指標の定義、全体のパフォーマンスの枠組の調和を勧告している^[1]。これを受けて、ATM Requirements and Performance Panel（ATMRPP）において、ATM パフォーマンスマニュアルの作成作業が進められている。

2.2 米国の動向

米国では1993年に政府業績成果法（GPRA : Government Performance Results Act）が制定された^[2]。これは、各連邦政府機関に中期的な戦略計画書（Strategic Plan）、年度毎の業績計画書（Performance Plan）および業績報告書（Program Performance Report）の作成を義務付けている。

米国運輸省（DOT : Department of Transportation）では、戦略計画書、業績計画書、業績報告書が発行されている^{[3]-[6]}。また、連邦航空局（FAA : Federal Aviation Administration）では、戦略計画書（Flight Plan）、業績報告書（Performance and Accountability Report）が発行されている^{[6]-[7]}。業績報告書では、目的に対する指標が設定され、その目標値と実績値が示されている。

FAAは、これらの指標に関するデータを集計し、解析するためのシステムを運用している。例えば、ASQP（Airline Service Quality Survey）、OPSNET（Operational Network）、ASPM（Aviation System Performance Metrics）がある^[8]。これらは、航空会社と連携して、遅延などに関するデータを収集、集計して、データベースを構築した上で、インターネットなどによりデータを提供する。

また、レーダデータを収集、解析するシステムとして、PDARS（Performance Data Analysis and Reporting System）がある^[9]。これは、航空路交通管制センター（ARTCC : Air Route Traffic Control Center）、ターミナルレーダ進入管制（TRACON : Terminal Radar Approach Control）、航空交通流管理を担当するATCSCC（Air Traffic Control System Command Center）などで利用されている。これは、自動的にレーダデータと飛行計画データを収集、集計して、報告書を作成し、管制機関内や管制機関相互に共有する機能を持つ。

2.3 欧州の動向

欧州のユーロコントロールでは、1998年に業績評価委員会（PRC：Performance Review Commission）が設立された。PRCは、欧州における航空交通管理システムの効率的な管理運営のため、政策、計画、安全管理、財政、経済性を含む活動を監視し、業績評価を実施する。

PRCは毎年、業績評価報告書（PRR：Performance Review Report）をまとめている^[10]。2004年のPRR8には、交通量、安全性、航空交通の遅延、航空交通流管理による遅延、飛行の効率性、費用対効率性がまとめられている。

欧州委員会（EC：European Commission）はユーロコントロールに2007年2月までに業績評価実施規則案の作成を委任した^[11]。これには、重要なパフォーマンス領域と指標、その測定に必要なとなる提供情報を特定するなどの作業が含まれる。

3. パフォーマンス測定ツール

パフォーマンス測定のために試作したツールについて説明する。

3.1 設計方針

レーダデータなどを読み込んで、航空機の航跡を表示し、飛行のイベントを解析する機能の構築を目指した。本ツールは、移植性がよいJavaで作成され、広く普及しているMicrosoft Windowsのパソコンで動作する。

3.2 入力データ

本ツールで取り扱うことができる入力データを以下に示す。

- 航空路レーダ情報処理システム（RDP：Radar Data Processing System）
- ターミナルレーダ情報処理システム（ARTS：Automated Radar Terminal System）
- 電子航法研究所の航空管制リアルタイムシミュレータ
- TAAMやRAMSなどの航空管制ファストタイムシミュレータ

これらのデータは、各々の書式で記録されているので、これらをCSV（Comma Separated

Values）形式のテキストデータに変換するデータ変換プログラムを作成し、入力データを統一した。

3.3 表示機能

(1) 基本的な表示画面は、水平面表示画面と高度面表示画面で構成される。水平面表示画面の表示例を図1に示す。これは、レーダ管制卓のように、航空機をデータブロックとともに地図上に表示する。データブロックは、便名、高度、型式、目的空港などを含み、これらの表示項目を選択できる。また、高度面表示画面は、航空機を緯度方向または経度方向の垂直面に投影し、高度が視認しやすい図を表示する。

(2) 地図情報として、海岸線、緯経度線、飛行情報区（FIR：Flight Information Region）境界線、セクタ境界線、フィックス、ルート、飛行制限空域を表示する。セクタ、フィックス、ルートについては注目情報表示として、マウスカーソルを各地点上にあわせると、フィックス名、ルート名とその構成フィックス名、セクタ名を表示することができる。

(3) 表示速度は、実時間と倍速がある。倍速表示では、2、4、10、30、60、120、240、480、960倍を選択できる。視認性を高めるために、航跡の記録間隔が1秒以上の場合は、1秒毎の位置を補間して表示する。倍速時では、航空機の動きがより滑らかに見えるように、より高速に画面を更新する。また、一時停止機能、ステップ実行機能（進行、巻戻）を持ち、詳細な航跡の解析のために利用できる。

(4) 航空機の将来位置を示すベクタ表示、過去の航跡を示すトレイル表示を持ち、ベクタ長やトレイル数を指定できる。また、航空機の全航跡を表示する機能がある。これは個別または全航空機を指定できる。

(5) 航空機の相互の位置関係や距離を測定するためのカーサ機能を持ち、マウスで指定した2地点間の方位角と距離を測定できる。これは、レーダハンドオフ時の先行機と後続機との縦間隔の測定などに利用できる。

(6) 航空管制リアルタイムシミュレータでは、航空管制官の管制指示は模擬パイロット席の入力データとして反映されている。このパイロットコマンドデータの内容と入力時刻をデータブロ

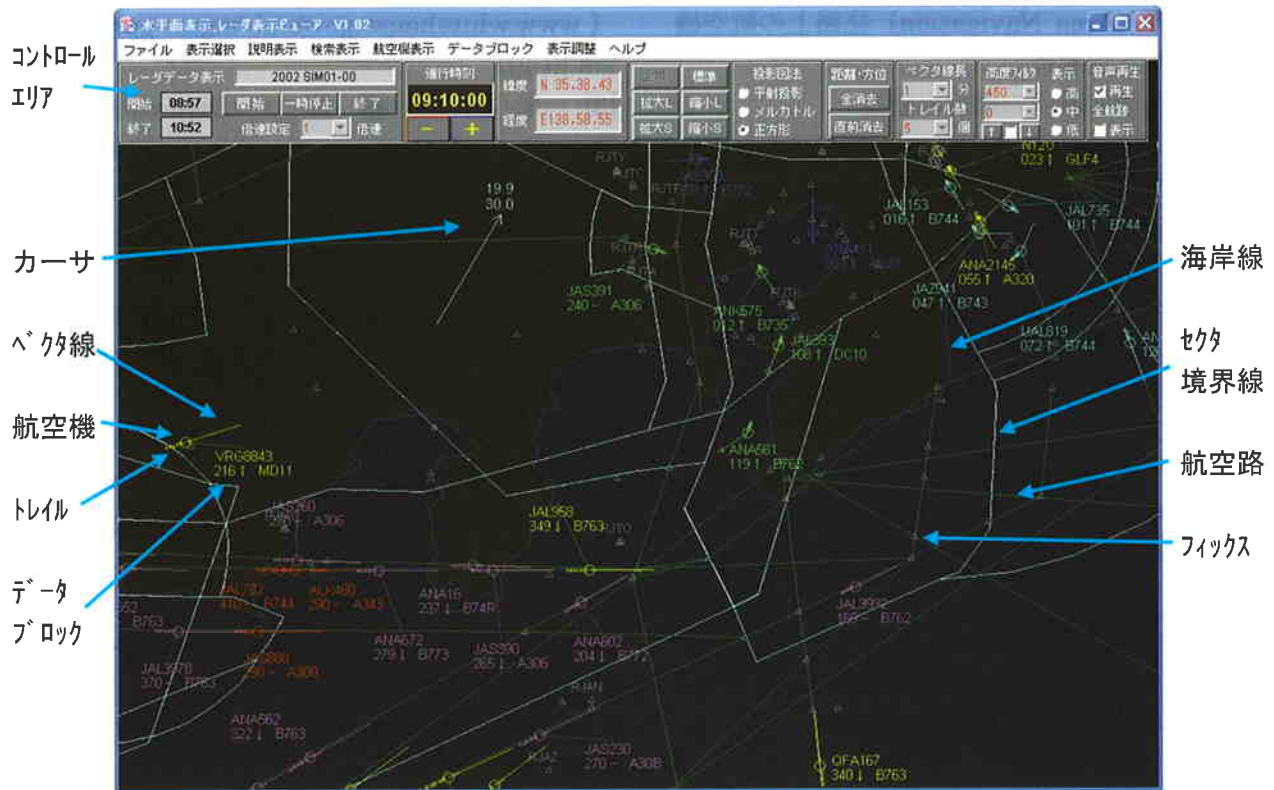


図1 水平面表示画面の表示例

ックに表示できる。

(7) 航空管制リアルタイムシミュレータでは、航空管制官と模擬パイロットとの音声による管制通信データを記録している。航空管制官の作業量を解析するために、音声通信と航跡を照合しながら状況を確認することは重要である。wav形式のファイルで記録された音声と航跡を同期させて実時間で再生できる。

3.4 解析機能

本ツールは航跡から検出できる飛行のイベントを集計する。具体的には、セクタ境界線通過時刻、線分通過時刻、線分ペア間飛行時間と飛行距離、セクタ内航空機数集計、コンフリクト検出の機能がある。

(1) セクタ境界線を定義した空域データに基づきセクタ境界線通過時刻を検出し、航空機毎に通過セクタ名とセクタ境界線通過時刻をファイル出力する。また、セクタ内を飛行している航空機数を集計し、グラフ表示する。

(2) 線分通過時刻の検出は、緯経度で定義した線分を通過した航空機を抽出し、通過時刻を検出す

る。これは最終進入地点の通過時刻やその時間間隔などの測定に使用する。また、2本の線分を定義することにより、両線分を通過した航空機を抽出し、その間の飛行時間と飛行距離を求める。これは、間隔付けのためにレーダ誘導された航空機の飛行時間と飛行距離の測定などに使用する。

(3) コンフリクト検出では、定義した水平間隔以下かつ高度差以下になった航空機ペアを検出する。航空機ペアの便名、その状態の発生と終了の時刻、距離、位置などを検出する。

3.5 利用方法

本ツールのこれまでの利用方法を以下に示す。

- 航空交通流の解析
 - 航空管制リアルタイムシミュレーションのシナリオの検証および結果の解析
 - コンフリクト警報の発生状況の解析
- また、運用システムとのオンライン接続や解析の自動化など、本ツールの機能を向上することにより、想定される利用方法を以下に示す。これらはPDARSの利用例を参考にした。
- 航空路、飛行方式、空域などの設計

- RNAV（Area Navigation）経路上の航空機の航法精度解析
- 飛行制限空域内の飛行の監視
- 航空交通流の説明や訓練シナリオの作成などの航空管制官の教育訓練
- 管制機関の管理者による運用状況や航空交通流の管理
- 航空会社などの空域利用者による航空交通状況の認識の支援
- 空港周辺住民への航空交通状況の説明の支援
- ターミナル管制機関と航空路管制機関など管制機関間の調整業務の支援
- 航跡の追跡による捜索救難の支援

3.6 今後の機能拡張

今後予定している機能拡張項目を以下に示す。

- 自動的に解析できる指標の追加
- 検出する飛行イベントの追加
- 表示操作性の向上
- 3次元表示機能の追加
- シミュレーション機能の追加

4. まとめ

ATM パフォーマンスに関する諸外国の動向、試作したツールの設計方針、機能、今後の機能拡張案を紹介した。今後、自動的に解析できる指標を追加し、視認しやすい表示形態を検討したい。また、シミュレーション機能を追加し、新たな管制方式や空域設計などのツールとしても、活用したいと考えている。

謝辞

レーダデータの収集にご協力を頂きました札幌航空交通管制部、東京航空交通管制部、福岡航空交通管制部の関係各位に感謝致します。

参考文献

- [1] ICAO : Report of Committee A to the Conference on Agenda Item 3, Sept. 2003
(www.icao.int/icao/en/anb/meetings/anconf11/documentation/anconf11_wp203_en.pdf)
- [2] 米国連邦政府 : Government Performance Results Act of 1993, 1993

(www.whitehouse.gov/omb/mgmt-gpra/gplaw2m.html)

- [3] 米国運輸省 : Department of Transportation Strategic Plan 2003–2008, Sept. 2003

(www.dot.gov/stratplan2008/strategic_plan.htm)

- [4] 米国運輸省 : Department of Transportation's (DOT) fiscal year 2004 Performance Plan, Feb. 2003

(www.dot.gov/PerfPlan2004/index.html)

- [5] 米国運輸省 : 2005 Performance and Accountability Report, Nov. 2005

(www.dot.gov/perfacc2005/toc.htm)

- [6] FAA : 2006–2010 Flight Plan

(www.faa.gov/about/plans_reports/media/flight_plan_2006.pdf)

- [7] FAA : Performance and Accountability Reports

(www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/aba/offices/financial_management/performance_accountability/media/2005_PAR.pdf)

- [8] FAA Operations & Performance Data

(www.apo.data.faa.gov)

- [9] Braven and Schade : Concept and Operation of the Performance Data Analysis and Reporting System, Sept. 2003

(pdars.arc.nasa.gov/publications/2003-01-2976v002_PDARS.pdf)

- [10] ユーロコントロール Performance Review Commission : Performance Review Report 2004, April 2005

(www.eurocontrol.int/prc/gallery/content/public/Docs/prr8.pdf)

- [11] 欧州委員会 : European Commission, Mandate to Eurocontrol to assist the European Commission in the development of Implementing Rules on Performance Review, Sept. 2005

(www.eurocontrol.int/ses/gallery/content/public/docs/pdf/ses/eudocuments/Performance_Review_Mandate.pdf)