

1. 運航実績データによる遅延時間の解析手法の検討

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、経済性そして効率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、航空交通管制や空域管理、航空交通流管理など航空機の運航に関わる各機能を実施する [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 の機能は実施される。

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 では性能向上などにより対応を行ってきた。今後も航空増大が予想されるため、ATM の性能（以下、ATM パフォーマンス）は継続した向上が必要とされる。ATM パフォーマンスの向上には、その継続した評価の実施および評価のフィードバックが重要である。ATM は多数の目的遂行を要求されるために、ATM パフォーマンスの評価は多角的な項目に基づく必要がある。多角的な項目に基づいた評価の継続的な実施により経年変動の傾向の把握や、特に向上が必要とされる項目の特定が可能となる。また、各パフォーマンス項目値の要因分析の実施により、その項目値の向上のための施策の指針が取得できる。

本稿では ATM パフォーマンスの評価項目の中でも特に重要な項目の一つであると考えられる遅延時間について運用実績データに基づいた解析手法の検討結果を述べるとともに、解析結果の一例を示す。

2. 諸外国の動向

2.1 ATM パフォーマンスの評価分野

諸外国においては ATM パフォーマンス評価項目の検討や、運用実績データベースの構築、そしてデータベースに基づく各評価項目値の算出が進められているところであり、我が国においても ATM パフォーマンスの検討が始められている。

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安全性（Safety）、セキュリティ（Security）、環境性（Environment）、パフォーマンスの成功因子として不可欠な ATM ユーザの公平性（Access and Equity）、ユーザの参加（Participation by the ATM Community）、相互運用性（Interoperability）、そして運用上のパフォーマンスを対象とした費用対効果（Cost Effectiveness）、容量（Capacity）、効率性（Efficiency）、柔軟性（Flexibility）、予測性（Predictability）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。

2.2 遅延時間

本項では遅延時間を「予定所要時間と運航における実績時間の差」と定義する。運航においては、空域の混雑などにより所要時間が予定値より長くなる場合が生じ得る。

KPA の 1つである予測性は遅延時間のばらつきの低減を意味する。遅延時間の大きなばらつきは利用者の利便性や航空交通流の運用に支障を来すため、遅延時間のばらつきは小さいことが好ましい。また、遅延時間は効率性にも密接に関連する。出発空港でのゲート出発から目的空港のゲート到着までの運航のそれぞれの局面で、様々な理由により遅延は発生する可能性がある。

諸外国においては運用実績データに基づいた遅延時間の解析が継続的に行われている。Eurocontrol Central Office for Delay Analysis (CODA) は欧州の各空港を運航する航空機を対象としてスケジュール時刻を基準とした遅延時間や、その分析結果を定期的に公表している。CODA の分析では遅延時間の経年変化や路線毎の遅延時間の比較、遅延要因の分類が行われている [2]。また、米国では OPSNET などの分析ツールが開発され、15 分間以上の遅延が発生した航空機を対象とした遅延機数の集計結果が公表されている [3]。我が国においても、ATM 関係者間での共通した認識に基づく遅延時間の評価手法を検討する必要がある。

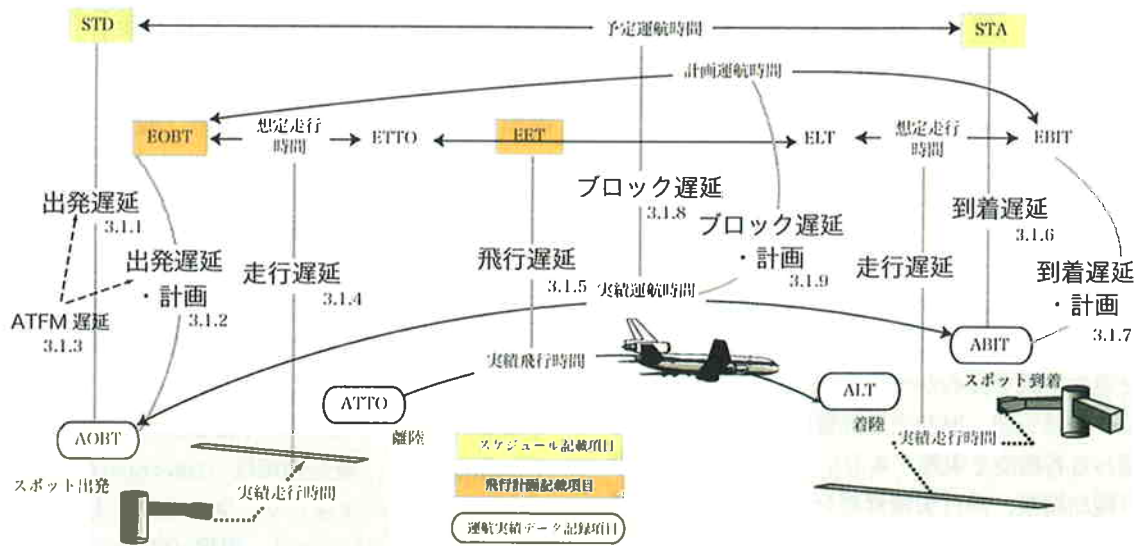


図 1 遅延時間の分類

3. 遅延時間の解析

3.1 遅延時間の分類

我が国の ATM パフォーマンスの評価項目の1つとして遅延時間の解析手法を検討した。遅延を運航中の発生局面により分類するために、図1のように遅延項目を定義した。

航空機の運航に際しては飛行予定の航空官署への通報を目的として飛行計画が提出され、その内容は飛行情報管理システムに集約される。各種の予定時刻を公示スケジュールおよび、飛行情報管理システムの運航ログから取得した。また、航空機の運航中の各イベントの実績時刻は飛行情報管理システムやスポット総合調整システムの運航ログから取得した。

以下に分類した各項目の内容や計算方法を示す。なお、各項目の遅延時間の要因には ATM に関連した項目に加えて、悪天候や運航者固有の原因によるものも存在する。

3.1.1 出発遅延

出発遅延は、スポット出発時に発生する遅延に対応する。スポット出発実績時刻 (Actual Off Block Time : AOBT) から航空会社により公示されている予定出発時刻 (Scheduled Time of Departure : STD) を減じた値を出発遅延時間と定義した。

ATM に関連した出発遅延の要因としては、空港面の設計、誘導路やエプロンの混雑、同一経路を使用する出発機の集中や ATFM 遅延 (3.1.3 参照) などがある。

3.1.2 出発遅延・計画

飛行計画に記載される計画出発時刻 (Estimated Off-Block Time : EOBT) は予定出発時刻 (STD) と等価であるが、機材故障などにより長時間の出発遅延が発生する場合には EOBT は STD よりも遅い時刻に更新される。スポット出発実績時刻 (AOBT) から EOBT を減じた値を出発遅延・計画の時間と定義した。

出発遅延・計画は予定出発時刻 (STD) から大きな遅延が発生した航空機を対象に含まないものとなる。

3.1.3 ATFM 遅延

出発遅延の ATM が関連した要因の一つとして ATFM 遅延がある。様々な理由により発生する特定の空域や空港への過度な航空機の集中の回避を目的として実施される航空交通流管理 (Air Traffic Flow Management : ATFM) では交通流を調整する。この結果として、スポット出発実績時刻 (AOBT) が遅れる場合がある。ATFM 遅延は、この遅延に対応する。ATFM 遅延時間は管理実施後の離陸時刻を対象とした出発制御時刻 (Expected Departure Clearance Time : EDCT) から計画離陸時刻 (Estimated Time of Take-Off : ETTO) を減じた値と定義した。ETTO は計画出発時刻 (EOBT) に出発空港の想定走行時間 (3.1.4 参照) を加えた時刻である。

3.1.4 走行遅延

滑走路離陸実績時刻 (Actual Time of Take-Off : ATTO) とスポット出発実績時刻 (AOBT) の差を

出発空港面の実績走行時間とした。離脱スポットと出発滑走路の組み合わせにより走行時間は想定可能であるため、実績走行時間から、この想定時間を減じた値を出発機の走行遅延時間と定義した。

同様に、目的空港のスポット到着実績時刻（Actual Block In Time：ABIT）と滑走路到達実績時刻（Actual Landing Time：ALT）の差を到着機の実績走行時間とした。そして、この実績走行時間から、到着スポットと到着滑走路番号の組み合わせによる想定走行時間を減じた値を到着機の走行遅延時間と定義した。

ATMに関連した走行遅延の要因としては、空港面の設計、誘導路や出発滑走路の混雑、到着スポットの混雑などがある。

3.1.5 飛行遅延

滑走路到達実績時刻（Actual Landing Time：ALT）と滑走路離陸実績時刻（ATTO）の差を飛行時間の実績値とし、この実績値から、飛行計画に記載された運航者による計画飛行時間（Estimated Elapsed Time：EET）を減じた値を飛行遅延時間と定義した。ATMに関連した飛行遅延の要因としては空域の混雑などがある。なお、飛行遅延は通過セクタや飛行局面（上昇中・巡航中・降下中）などにより、さらなる分類が可能である。

3.1.6 到着遅延

スポット到着実績時刻（ABIT）から航空会社により公示されている予定到着時刻（Scheduled Time of Arrival：STA）を減じた値を到着遅延時間と定義する。

3.1.7 到着遅延・計画

計画離陸時刻（ETTO）に予定飛行時間（EET）を加えた値は、滑走路到達計画時刻（Estimated Landing Time：ELT）に相当し、これに目的空港の走行想定時間を加えた時刻はスポット到着計画時刻（Estimated Block In Time：EBIT）に相当する。スポット到着実績時刻（ABIT）からEBITを減じた値を到着遅延・計画の時間と定義する。

過去の実績値の平均などにより算定される予定到着時刻（STA）は一定期間継続的に使用されるために各日の気象状態などの考慮が困難なのに対して、飛行計画に記載されたEETは当日の気象などがある程度考慮された値と考えられるため、到着遅延・計画では気象などの影響による遅延がある程度低減さ

表 1 各路線の便数

	8月 (7日間)	11月 (6日間)
RJCC→RJTT	336	269
RJTT→RJCC	280	211
RJFF→RJTT	266	217
RJTT→RJFF	238	204

れることが想定される。

3.1.8 ブロック遅延

スポット到着実績時刻（ABIT）とスポット出発実績時刻（AOBT）の差は航空機の運航所要時間（ブロックタイム）の実績値を意味する。一方で、予定到着時刻（STA）と予定出発時刻（STD）の差は、運航者によるブロックタイムの予定値（予定運航時間）である。ブロックタイムの実績値から予定値を減じた値をブロック遅延時間と定義した。

3.1.9 ブロック遅延・計画

スポット到着計画時刻（EBIT）と計画出発時刻（EOBT）の差は飛行計画に記載されたブロックタイムの計画値（計画運航時間）と考えられる。ブロックタイムの実績値（3.1.8参照）から、この計画値を減じた値をブロック遅延・計画の時間と定義した。到着遅延・計画と同様に、ブロック遅延・計画では気象などの影響による遅延がある程度低減されることが想定される。

3.2 ブロック遅延の解析結果

3.1で示した各項目の遅延時間の解析方法を実運用データに適用した。本稿では例として、各種の予定時刻の中で特に公示性が高いと考えるSTD、STAからの遅延時間の項目である出発遅延、ブロック遅延および到着遅延の解析結果を示す。図1に示されるように到着遅延時間は出発遅延時間とブロック遅延時間の和に等しくなる。

日本国内の路線の中でも特に便数が多い東京国際（羽田）空港（RJTT）と新千歳空港（RJCC）間、および羽田空港と福岡空港（RJFF）間を往復する合計4本の路線を解析の対象とした。2006年8月の7日間、11月の6日間に各路線を使用した航空機の中、必要な予定・実績時刻が取得できた航空機を対象として遅延時間の日毎・月毎の平均値を計算した。表1に路線毎の計算対象便数を示す。

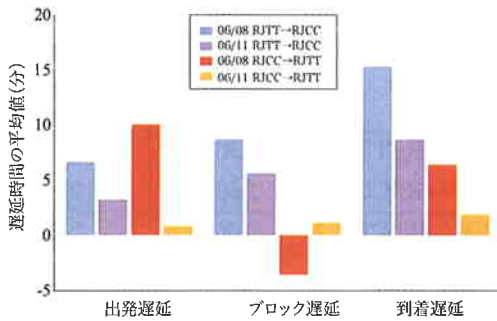


図2 遅延時間の平均（羽田・新千歳空港）

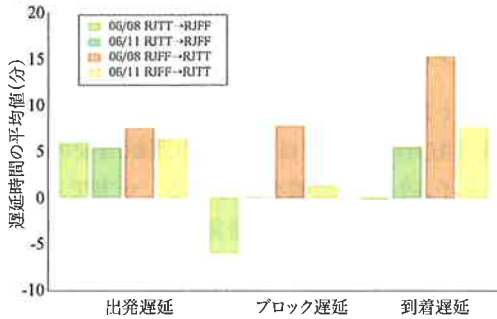


図3 遅延時間の平均（羽田・福岡空港）

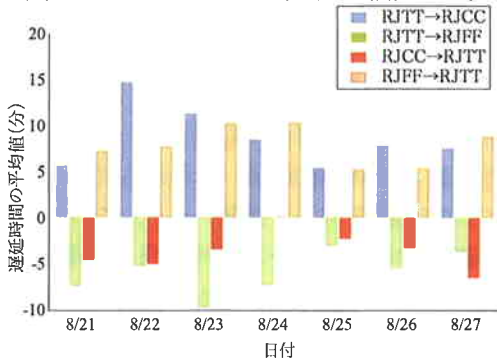


図4 各日のブロック遅延時間の平均値（8月）

図2、図3に各遅延時間項目の月平均値を路線毎に示す。8月のRJCC→RJTT路線や、同月のRJTT→RJFF路線ではブロック遅延時間が負の値となるが出発遅延時間が大きいため、到着遅延時間は正の値となる。

8月のRJTT→RJCC路線とRJFF→RJTT路線の到着遅延時間は15分間を超過する。これらの長時間の到着遅延には出発遅延とブロック遅延の両者が影響を与えたことが図2、図3により示される。

運航者固有の原因や天候により出発遅延が生じる場合も考えられるため、詳細な出発遅延の検討には、これらの事項による遅延を特定して遅延時間計算の対象外とする必要がある。

特に路線によるばらつきが大きい8月のブロック遅延時間について、日平均値の推移を検討した（図

4）。図では、路線毎の日平均は、ある程度一定の範囲内の値となることが示される一方で、同一路線においても日によるばらつきが大きいことも示される。路線あるいは日によるブロック遅延のばらつきの詳細な検討には、走行遅延や飛行遅延など遅延発生箇所のカテゴリなどが必要である。

出発遅延、ブロック遅延を月により比較するとRJCC→RJTT路線およびRJTT→RJFF路線のブロック遅延を除いて11月は8月よりも小さい平均値を示すが、季節変動の検討には、より多くの期間を対象としたデータを解析する必要がある。

4. おわりに

ATMパフォーマンスの評価項目の一つである遅延時間の運用実績データに基づいた解析手法の検討を行い、遅延時間の項目を分類した結果を示した。また、運用実績データへの適用の一例として出発遅延、ブロック遅延そして到着遅延の解析結果を示した。解析結果からは出発遅延とブロック遅延の両者の影響を到着遅延は受けることや、日や路線による遅延時間のばらつきが大きいことが示された。今後、遅延発生箇所のカテゴリなどにより、ばらつきの要因の検討を行う予定である。

また、各種の予定・実績データを収集して運航データ・ベースを構築し、各項目について継続的に遅延時間の解析を行うことで、経年変動の傾向や季節変動などについても検討を行う。

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] Central Office for Delay Analysis. Digest - Annual 2006 Delays to Air Transport in Europe. Eurocontrol.
- [3] Federal Aviation Administration. 2003 Aviation Capacity Enhancement Plan. 2003.