

旅客のチケット予約行動を考慮した最適座席数供給問題に関する研究*

Optimal Seat Control Policy with concerning the Passengers' Behavior on Ticket Reservation*

杉田孝**, 竹林幹雄***, 黒田勝彦****, 吉田純土*****

By Takashi SUGITA**, Mikio TAKEBAYASHI***, Katsuhiko KURODA**** and Jundo YOSHIDA*****

1. はじめに

政府の「均衡ある国土の発展」の方針の下, 日本全国に航空路線のネットワークが張り巡らされた。だが, 現状について言えば, 絶対的な航空需要が少ない多くの地方路線において赤字を計上している。

ここで, 地方住民にとって航空路線は一種の交通「インフラ」であり, 赤字路線とって簡単に廃止することは社会的に好ましくない。そこで, これらの赤字路線については, 一部の黒字路線の収益から経費を補てんすることや, 政府や自治体からの補助金を投入することにより維持されているという現状にある。しかし規制緩和により黒字路線における競争が激化し, さらに特定企業に対する支援政策が凍結されれば, 赤字路線は独自である程度の収益を確保しなければならなくなる。

一方, 航空路線を「商品」としてとらえた場合, 航空会社は, 各路線の旅客の需要に応じた配便計画を行い, 各便において利潤の最大化を目指す。各路線であげた利益は, そのまま航空会社の路線拡大およびサービス拡充に充てられ, その結果, 旅客は移動の選択肢が増えることにより, 移動目的に応じたより良い選択が可能となる。また, 政府にとっては路線の維持という航空行政上の課題を遂行することができる。すなわち, 航空会社の利潤最大化行動が, 結果的に旅客の効用最大化および社会厚生増大に

*Key Words: 空港計画, イールドマネジメント

**学生会員, 神戸大学大学院自然科学研究科建設学専攻
(神戸市灘区六甲台町1-1, TEL・FAX078-803-6268)

***正会員, 工博, 神戸大学工学部建設学科
(神戸市灘区六甲台町1-1, TEL・FAX078-803-6017)

****フェロー会員, 工博, 神戸大学工学部建設学科
(神戸市灘区六甲台町1-1, TEL・FAX078-803-6008)

*****正会員, 工修, 国土交通省中部地方整備局

つながると考えられる。

ここで, 路線の収益性を向上させるための手段の1つとして, イールドマネジメント^{1),2),3)}の考え方の応用が考えられる。イールドマネジメントとは, 正確な需要予測・最適な座席配分・適切な価格設定を通じて, 1便あたりの収益を最大化する手法のことである。ここでは, 同じサービス・グレードの座席に対し複数種のチケットが設定されているとき, 各便から得られる運賃収入を最大化するようなチケット配分を考える。また, 旅客の需要および予約・キャンセル行動には不確実性を伴うため, イールドマネジメントを行う際にはこの点を考慮しなければならない。

以上を踏まえて, 本研究では, 旅客の需要の不確実性を考慮した最適座席配分決定問題のモデル化を行い, さらに, 数値計算によりモデルの特性分析を行う。

2. 最適座席配分決定モデル

本研究では, 航空会社が各運賃クラスの最適販売期間, および各時点における総販売座席数を決定するためのモデルを構築する。

(1) モデル化の前提

本研究では, 旅客の需要および予約行動における不確実性による利潤減少のリスクを, 事前予約割引制度やオーバーブッキングによって補てんするというリスク管理の問題が含まれている。したがって, 図-1にあるように, イールドマネジメントとリスクマネジメントという2つの要素が本研究の枠組みを構成している。

各路線の航空需要は, 季節・曜日等の周期的な変動に加え, 景気・天候などの不確実な要因により大

大きく変動するため、不確実性が大きい。そのため、旅客の需要の不確実性が存在する限り、航空会社は常に“空席が多数生じる”リスクを負っている。

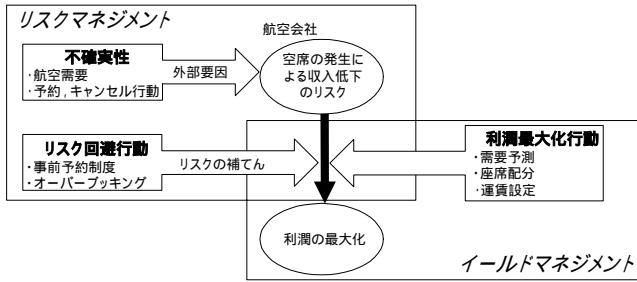


図 - 1 本研究の枠組み

旅客の予約行動についても、当該便の出発直前に予約の変更やキャンセルを行う可能性がある。仮に、需要の多い路線においてこのような事態が発生すれば、他の旅客に当該座席を販売することによって得られる運賃収入がそのまま損失となる。換言すれば航空会社は“本来輸送できる旅客を取りこぼす”リスクを負っていることにもなる。

ある便において空席が生じた場合、その限界費用はほぼゼロに等しいと考えられる。このため、航空会社は低い価格でも旅客を輸送すると考えられる。そこで航空会社は、正規運賃の他に割引運賃を設定することで、空席発生リスクを回避し、損失を防ごうとする。ただし、こうした複数の運賃を設定することにより、本来、正規運賃で利用する旅行者が割引運賃へ多数流出する恐れがある。これを防ぐために、割引運賃には事前予約に加えてキャンセルに関する制約が課される場合が多い。

また、旅客の予約キャンセル行動に対処する手段として、オーバーブッキングが考えられる。オーバーブッキングとは、当該便の機材容量以上の予約を受け付けることであり、予約のキャンセルによる空席発生および収入減少のリスクを補てんするものである。

(2) モデルの前提条件

(a) 主な条件

路線

- 単一路線の特定の便を対象とするため、ネットワークによる対象路線への影響は考えないものとする。

航空会社

- 当該便について I 種類の運賃クラスを設定しチケットの販売を行う。
- 各運賃クラスの販売期間の決定は、チケットの予約受付が開始される前に行われるものとする。
- チケットの販売は、時刻 $t=0$ から出発時刻 $t=T$ の間に行われるものとし、低額のチケットから高額のチケットへ順に予約を受け付けるものとする。
- 同一時刻において、同時に複数の運賃クラスの予約を受け付けないものとする。
- キャンセルについては、当該運賃クラスの販売期間内においてのみ受け付けるものとし、キャンセル料は徴収しないものとする。

旅客

- 低額チケットが販売されている期間内において高額チケットの予約を行わないものとする。
- CRS (Computer Reservation System) 等により予約を行うため、即座に予約状態の変化が航空会社および旅客双方に情報として伝達されるものとする。

機材容量、運賃

- 最適座席配分決定問題は短期的なものであるため、機材容量および各クラスの運賃はあらかじめ決められているものとし、外生的に与えることとする。

(b) 予約数の推移

モデル内での予約行動が以下のように定義される。予約受付開始時点 $t=0$ とし、当該便の出発時刻 (予約受付終了時) を $t=T$ とする。この予約受付期間を N 個の部分区間に分割し、時点 $\{t_0, t_1, \dots, t_N\}$ を設ける。このとき、 n 期 (期間 τ) におけるチケットの予約数は、 $n-1$ 期における予約数に依存するものとする。つまり、予約数の推移は図 - 2 のようなマルコフ過程⁴⁾に従うものとする。

(3) 定式化

以上の前提を踏まえて、次に本研究で提案するモデルの定式化を行う。

(a) 航空会社の行動

航空会社は、当該便において収益 R の最大化を

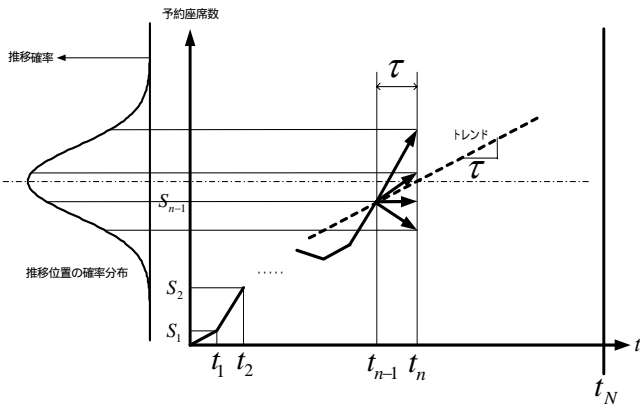


図 - 2 マルコフ過程による予約数の推移

目的としているものとする。収益の最大化は，出発予定便の座席販売から得られる期待運賃収入を最大化することにより達成される。ここでの期待運賃収入の操作変数は，各運賃クラスの販売期間である。よって，以下の目的関数，制約条件の下で各運賃クラスの最適販売期間，および各時点における総販売座席数の決定を行う。ここで，機材容量および各クラスの運賃は定数として与えられる。

$$R = \sum_i P_i \cdot S_i \rightarrow \max \quad (1)$$

$$s.t. \quad \sum_i S_i \leq C \quad (2)$$

$$\sum_i \gamma_i = T \quad (3)$$

ここで， P_i ：クラス i の運賃（円）（ただし， $P_1 > P_{1-1} > \dots > P_2 > P_1$ ）， γ_i ：クラス i の販売期間（日）， S_i ：クラス i の予約数（席）， C ：機材容量（席）， T ：総販売期間（日）であり，式(2)は予約受付終了時，すなわち出発時における制約条件とする。

(b) 旅客の予約行動

旅客のチケット購入は，当該時点までの予約数を考慮して行われるものと考えられる。出発日が近づくにつれて旅客は搭乗できなくなるリスクが上昇するため，座席を確保しようとする動機が高まり，予約を急いで行うと考えることとした。つまり予約数の増分は当該時点における予約数が多いほど，また出発日に近づくほど大きいと考えた。以上のことから，予約数の推移は，

当該期間における予約数 $s_i(t)$ が時点 $t-1$ の状態に依存するマルコフ過程に従うものと仮定する。

また，ある時点での予約実績 $s_i(t)$ は，確定的な要因と不確実な要因によって推移する。確定的な要因とは，運賃や当該区間の OD 交通量，当該便の出発時刻等のことであり，条件によってある一定のトレンドをもつ。また，不確実な要因とは，気候条件や旅客の予約およびキャンセル行動のことであり，ウィナー過程で表現されるものとする。

本研究では，予約数の推移が以下の式(4)を満たすものと考えた。

$$ds_i(t) = a(t)s_i(t)dt + bs_i(t)dB(t) \quad (4)$$

ここで， $a(t)$ ：時点 t におけるトレンド， b ：ボラティリティ， $s_i(t)$ ：時点 t における予約数， $B(t)$ ：ブラウン運動である。式(4)において，右辺第1項は確定的な変動であり，トレンド $a(t)$ で表現している。 $a(t)$ が大きいほど，当該時点における推移強度が大きくなる。第2項は不確実な変動であり，ブラウン運動にボラティリティ b を乗じた値で表現している。 b が大きいほど，予約数の分散は増大する。

ここで，トレンドは式(5)のように表すことにした。

$$a(t) = \alpha \cdot r + \beta \cdot \frac{t}{T} + \gamma \quad (5)$$

$$r = 1 - \frac{P_i}{P_1} \quad (6)$$

ここで， r ：割引率， α, β, γ ：パラメータである。式(5)において，右辺第1項は運賃，第2項は時刻，第3項は OD 需要によって変動するものとした。ただし，前日までの予約数 $s_i(t-1)$ が機材容量 C を超える場合，旅客はこれ以上予約を行わないと考えられるため， $a(t) = 0$ とする。

また，ボラティリティについては，モデルを確定するために可測可能であるとした。しかし，販売実績についてのデータの入手が困難であるために，本研究では値を仮設的に与え数値計算に用いることとする。

式(4)の確率微分方程式について，伊藤の公式を用いて解くことにより式(7)が得られ，ある時点までの予約実績を求めることができる。

$$s_i(\tau_i) = s_0^i \exp\left\{\int_0^{\tau_i} a(s)ds - \frac{b^2}{2}\tau_i + bB(\tau_i)\right\} \quad (7)$$

$$s_1(\tau_1 = 0) = s_0^1 = 1 \quad (8)$$

$$s_i(\tau_i = 0) = s_0^i = \sum_{j < i} S_j(\gamma_j) \quad (9)$$

$$S_i(\gamma_i) = s_i(\gamma_i) - s_0^i \quad (10)$$

$$s_i(\tau_i) > 0 \quad (11)$$

$$a(\tau_i), b > 0 \quad (12)$$

ここで、 τ_i : クラス*i* 予約開始時点からの経過時間 (日) , $s_i(\tau_i)$: クラス*i* 予約開始時点からの総予約数(席) , $B(\tau_i)$: ブラウン運動 であり、式(8)で初期条件を計算上 1 とおいているため、実際の予約数は、式(7)の値より 1 少なくなる。また、式(9)は初期条件、式(11)および式(12)はそれぞれ総予約数、トレンド、ボラティリティの非負条件である。

3 . おわりに

以上、本稿では旅客の需要の不確実性を考慮した最適座席配分決定問題の定式化を行い、モデル適用のための前提条件を述べた。数値計算の結果、およびオーバーブッキングを行った場合については講演時に説明する。

参考文献

- 1) 長谷川通 : エアライン・エコノミクス , 中央書院 , 1997 .
- 2) Peter P.Belobaba , John L.Wilson : Impacts of yield management in competitive airline markets , Journal of Air Transport Management Vol.3 , No.1 , pp.3-9 , 1997 .
- 3) Peter P.Belobaba : Airline Yield Management An Overview of Seat Inventory Control , Transportation Science Vol.21 , No.2 , pp.63-72 , 1999 .
- 4) Conrad J.Lautenbacher , Shaler Stidham,JR. : The Underlying Markov Decision Process in the Single-Leg Airline Yield-Management Problem , Transportation Science Vol.33 , No.2 , pp.136-146 , 1999 .