

## 文献抄録

**Blanksma, H. J.**, "Manpower for Passenger Handling," 13th AGIFORS Symposium(1973).

〔航空／統計解析／待行列〕

KLM 航空によるこの論文は、アムステルダムのスキポール空港カウンターの所要人員の見積りを扱っている。

〈搭乗客の到着数分布の推定〉(1)到着時刻をパンチしたカードを搭乗客に手渡し、これを各便の出発ゲートで回収することにより各便別に到着時刻の観測を行なった。(2)搭乗客の実情を考察すると、搭乗客は離陸時刻の40分前というようなカウンターへの到着予定を各人ごとに持っているが、個人的な都合や交通事情などにより予定時刻との差異が生ずる。客の数が多く到着時刻は互いに独立であると仮定すれば、正規分布が想定できる。

しかし、免税売店で買物をしたり人と会ったりするための extra time については、少数の者は空港に不慣れなどで大きく見込む一方、ビジネス客など多くはほとんど extra time をとらないというパターンは指数分布があてはまるだろう。(3)搭乗客のカウンター到着時刻と離陸予定時刻との差  $x$  の確率密度関数  $f(x)$  を

$$f(x) = \frac{\lambda \exp(-\lambda x)}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp[\lambda y - (y-\mu)^2/2\sigma^2] dy$$

とおくと、この分布は  $\mu, \sigma, \lambda$  というパラメータを持つ。

ここで  $x = y + z$ ,

$$p(y) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} [\exp\{-(y-\mu)^2/2\sigma^2\}],$$

$$g(z) = \lambda \exp(-\lambda z)$$

(4)この分布は観測データをプロットして比較するとよくあてはまる。また各パラメータについては、 $\mu$ …遠距離便ほど大きく、目的地が欧州内で44分、欧州外では64分。 $\sigma$ …平均17分、各便には無関係、 $\lambda$ …ビジネス客の多い早朝便は小さく～9:00 12.5分、11～12:00 29.5分、13:00以降39分などとなった。

〈カウンターにおける待行列〉

1) 特定の便の搭乗客数は、time table 上の航空機の座席数とロードファクター（出発時間帯、経験

的データからの推定値）との積として求めた。ただし乗継客はスキポール空港の構造上チェックインの対象とならないので除かれる。

2) カウンターにおける乗客1人当りサービス時間は指数分布を仮定した。実測による平均値は行先により異なり、欧州内1.24分、北米1.48分、アジア/南米2.09分などとなった。

3) カウンターサービスの標準は7分以上待つ客を10%以上とし、3分以上の場合を高水準、15分以上を低水準とする。

各水準に対応するカウンター必要要員数を上記データを使用して待行列により計算した。結果をdaily時間帯分布としてプロットしたが、低水準と高水準のサービスによる要員の差はわずか1～2人であった。

このほか、ファーストクラスや他社便カウンター共用に伴うmanpowerの問題および、gate check-inの有効性など詳細な問題についてもそれぞれ若干の解析がなされている。

(瀬川浩平)

**Evans, William B.**, "Computer Modeling of Airline Passenger Revenue," 13th AGIFORS Symposium (1973).

〔航空／需要予測／応用〕

この Eastern Airline の論文は、航空会社の需要予測の用途を短期の operational planning と長期の strategic planning の二つに分けて、手法と結果を紹介している。

〈短期予測〉最初に実施の際直面する data availability の問題と限られたデータを連続な時系列の数列に smooth and track する問題を取りあげ、第一の問題では、航空会社で行なっているデータ・サンプリングは多くの場合結果的に十分でないとし、第二の問題に対して *Operational Research Quarterly* 誌(1967)の Trigg and Leach "Exponential Smoothing with Adaptive Response Rate" の手法を紹介している。少数のデータで良い近似の得られた結果がグラフで示されている。

短期収入予測については、各都市 OD ごとの収

入予測を行なうシミュレーションモデル (GPSS) の要旨が説明されている。モデルの目的は、全 OD 収入の分布を求めることおよび総収入に最も影響を与える変数は何かを調べることにある。各 OD の乗客需要は供給座席数、離陸時刻に依存するロードファクター first と coach クラスの比率および運賃弾力性の仮定条件などから計算される。

計算の結果、二つのピークを持つ総収入分布が得られ、また最も影響を与える変数は first と coach クラスの比率であることがわかった。

〈長期予測〉 時系列のデータを trend, seasonal などに分解したのち、trend については、国民総生産 (成長率の指標として)、時期をずらした税引後企業利益 (ビジネス旅客) および個人所得 (観光旅行) を説明変数とする重回帰分析を行なっている。

最後にエコノミックモデルの検証、すなわち予測能力の評価という問題をとりあげ、自己相関関数により時系列誤差の傾向を求めている。

time lag = K の自己相関関数  $\rho$  を

$$\rho = \frac{\phi[K]}{\phi[0]},$$

$$\phi[K] = (N - K + 1)^{-1} \sum_{i=0}^{N-K} \varepsilon_i(t) \varepsilon_i(t + K)$$

として与える。

この関数の値を航空会社収入予測の既知の誤差から計算し、グラフにプロットした結果、予測に使用されたモデルは seasonal の要因が under estimate であったこと、およびカーブが右下がりであることから、各予測の間に相関がある (すなわち前年の optimistic forecast が翌年の pessimistic forecast を引き出す傾向がある) ことがわかる。

(粥川浩平)

**Franke, Peter**, "Analysis and Improvement of Schedule Punctuality," 13th AGIFORS Symposium (1973).

〔航空/数理計画/応用〕

Deutsche Lufthansa (LH) 航空の OR グループ "Die Analyse der Zuverlässigkeit von Flugplänen" によるレポート。

航空会社の運航スケジュール上の遅延は空港混雑などによる直接的な場合 (Type C) と、Type C 遅延の結果間接的に生ずる接続便の遅延 (Type B)、および遅延した航空機を使用する次の Leg の遅れ (Type A) とに分類できる。この論文では出発時刻

の遅延原因を上記カッコ内の Type A, B, C として定義したのち以下を報告している。

1. LH 航空の運航データに対する統計解析

(1) flight time, taxi time, block time の分布は、統計的検定の結果、対数正規分布で近似できることが判明した。

(2) block time の予測に際し、block time の対数値の平均  $\alpha$ 、標準偏差  $\beta$  の間に経験式

$$\beta = \frac{\alpha - \log \xi_{.05}}{1.645}, \quad \xi_{.05} = 16.95 + 0.1235 e$$

が得られた。ここで  $e$  は区間距離 (単位、AN M) である。

2. 任意の運航スケジュールに対し、経験的な Type C 遅延データの結果 Type A, B 遅延がどの程度生ずるかを、経験式を用いて計算するプログラムを開発した。500 Leg, 95 機分のスケジュールに IBM 360/65 で CPU 約 10 分を要する。

3. スケジュール改善モデルの開発例

(1) LP によるアプローチ、各便の接続関係、地上滞留時間などによる制約条件の下で、Type A, B による出発時刻のずれの合計を目的関数とする LP プログラムを開発した。シンプレックス法で容易に解けるが退化する場合がある。

(2) ヒューリスティックアプローチ、任意のスケジュールを複数のバネから構成される力学系と考えると、Type A, B 遅延はバネ間で伝達される力に伴う変位に相当する。最初の極端な実行可能解から出発して、全体のエネルギーをへらしていく iteration により、平衡状態として解くプログラムを開発した。1 ないし 3 分の iteration による誤差は実用上さしつかえなく、LP モデルにくらべこの方法はより柔軟性がある。(粥川浩平)

**Williamson, Willam G.**, "Operations Research in the Airline Industry. Past, Present and Future," 13th AGIFORS Symposium (1973), 250-262.

〔航空/概説的〕

はじめに United Airline の 1973 年の費用配分計画 (人件費 48%, 燃料 11%, 航空機の償却 10% など) を示し、各費用項目に沿って航空会社の OR を解説している。

1) administration においては、従来需要予測、費用や利益の分析などに努力が払われた。現在マネ

ジメントは情報過多の結果、情報を有効に利用できない傾向がある。今後の OR の課題は情報のニーズは何かを見いだすことにある。

2) 乗員の養成計画、配置計画などは古くからの OR 適用分野である。ただし ILP は、小規模の問題を除いて実用的ではない。

3) 人件費の各項目について眺めると、営業形態の改善、宣伝努力の配分、予約サービスレベルの決定および発券業務などに今後 OR の適用が考えられる。

4) 燃料の問題は航空会社間のスケジュール調整会議でも大きくとりあげられているが、燃料節約の要請は将来ますます肝要となるだろう。

5) 与えられた仕事量あたり使用機材数の最小化をはかる面で、過去に OR グループはなんらかの貢献をしているが、航空機価格の上昇により今後使

用効率のいっそうの改善が要請される。

〈将来展望〉世界的なインフレーションによりコスト上昇は避けられない一方、航空運賃はコストと同じペースで増額されないという歴史的事実に鑑み、過去におけると同様の利益圧迫が今後も続くであろう。

したがって今後は、各航空会社および関係主管庁が協力して過大な capacity を制御することが必要であり、また一方では宣伝のシステム化など、需要を喚起する分野における OR の適用が考えられなければならない。(粥川浩平)

〔注〕 AGIFORS は、Airline Group of International Federation of Operations Research Society の略であり、各国航空会社が OR を行なう組織。毎年1回シンポジウムを開催する。