

Airline における Fleet Simulation とその適用例

粥川 浩平

Airline のORモデルの一例として、機材計画および整備計画に使われている Fleet Simulation Model を紹介する。

このモデルの原型はボーイング社の“B-747 Fleet Simulation Model”だが、路線構成など内容がJALの実態にあわず、また使用言語がGPSSで計算時間がかかるため、1973年にJALでFORTRANプログラムをつくり、さらに今年1977年5月にプランニング・プロセスに適合させるための大幅な改定を行なって現在にいたっている。

1. Fleet Simulation の背景

Airline の事業計画上不可欠な将来の Fleet Size (航空機の数) の算定では、各種定期便に使用される航空機の1日あたりののべ機数と必要な整備に拘束される航空機の数の推定が Base になる。

航空機が定期便に使用される時間はタイムテーブルが標準になるが、出発時の乗客搭乗遅延や巡航時のジェット気流の影響および着陸待ちホールディングなど多くの要因による変動が避けられない。

また整備についてもたとえばB-747を例にとると20数万 item, 約300万点の部品から構成されるため修理や取替えの対象となる部分とその範囲は毎回異なり、航空機を完全な状態にするための毎回の整備に要する時間はその都度変動する。

このためある便の出発時刻になっても予定した航空機が、前の便の東京到着遅れあるいは多くの時間を要する整備のため使用できないケースが現実にはしばしばある。このような不確定性に対し定期航空会社としての定時性を維持するためには、他の航空機で当該便を代替できるような Fleet Size 上の余裕が必要である。

しかし航空機は高額なので少ない頻度の代替のために機材を確保するわけにはいか

ない。

この問題は、本質的には図1のグラフに示すように定時性維持と資本支出の抑制という2つの目的関数の間の Trade-Off の問題である。

実際上は、JAL では安全性の確保を大前提として、さらに定時性に関して一定の基準を設けており、積上げ計算により算定される Fleet Size ± 1 機程度の範囲で検討が行なわれる。

2. シミュレーション・モデルについて

Fleet Simulation は FORTRAN で約2,000ステップのバッチ・プログラムであり、図2はその概要を示す。

- (1) シミュレーションの条件/範囲は以下のとおり。
- 1回の計算の対象は1機種まで(例B-747)
- 運航ダイヤはシミュレーション期間中一定
- シミュレーションであつかう整備は毎日の運航に関係する運航整備まで。(JALでは、つぎの3つのレベルの整備を運航整備と称している。T-ck: 毎回の飛行前に

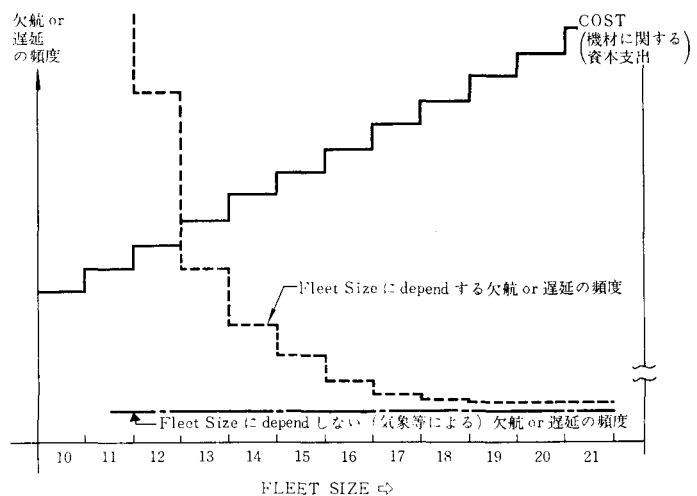


図1 機材費用と定時性の Trade-Off

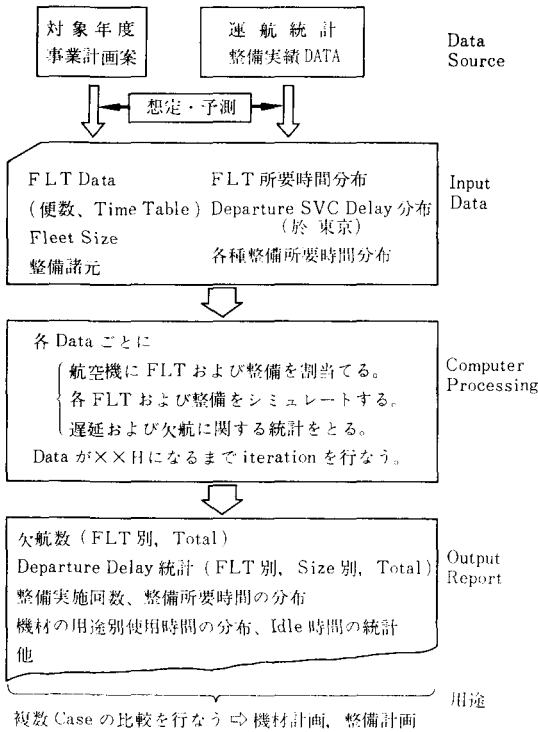


図 2 Fleet Simulation Model の概要

必要な整備。A-ck/B-ck : 150/600 飛行時間以内に行なう整備。)

—シミュレーションであつかう定期便の単位は、Main Base の東京出発から東京到着まで。(以後これをフライトとよび FLT と記す。)

—FLT に対する航空機の割当は東京でのみ行なう。
—各 FLT にはこれ以上遅延が予想される場合は欠航するという限界時間を設定する。

(2) シミュレーションであつかう不確実性は、過去の統計にもとづく確率分布を用いて累積確率密度関数にコンピュータの一樣乱数をあてはめる GPSS 方式で発生させる。

不確実性の対象としては、

—各種 FLT ごとの所要時間の分布 (東京以外の途中の各空港の発着遅延なども含まれている。)

—各 FLT が出発する際の乗客搭乗待ちや離陸待ちなど東京国際空港における Departure Delay の分布

—整備の各段階ごとの所要時間の分布

などがある。

(3) このシミュレーション・ロジックのポイントは現実に行なわれている Routing (機材ぐり) に対応する部分である。

ある日に出発する FLT が m 便、その日までに整備を

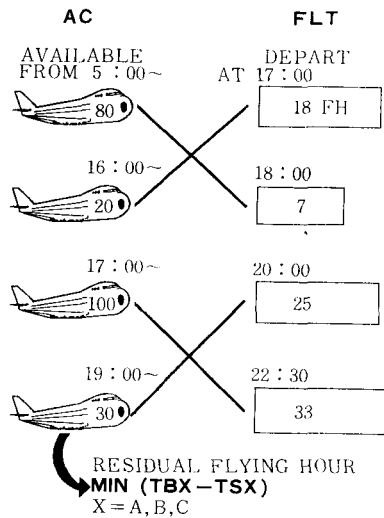


図 3 Routing 割当の一例

終わって Available になっている航空機が n 機あったとしよう。(図 3)

われわれの問題はすべての FLT に航空機を割当てることであり、それが不可能の場合は遅延や欠航を最小にすることである。

ここで割当上の制約条件は以下で与えられる。

A. 航空機が Available になる時刻は当該 FLT の出発時刻より早いこと。

B. 航空機のつぎの整備までの残り時間 (各種整備のうち最小のもの) は当該 FLT の総飛行時間より大きいこと。

C. 特定 FLT (例、東京—サンフランシスコ直行便) には特定タイプの航空機 (例、航続距離の長い B-747-200 シリーズ) しか割当てられない。

この問題は m 人の男性、 n 人の女性の間に制約条件をもつダンスパーティでカップル数を最大にする、いわゆる Matching Problem に相当する。

シミュレーションでは date を進めるごとにこの問題を解いていくわけであるが、現在のプログラムではつぎのような簡単なロジックを用いている。

X. その日出発する FLT のうち総飛行時間が最大のものから順に FLT を選ぶ。

Y. 選ばれた FLT に対し上記制約条件を満たす航空機 (複数あれば) のうち Available になった時刻のもっとも遅いものを選ぶ。

また制約条件 C に対しては機材の制約をもつ特定 FLT を他より優先させる。

このロジックは LIFO の一種であり、航空機の Idle 時間は大きくまとめられるので、整備や臨時便、訓練な

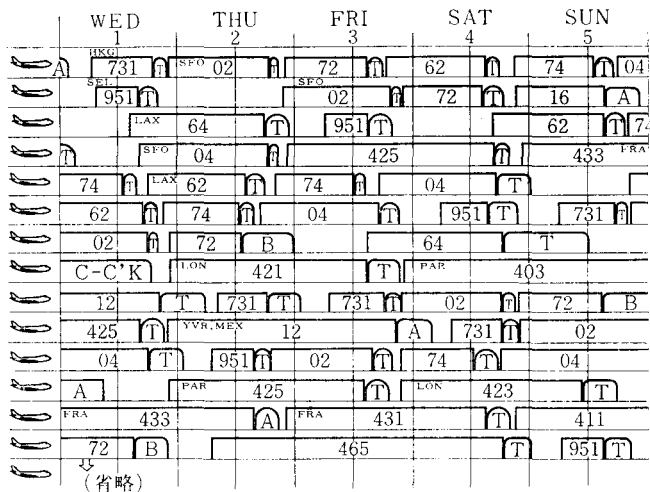


図4 シミュレーションによる Routing 結果

どに航空機を引当てるチャンスを与え実際の解をもたらす。

さらにX, Y, というロジックは上記A, B, という論理構造をもつ制約条件のもとでは、われわれの Matching Problem に対する Optimal Solution を与えることがわかっている(証明は省略する)。

(4) 航空機に整備を割当ててゆくプロセスやある程度の遅延を容認したうえでの FLT への航空機の再割当などには heuristic なロジックを用いているが説明は省略する。

(5) シミュレーション期間は可変であるが, FLT の欠航数や遅延の大きさ別の頻度について比較するうえで, 統計的な有意差を求めため700日(100週間)分のランを行なっている(さらに必要な場合は数 case の差をとっている)。ここで, 1case の所要時間は IBM 370/158 で1分程度である。

シミュレーションの5日分のプロセスをプロットした結果を図4に示す。図中 FLT は矩形であらわし, 数字は便名をあらわす。また各 FLT の後の一印は東京帰着後実施される整備とその種別をあらわしている。また長さは乱数の結果による所要時間に比例させている。

3. シミュレーションの用途と適用例

このモデルは現在のところおもに国際線用の B-747に使用されている。これは国際線は昼間運航して夜は整備というような定形的なパターンと異なり機材ぐりが複雑なことで JAL における Fleet Size がある程度大きく, 人手での判定がむずかしいためである。

このモデルは現在2つの用途に用いられている。

A. 1つは毎年行なわれる次年度以降の機材計画の立

案に際し, 当該計画の実行性の検証である。

毎年計画の季節には, 対象年度ごとにデータセットを用意し, Fleet Size の増減, 特定 FLT の有無あるいは整備上の諸元などの variation により10case 以上のシミュレーションを実施している。

B. もう1つは, 上記の実行性を高めると想定される各種代替的施策の数量的評価である。

最近の例では整備時間限界の変更および整備各段階の統合再編成という方策について, なんらかの改善がもたらされるか否かの比較評価を行なった。改善効果の評価尺度としては, 定時性(年間の欠航頻度, 遅延の大きさ別頻度), 機材稼働率, 各段階の整備の実施回数(→整備コスト)などが用いられている。

他の例としては将来購入の対象となる機材のある仕様を現有機と異なるものにして特定路線に限定運用する方法について, 機材融通上の限定運用の影響に対する数量的評価や欠航頻度の推定等に, このシミュレーションを使用した。

4. シミュレーションの限界と必要性について

OR による Solution は仮りにそれが最適解であっても現実のプランニングに適合しなければ実際上の Solution とはなり得ない。

しかし現実の計画プロセスには時間的な制約があり入手できるデータも常に完全なものではない。

その意味ではこのモデルも現在なお若干の精度に関し割切りが必要である。

またこのモデルの与える定時性や整備回数などは機材計画や整備計画の指向する重要な一面にすぎない。(他のシミュレーションを含め各種計画アプローチの結果をどのように整合し計画立案の体系化をはかるかが現在われわれがかかえている問題である。)

以上のような限界はあっても Fleet Simulation Model は, 事業計画上の Trial and Error の許されぬ定期航空会社において有効かつ手ごろな実験装置であることに変わりはない。

(かゆかわ・こうへい 日本航空(株)整備部整備システム開発課)