

容量制約を持つ空港における次善料金設定に関する基礎的研究*

Second Best Airport Pricing of A Capacity Constrained Airport*

石倉智樹**

By Tomoki ISHIKURA**

1. はじめに

空港の発着回数には有限の容量がある。このため、資源配分という切り口から、社会的最適を目指した空港使用料金設定に関する研究が行われてきた。初期の空港料金を対象とした研究は、混雑料金・限界費用価格形成をテーマとするもの¹⁾²⁾³⁾が多い。しかし近年における空港料金関連研究の主流は、空港の管理運営システムの民営化・商業化に伴い、混雑料金体系を扱った内容から、料金規制システムや生産性・パフォーマンスを扱った研究へとシフトしてきた⁴⁾。

しかし、このことは、空港における混雑問題が解決してきたということの意味するものではない。我が国の一部の空港では、航空需要の成長によって、容量が逼迫する状況下にある。空港の処理容量が固定されたまま需要が増加すると、オフピーク時には容量制約が顕在化しないがピーク時には需要が処理容量によって制約される状況が生じる。

我が国の空港に関しては、空港混雑への対応を明確な目的とした、空港使用料政策は行われていない。既存空港ストックの有効活用という観点から、料金体系政策により空港混雑へ対応できる可能性が考えられる。本研究は、新たな料金政策の可能性を検討することを目的とし、ピーク時需要が空港容量に制約される状況における料金政策について、簡単なモデルを用いて考察する。

2. ピークロード料金の基本モデル

(1) モデル

航空輸送市場では、需要の季節変動や時間帯変動などのピーク・オフピークが存在する。一方、先述のように空港の処理能力には限界があり、これを超える需要は実現できない。

ここで、ピーク時の市場とオフピーク時の市場を分離して考える。ピーク時需要が容量限界以上となる状況下において、ピーク時とオフピーク時で同一の空港使用料が課される場合、必然的に社会的最適価格と乖離した非効率的な価格が形成されることとなる。本章は、簡単なピークロード料金モデルを用いて、このような状況について分析する。

モデルの前提条件を以下のように与える。

- ・ 政府部門によりサービス供給が行われている空港を想定する。
- ・ 空港サービスは地域独占であり、競合する空港や交通機関は存在しない。
- ・ 空港容量は短期的に固定されており与件とされる。
- ・ 航空輸送業者の供給行動（生産量と価格の設定）は明示的に考慮しない。すなわち、最終的な需要者である旅客・荷主が空港の直接的利用者であると見なす。
- ・ 需要にはピーク時とオフピーク時が存在する（需要曲線が異なる）。
- ・ ピーク時需要は容量制約を受け、オフピーク時の需要は容量に制約されない。
- ・ ピーク時とオフピーク時の市場が完全に分離され、交差弾力性がゼロの場合（ピーク固定の状況）を想定する。

社会的余剰の最大化問題は次のように定式化される。

*キーワード：空港計画，ピークロードプライシング，ラムゼイ価格

**正員，博（情報科学），国土技術政策総合研究所
（横須賀市長瀬 3-1-1，TEL: 046-844-5032，
E-mail: ishikura-t92y2@ysk.nilim.go.jp）

$$\begin{aligned} \max W &= \int_0^{q_p} p_p(x)dx + \int_0^{q_o} p_o(x)dx \\ &\quad - \int_0^{q_p} MC_p(x)dx - \int_0^{q_o} MC_o(x)dx - F \quad (1) \\ \text{s.t. } &K \geq q_p, K \geq q_o \end{aligned}$$

この問題の Lagrange 関数は以下のとおりである。

$$L = W + \lambda_p(K - q_p) + \lambda_o(K - q_o) \quad (2)$$

Kuhn-Tucker の一階条件として、

$$L_{q_p}(\mathbf{q}^*, \lambda^*) = 0, L_{q_o}(\mathbf{q}^*, \lambda^*) = 0 \quad (3)$$

$$\lambda_p^* \geq 0, \lambda_o^* \geq 0 \quad (4)$$

$$\lambda_p^*(K - q_p^*) = 0, \lambda_o^*(K - q_o^*) = 0 \quad (5)$$

が導出される。ここで、 $L_x = \frac{\partial L}{\partial x}$ と表記し、ボールド体はベクトルを表し、上付添字*は最適値を表す。ピーク時には容量制約が拘束的であり、オフピーク時には容量制約が非拘束的であるので、

$$\lambda_p^* \geq 0, \lambda_o^* = 0 \quad (6)$$

かつ

$$q_p^* = K \quad (7)$$

となる。したがって、最適なピークロード料金体系は以下のように導出される。

$$p_p^* = MC(q_p^*) + \lambda_p^* \quad (8)$$

$$p_o^* = MC(q_o^*) \quad (9)$$

すなわち、オフピーク時には限界費用価格設定が望ましく、ピーク時には容量が制約される直前の限界費用に容量制約のシャドウプライスを加えた値が最適価格となる。

(2) 考察

(8), (9)式の結果は、ピーク時のみに容量制約が拘束的な状況では、ピーク時とオフピ

ーク時の料金設定において、容量制約のシャドウプライスに相当する差を設定することが社会的最適であることを示している。すなわち、それ以外のいかなる料金設定も、効率的価格ではないこととなる。現実的には、容量制約のシャドウプライスを正確に把握することは困難であり、社会的最適な料金体系が実現する可能性は非常に低い。しかし、ピーク時とオフピーク時の料金に差を設けることにより、同一料金水準の場合よりも、社会的最適料金からの乖離を減少させることができると考えられる。

3. 収支制約を課す場合の料金設定

(1) モデル

限界費用が逓減するような費用構造の場合、限界費用価格設定を採用すると供給者の経営が赤字状態となる場合がある。本章は、次善の価格体系として、供給者の収支均衡を考慮した場合の料金設定について、モデルを用いて分析する。このような収支均衡という前提条件は、政府による直接管理ではなく、公社化された空港運営主体による空港管理の場合に相当すると考えられる。

収支均衡制約下における社会的余剰最大化問題を以下のように考える。ただし、モデルにおける諸前提は前章と同様とする。

$$\begin{aligned} \max W &= \int_0^{q_p} p_p(x)dx + \int_0^{q_o} p_o(x)dx \\ &\quad - \int_0^{q_p} c_p(x)dx - \int_0^{q_o} c_o(x)dx - F \quad (10) \\ \text{s.t. } &K \geq q_p, K \geq q_o, \pi = 0 \end{aligned}$$

ここで、

$$\pi = p_p \cdot q_p + p_o \cdot q_o - C_p(q_p) - C_o(q_o) \quad (11)$$

である。この問題の Lagrange 関数は次のように表され、

$$L = W + \lambda_p(K - q_p) + \lambda_o(K - q_o) + \lambda_\pi \cdot \pi \quad (12)$$

Kuhn-Tucker 条件は以下のとおりとなる。

$$L_{q_p}(\mathbf{q}^*, \lambda^*) = 0, L_{q_o}(\mathbf{q}^*, \lambda^*) = 0 \quad (13)$$

$$\lambda_p^* \geq 0, \lambda_o^* \geq 0, \lambda_\pi^* \geq 0 \quad (14)$$

$$\lambda_p^*(K - q_p^*) = 0, \lambda_o^*(K - q_o^*) = 0, \lambda_\pi^* \cdot \pi = 0 \quad (15)$$

(13)(14)(15)の各式より，

$$\varepsilon_p \frac{\left(p_p^* - MC(q_p^*) - \frac{\lambda_p^*}{1 + \lambda_\pi^*} \right)}{p_p^*} = - \frac{\lambda_\pi^*}{1 + \lambda_\pi^*} \quad (16)$$

$$\varepsilon_o \frac{\left(p_o^* - MC(q_o^*) - \frac{\lambda_o^*}{1 + \lambda_\pi^*} \right)}{p_o^*} = - \frac{\lambda_\pi^*}{1 + \lambda_\pi^*} \quad (17)$$

が導出される．

$\varepsilon_p, \varepsilon_o$: 需要の価格弾力性

MC : 限界費用

$$\varepsilon_p = \frac{\partial q_p}{\partial p_p} \cdot \frac{q_p}{q_p}, \varepsilon_o = \frac{\partial q_o}{\partial p_o} \cdot \frac{q_o}{q_o}$$

右辺の値はラムゼイ・ナンバーであり⁶⁾⁷⁾，

以下では， $R = -\frac{\lambda_\pi^*}{1 + \lambda_\pi^*}$ と表す．

以下での議論の準備として，ここで各々の制約条件に対応する Lagrange 乗数の意味を整理する．

λ_p : ピーク時における容量制約に対するシャドウプライス

すなわち，ピーク時需要に対して，限界的な1単位の容量増加がもたらす社会的余剰を意味する．

λ_o : オフピーク時における容量制約に対するシャドウプライス

オフピーク時において，限界的な1単位の容量増加がもたらす社会的余剰を意味する．ただし，前提条件よりオフピーク時には空港容量が制約的ではないため，以後 $\lambda_o = 0$ と見なす．

λ_π : 供給者の収支制約に対するシャドウプライス

社会資本の運営者の収支制約が1単位緩和

された場合にもたらされる社会的余剰増分を意味する．

ラムゼイ・ナンバーを利用して(16)，(17)式を変形すると，

$$\frac{R}{\varepsilon_p} = \frac{\left(p_p^* - MC(q_p^*) - \frac{\lambda_p^*}{1 + \lambda_\pi^*} \right)}{p_p^*} \quad (18)$$

$$\frac{R}{\varepsilon_o} = \frac{\left(p_o^* - MC(q_o^*) \right)}{p_o^*} \quad (19)$$

となる．ただし，(19)式では， $\lambda_o^* = 0$ であることも考慮されている．これらの式は，ピーク時容量制約下におけるラムゼイ価格形成の条件を表すものである．オフピーク時には，標準的なラムゼイ価格と同様，価格と限界費用の乖離率が，ラムゼイ・ナンバーと価格弾力性の逆数の積となる．注目すべき点は，ピーク時の価格形成を表す(18)式において，右辺分子が，価格と限界費用の差よりも大きな値となっていることである．

(2) 考察

(18)，(19)式の帰結について考察を行う．両式とも，標準的なラムゼイ価格形成と同様，需要の価格弾力性が小さいほど限界費用と価格の乖離が大きくなるという点では共通している．したがって，価格に敏感な需要者に対しては相対的に低価格となる．

(18)式に表されるピーク時価格形成の条件について，第一に， λ_p^* すなわちピーク時容量制約のシャドウプライスが大きいほど，価格と限界費用の乖離は大きくなることが示される．第二には， λ_p^* すなわち供給者の収支均衡制約のシャドウプライスが大きいほど，価格と限界費用の乖離が小さくなることを意味する．

4. おわりに：空港プライシングへの含意

本研究で示したモデルは，社会的余剰を最大化する問題として定式化されている．した

がって、利潤最大化が目的となる私的供給の枠組みではなく、公的運営の空港における最適プライシングを導出する枠組みである。

近年、空港運営の民営化が世界的に進展しているが、政府管理、特に地方政府による空港管理システムを採用している事例も多い⁵⁾。また、民営化された空港管理主体であっても、出資金の100%が政府部門である場合には、実質的に公的管理空港と考えることができる。本研究のモデルはこうした空港におけるプライシング手法を対象とするものである。

現実の空港運営において、着陸料等の空港使用料にピークロードプライシング政策を採用している事例は極めて少ない。英国のBAAによるピークロード着陸料体系は、数少ない事例の一つである。

本研究の分析結果が示すように、需要のピーク・オフピークが存在する場合には、これらの料金設定を差別化することが効率的である。つまり、いかなる料金設定をしようとも、両時点の料金が同一水準であれば、必ず資源配分上の非効率が発生する。

また、空港運営の収支制約を考慮すると、次善の料金設定システムとしてラムゼイ価格形成が望ましく、ピーク時とオフピーク時の利用者に料金差を設けるべきという結果が示された。特に、ピーク時需要が容量に制約される状況では、制約がない場合よりも料金差を大きくすることが適当となる。

ピークロード料金体系もラムゼイ価格体系も、ピーク時利用者とオフピーク時利用者に対して異なる料金設定とすることが最適解として導かれる。本研究は、効率性の視点から最適価格設定のシステムを論じているが、ピーク時利用者とオフピーク時利用者の間の、公平性については議論の対象外としている。現実の公的部門による料金設定においては、こうした問題も無視できないだろう。しかし、限られた空港容量という資源を有効活用するためには、効率化のための料金差別化についても一考の余地があると考えられる。

本研究のモデル化における課題としては、

エアラインの行動を考慮していない点や、競合が存在しないという点、ピーク時とオフピーク時の市場が完全に分離されている点などの、強い前提条件を設けていることが挙げられる。モデルを用いた分析から、より有益な示唆を得るためにはこうした点の改善が不可欠であるが、今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) Carlin, A. and Park, R.E.: Marginal Cost Pricing of Airport Runway Capacity, *The American Economic Review*, 60, 310-319, 1970
- 2) Oum, T.H., Zhang, A. and Zhang, Y.: A Note on Optimal Airport Pricing in A Hub-and Spoke System, *Transportation Research Pt. B*, vol.30, no.1, 11-18, 1996
- 3) Doganis, R.: *The Airport Business*, Routledge, 1992 [木谷直俊訳: エアポート ビジネス, 成山堂書店, 1994]
- 4) Forsyth, P.: Models of Airport Performance, in Hensher, D. A. and Button, K. J. "Handbook of Transport Modeling", Elsevier, 2000
- 5) Graham, A.: *Managing Airports Second Ed*, Elsevier, 2003
- 6) 山内弘隆, 竹内健蔵: *交通経済学*, 有斐閣, 2002
- 7) 松川勇: *ピークロード料金の経済分析*, 日本評論社, 2003