

(IV-19) ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおけるタイムスロットに関する 航空会社の競争入札システム導入のモデル化

東京大学 正員 加藤浩徳

東京大学 正員 柴崎隆一

東京大学 学員 中西宣仁

1. はじめに

近年、主要空港の混雑現象が顕著であり、空港発着枠の合理的な配分が重要な課題とされる。そこで本研究では、混雑空港を対象に、タイムスロットの決定に、航空会社による競争入札システムを導入した場合の決定メカニズムをモデル化することを目的とする。

2. モデル化にあたっての基本的な考え方

2.1 基本的な考え方

対象とする空港について、その発着時間枠（タイムスロット）配分を全く白紙の状態から決定する問題をモデル化の対象とする。ここで、モデル化する主体は、航空会社（複数）と交通利用者とする。各航空会社は、当該混雑空港のタイムスロットに対して競争入札を行い、1日の期待利潤が最大となるようなタイムスロットの決定を行う。一方、固定の潜在的な分布交通量のもとで、交通利用者は、航空会社の提供するサービスと対抗交通機関サービスとを効用最大化ルールに従って選択するものと考える。

2.2 対象とするネットワークと配分方式

本研究では、ハブ空港（混雑空港）が1つであり、それが幹線、非幹線2つの地方空港（A空港とB空港とする）とスポークで連結される単純なネットワークを想定する。時間枠については、1日で計N枠だけあるものとする。また、運行航空会社は2社（Q社とR社）とし、使用する機種は簡単のため1種であるものとする。また、入札方式としては一位価格封印入札方式(first price sealed bid auction)を採用する。

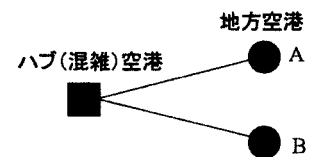


図1 対象ネットワークイメージ図

3. モデルの定式化

3.1 航空会社の行動の考え方

各航空会社の行動は、各時刻に各路線へフライトを飛ばすか否かである。だが、各社が各路線へフライトを飛ばせるか否かは、入札の結果に依存している。したがって、時刻、路線ごとに各社の入札戦略が必要となる。ここでは封印入札方式を仮定しているので、各社は時刻、路線ごとの自らの評価価値は知っているが、他社の評価額についてはどのような可能性があるか（確率分布）のみを知っている状況（情報の非対称性）にある。次に、評価額の確率分布には、平均の異なる2種類の分布あるいはタイプ（平均入札額が高い＝Hと平均入札額が低い＝L）があり、そのどちらかの戦略が各社に選択されるものとする。ここで、この2種類から選択されるということ自体は共有情報であるが、そのどちらが選ばれたかは非共有情報であるものとする。さらに、各社は危険中立的であるものと仮定する。

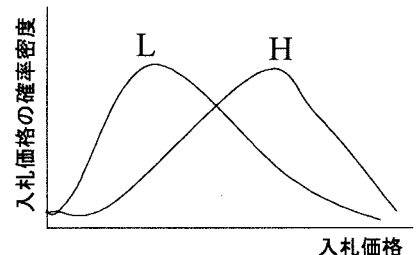


図2：入札価格の確率密度分布イメージ図

以上のゲームでは、1社につき、時刻(N)と路線(2)に関してHとLの2種類のタイプの組み合わせ（＝戦略）が $2^{2 \times N}$ 通りだけ存

キーワード：混雑空港、発着枠、競争入札

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 電話：03-5841-7451 FAX：03-5841-8506

在することになる。したがって、2社では、 $2^{2 \times 2 \times N}$ 通りの戦略が存在する。各航空会社は、これらの戦略について、ベイジアンナッシュ均衡となる戦略を選択するものとする。

3.2 モデルの定式化

各航空会社の1日の期待利潤は、以下の考え方に従って求められるものとする。

$$\begin{aligned} (\text{期待利潤}\Pi) &= \sum \sum (\text{時刻}k\text{路線}l\text{で入札で勝つ確率}) \times (\text{フライトがあるときの時刻}k\text{路線}l\text{の利潤}) \\ (\text{フライト有りの時刻}k\text{路線}l\text{の利潤}) &= (\text{時刻}k\text{路線}l\text{の航空需要}) \times \{(\text{時刻}k\text{路線}l\text{の固定運賃}) - \\ &\quad (\text{時刻}k\text{路線}l\text{の入札金額}/\text{時刻}k\text{路線}l\text{の潜在需要})\} - (\text{時刻}k\text{路線}l\text{のコスト}) \\ &\quad - (\text{時刻}k\text{路線}l\text{の入札金額}) \end{aligned}$$

$$(\text{時刻}k\text{路線}l\text{の航空需要}) = (\text{時刻}k\text{路線}l\text{の潜在需要}) \times (\text{時刻}k\text{路線}l\text{の航空分担率}).$$

なおここでは、入札金は、利用者に対して運賃割引として還元されるという仮定を置いている。当然、制度によっては、運賃割引をしないという定式化もあり得る。

Q社が入札によって時刻 k における路線 l のタイムスロットを獲得する確率 $P_{Q,j}^k$ は、次式の通りとなる。

$$P_{Q,j}^k = \int_0^\infty f_{Q,j}^k(\lambda_{Q,j}^k) \cdot \int_0^{\lambda_{Q,j}^k} f_{R,j}^k(\lambda_{R,j}^k) d\lambda_{R,j}^k d\lambda_{Q,j}^k \quad (1)$$

ここで、 $f_{Q,j}^k(\cdot)$ ：入札価格の確率密度分布関数

$\lambda_{Q,j}^k$ ：Q社の時刻 k における路線 l のフライトに対する入札価格 である。

また、機関分担率 $q_{l,m}^k$ は、以下のロジットモデルに基づく式によって求められるものとする。

$$q_{l,m}^k = \frac{\exp[u_{l,m}^k]}{\sum_m \exp[u_{l,m}^k]} \quad \text{ただし、} u_{l,m}^k = \theta_1 \cdot (TW_{l,m}^k + T_{l,m}) + \theta_2 \cdot F_{l,m} \quad (2)$$

ここで、 $u_{l,m}^k$ ：時刻 k における目的地 l へ交通機関 m で行くときの効用、 TW ：待ち時間、 T ：所要時間、

F ：運賃、 θ ：パラメータである。また、待ち時間は、各社の入札によって決定されるスケジュールに依存するものとする。

以上のように求められた各社の各戦略の組み合わせに対する期待利潤から、各社は、式(3.a)と(3.b)を同時に満たす戦略を選択するものとする。

$$\text{Max}_{S_Q} \Pi_Q(S_Q, S_R^*) \quad (3.a)$$

$$\text{Max}_{S_R} \Pi_R(S_Q^*, S_R) \quad (3.b)$$

ここで、 Π ：各社の利潤、 S ：各社の戦略である。

また、利用者便益は以下のように算出される。

$$UB = \sum_l \sum_k \left[D_l^k \cdot \frac{1}{\theta_2} \log \sum_m \exp[u_{l,m}^k] \right] \quad (4)$$

ここで、 UB ：利用者便益、 D_l^k ：時刻 k における目的地 l への潜在需要である。

4. おわりに

本研究では定式化のみにとどまった。今後の課題として、モデルを精緻化することと、数値実験等によって解の挙動を調べることが挙げられる。