

航空機の座席管理について

2001MM077 佐藤 公俊

指導教員 澤木 勝茂

1 要約

映画館，レンタカー，船などの陳腐化商品から得られる収益をどのようにして最大化するのかという問題はどの産業においても重要な問題である．そこでこの論文では陳腐化商品の収益管理 (PARM - Perishable-Asset Revenue Management) 問題の特徴を価格決定やオーバーブッキングでよく知られる航空産業と組み合わせて調べる．

まず問題の定義とその問題を類別するために 15 の要素からなる広範囲な分類をあげる．そのあと分類から問題がどのような性質を持ちどのような解決方法が発表されているのかを調べる．問題は座席配分決定問題のモデル，オーバーブッキングモデル，客の料金クラス移動モデル，飛行ネットワーク全体を考えたモデル，2 料金クラスにおける最適料金決定モデルの順に調べ，それぞれモデルに対して数値例を挙げ，モデルの比較や解析を行う．

2 PARM 問題の定義

航空産業の収益管理の目的は適切な時間に適切な客のために適切な座席を売ることにより客からの利益を最大にすることである．そのために各料金クラスで最初にどれだけ座席を利用可能にしておくべきか?いつある料金クラスを閉鎖するまたは再び売り出すことで離陸時間までに空席を変えるべきか? という問題がある．このような問題を解決するモデルは他の陳腐化商品を扱う産業でも応用することができ利益をもたらしている．陳腐化商品とは利用できる日にちに制限があること，収容能力が固定されていること，価格に敏感な客と敏感でない客に分けることの 3 つの特徴をもつ商品である．

3 座席管理の基礎概念とモデルの分類

収益管理問題の分類は問題の性質を特徴づける 12 要素と決定者または特別な問題を計画する研究者によって与えられる 3 要素からなる．

4 各料金クラスにおける座席配分決定モデル

4.1 EMSRb

クラス b の期待座席限界収益 (EMSRb-Expected Marginal Seat Revenue) から座席数を決める．

・クラス 0 の場合

R_i = クラス i の料金．

X_i = クラス i の需要を表す確率変数．

π_i = クラス i のために保護される座席数．

S_i = クラス i で利用可能な座席数．

$\bar{P}r_i(S_i) = X_i \geq S_i$ である確率．

BL_i = クラス i の予約限度．

$$EMSR0(\pi_0) \equiv R_0 \cdot \bar{P}r_0(\pi_0) = R_1$$

$$BL_1 = \text{飛行機の総座席数} - \pi_0 = BL_0 - \pi_0$$

$$BL_0 = \text{飛行機の総座席数}.$$

・クラス n の場合

$$\bar{X}_{0,n} = \sum_{i=0}^n \bar{X}_i$$

$$\hat{\sigma}_{0,n} = \sqrt{\sum_{i=0}^n \hat{\sigma}_i^2}$$

$$R_{0,n} = \frac{\sum_{i=0}^n R_i \bar{X}_i}{\bar{X}_{0,n}}$$

$$EMSR_{0,n}(\pi_n) \equiv R_{0,n} \cdot \bar{P}r_{0,n}(\pi_n) = R_{n+1}$$

$$BL_{n+1} = \text{総座席数} - \pi_n$$

4.2 OBL(最適予約受け入れ限度)

$S_{n-1}(\cdot)$ = $n-1$ 番目に配分されたクラスについての期待収益関数の傾き．

B_i = クラス i の予約受け入れ限度．

$R_n(B_n)$ = n 番目の料金クラスにおける最大期待収益．

N_i = クラス i への保護レベル．

R_n = クラス n の料金．

$$\frac{dR_{n-1}(N_{n-1})}{dB_{n-1}} \equiv S_{n-1}(N_{n-1}) = R_n$$

多くの予約時点でのシミュレーションによって EMSRb と OBL は統計的に大きな違いもなく，期待収益 ($\pm 0.5\%$) の点においてとても近い結果となることが報告されている．

5 オーバーブッキングモデル

・1 料金クラスするとき

q_i = クラス i の受け入れ数．

$N(\eta)$ = η 人の予約から現れる乗客の数．

P_o = 搭乗を断った客へのペナルティー．

$$\eta^*(q_0) = \max \eta : \Pr\{N(\eta) \geq q_0\} \leq \frac{R_0}{R_0 + P_o}$$

・2 料金クラス以上するとき

[EMSR モデルを拡張したモデル]

OV_i = クラス i のためのオーバーブッキングレベル．

S_{ji} = クラス j からクラス i へ保護された座席の数．

$$S_{ji} : \frac{1}{OV_i} \cdot EMSR_i[S_{ji}] \equiv R_i \cdot \bar{P}r_i(S_{ji}) \cdot \frac{1}{OV_i} = R_j \cdot \frac{1}{OV_j}$$

6 料金クラスの移動に関する発見的方法モデル

・2料金クラスのと看

β_1 =次の乗客が割引席を買う客である確率.

p_0 =後の普通客のために $q_0 - q_1 - 1$ 席が残したままである確率.

次の不等式を満たす間、クラス1の予約を受け入れる.

$$\beta_1 \cdot p_0 \leq \frac{R_0 - R_1}{R_0}$$

・n料金クラスのと看

$SU_{n+1,n}$ =クラス n+1 から n へ買い替える確率.($SU_{n+1,n} = 1 - \beta_{n+1}$)

π_i =クラス i への保護数.

$$\bar{P}_n(\pi_n) = \frac{R_{n+1} - R_{0,n} \cdot SU_{n+1,n}}{R_{0,n} \cdot (1 - SU_{n+1,n})}$$

実際にこのような客の料金移動を考慮に入れた決定モデルを航空産業やその他の産業に利用することで、一般に利用される EMSRb モデルよりも期待収益が 0.25% から 2.5% 改善されたと報告されている.

7 1 区間に対するネットワーク全体の方法

7.1 最適化方法

$R_{i,j,k}$ =O&D 市場で出発地 i から目的地 j へ料金クラス k の予約をした乗客からの収益.

$X_{i,j,k}$ =O&D 市場で出発地 i から目的地 j への料金クラス k の予約限度数.

C_i =O&D 市場で出発地 i から目的地 j への区間 l の収容能力.

$d_{i,j,k}$ =O&D 市場で出発地 i から目的地 j への料金クラス k の自発的な需要.

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} \sum_{i,j,k} R_{i,j,k} \cdot X_{i,j,k} \\ & \text{s.t.} \quad 1) X_{i,j,k} \leq d_{i,j,k} \\ & \quad \quad 2) \sum_{i,j,k} X_{i,j,k} \leq C_i \end{aligned}$$

85% 以上の負荷率で買い値方法により収入は 2-4% 増加すると報告されている.

7.2 発見的方法

発見的方法では仮想包含関係を用いる. 料金別に仮想バケツを作り、各区間の各料金クラスをバケツにグループ化する. このグループ化した仮想バケツに座席配分方法 (EMSRb や OBL など) を適用し利用可能な飛行区間を求める.

8 最適料金決定

最適料金決定は座席配分決定と料金決定を共同で最適化することである.

次の3つのモデルが発表されている.

8.1 モデル a

料金クラス移動なしで、個々の資産管理方法.

一般的な場合では次のように n 料金クラスの期待収益を導くことができ、期待収益を最大にする受け入れ数 q_i , 料金 R_i を求める.

$E_a^b(X_i) = X_i$ の a から b までの部分的な期待値.

$$\text{期待収益} = \sum_{i=0}^{n-1} R_i [E_0^{q_i}(X_i) + q_i(1 - F_{X_i}(q_i))]$$

8.2 モデル b

料金クラス移動なしで、包含関係とされた資産管理方法.

このモデル b とモデル a の比較から包含関係とすることで期待収益が 3.19% 改善され、またモデルを解くための平均時間は数秒から 68 秒の増加となると報告されている.

8.3 モデル c

料金クラス移動ありで、包含関係とされた資産管理方法.

このモデル c とモデル b の比較から料金クラス移動により期待収益が 4.88% 改善され、またモデルを解くための平均時間は 1.1 分から 5.2 分の増加となると報告されている.

9 おわりに

本論文では陳腐化商品の収益管理の特徴を研究するため、航空産業の基本的な問題を調べた. 航空産業だけでなく陳腐化商品を扱う多くの産業において収益管理による数%の収益の改善が大きな年間収益の増加に貢献する可能性がある. 今後の課題としてはさらなる収益改善のため、より現実的な仮定を考慮に入れたモデルを研究すること、最適化アルゴリズムは最良の結果を得るために在庫管理方法としてできるだけ緊密に結びつけられなければならないことが考えられる.

10 謝辞

本研究にあたり、御指導しを下された澤木勝茂教授をはじめ、助言と協力をして下さった方々に深く感謝致します.

参考文献

- [1] Weatherford, L.R.: A Tutorial on Optimization in the Context of Perishable-Asset Revenue Management Problems for the Airline Industry. *Operations Research*, 68-100. (1998)
- [2] Brumelle, S.L., McGill, J.I., Oum, T.H., Sawaki, K. and M.W. Tretheway.: Allocation of Airline Seats Between Stochastically Dependent Demands. *Transportation Science*, 24, 183-192. (1990)