

地域航空ネットワークの成立可能性に関する一考察

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

鳥取大学大学院 学生員 ○久木田真次

1. 序

航空路線におけるサービスレベルの向上は、当該路線の需要の誘発のみならず、ネットワークの他路線の需要に対しても外部効果をもたらす。これは地域航空ネットワークの形成において、当然考慮されるべき特性と考えられるが、これまであまり検討されていない。そこで本稿では、需要の外部効果及び運賃、機材、路線設定に関する航空企業の行動をモデル化し、外部効果が航空企業のネットワーク選択に及ぼす影響を分析することにより、地域航空ネットワークの成立可能性について検討を加えた。

2. 路線別航空市場均衡モデル

まず最初に航空企業がある区間 ij において利潤最大化行動をとるものとして、航空企業にとって最適な運賃、機材容量を導出する。需要は相互都市間の航空利用者のフルプライスによって決まるものとし、線形需要関数を仮定すると以下のような式になる。

$$Q_{ij} = a_{ij} - b_{ij} \cdot P_{ij} \quad (1)$$

ここで、 a_{ij}, b_{ij} は、パラメータである。また FP_{ij} は、航空利用にともなう航空利用者のフルプライスであり、待ち時間 WT_{ij} 、便数 N_{ij} とともに以下のように与える。

$$FP_{ij} = P_{ij} + \tau_1 \cdot T_{ij} + \tau_2 \cdot WT_{ij} \quad (2)$$

$$WT_{ij} = d_{ij} - e_{ij} \cdot N_{ij} = d_{ij} - e_{ij} \frac{Q_{ij}}{S_{ij}} \quad (3)$$

T_{ij} : 所要時間、 P_{ij} : 運賃

$d_{ij}, e_{ij}, \tau_1, \tau_2$: パラメータ、 S_{ij} : 機材容量

これらを Q_{ij} について解くと、

$$\hat{Q}_{ij} = \frac{S_{ij}}{(S_{ij} - b_{ij}\tau_2e_{ij})} (a_{ij} - b_{ij}P_{ij} - \tau_1b_{ij}T_{ij} - b_{ij}\tau_2d_{ij}) \quad (4)$$

また費用関数、利潤関数を以下のように定式化する。

$$C_{ij} = VC_{ij} \cdot Q_{ij} + FC_{ij} \quad (5)$$

$$\pi_{ij} = P_{ij} \cdot \hat{Q}_{ij} - VC_{ij} \cdot \hat{Q}_{ij} - FC_{ij} \quad (6)$$

C_{ij} : 1日当たりの総費用

FC_{ij} : 1日当たりの固定費用

VC_{ij} : 一人あたりの可変費用

ここで運賃、機材容量に関して利潤最大化のための1階の条件は、

$$\left(\frac{\partial \pi_{ij}}{\partial P_{ij}} \right) = 0, \quad \left(\frac{\partial \pi_{ij}}{\partial S_{ij}} \right) = 0$$

と、示すことができ、前項で示した条件を計算し路線毎の最適運賃、機材容量、 P_{ij}^*, S_{ij}^* を求める事ができる。その結果、最適運賃、機材容量下における均衡交通量 Q_{ij}^* が導出される。

$$Q_{ij}^* = \hat{Q}_{ij}(P_{ij}^*, Q_{ij}^*) \quad (7)$$

3. 航空ネットワーク形成モデルの構築

前項の路線別市場均衡モデルをネットワーク全体に拡張したモデルを構築する。そしてそのもとで航空企業のネットワーク選択行動をモデル化する。

あるネットワーク k における最適な機材容量、運賃を決定する。ネットワーク内の各路線 ij において企業の利潤を最大化する1階の条件は、

$$\sum_{\lambda_l \in \Lambda_k} \left(\frac{\partial \pi_{\lambda_l}}{\partial P_{ij}} \right) = 0, \quad \sum_{\lambda_l \in \Lambda_k} \left(\frac{\partial \pi_{\lambda_l}}{\partial S_{ij}} \right) = 0$$

となる。ここで、 Λ_k は、ネットワーク k を構成する全ての路線の集合、路線 $\lambda_l (l=1 \cdots L)$ は、 Λ_k の各要素である。以上を連立して解いて得られる、 S_{ij}^*, P_{ij}^* が、路線 ij における最適機材容量、最適運賃である。これらを各路線について求めれば、ネットワークにおける各路線の均衡交通量 Q_{ij}^* が求められ、ネットワーク k における利潤を求めることができる。またここで全てのネットワークパターンについて利潤を求め、それらを比較することにより利潤最大のネットワークを見いだすことができる。

ここで K 種類あるネットワークの中のあるネットワーク k を与えた場合の企業利潤を π^k とすると、これは路線別利潤 π_{ij}^k の和

$$\pi^k = \sum_i \sum_j \pi_{ij}^k \quad (8)$$

である。企業の行動原理が π^k の最大化であるとの仮定より、

$$\pi^* = \max_k (\pi^k \mid k=1 \sim K) \quad (9)$$

なる利潤 π^* をもたらすネットワーク k を企業は選択する。

4. 仮想地域を対象とした数値実験

本実験では、3章で構築した航空ネットワーク形成モデルをもとに仮想地域を取りあげた。簡便のため4つの空港、すなわちある大都市とそれ以外の同一地域内の地方都市にある空港を想定した。各空港間の距離、所要時間は一定とし、大都市と地方間は、500km、80分、地域間は100km、30分、空港2-4間については、200km、50分とした。そしてその中で、全空港を結ぶネットワーク(図1)、大規模都市(空港1)を中心に結んだネットワーク(図2)、及び中規模都市(空港3)を中心に結んだネットワーク(図3)の3つのネットワークを考え、3つの地方空港間について大都市との潜在需要は一定(2500人/日)として、地域内の潜在需要量(空港2-3,3-4間のみ)を(500~2500人/日)まで変化させた。本実験では、各路線の潜在需要量の大きさによって都市の規模を表わしている。これにより地域内の都市規模、交通量の違いによる需要、利潤を求め、それらを比較することにより、地域航空ネットワークの成立可能性について検討を行った。

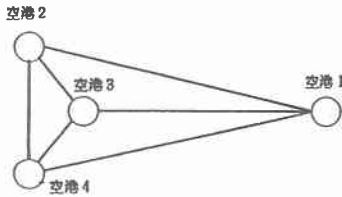


図1 全てが直航便のネットワーク

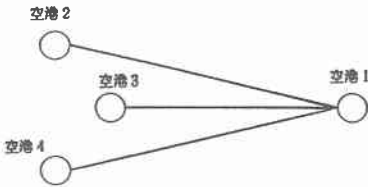


図2 空港1中心のネットワーク

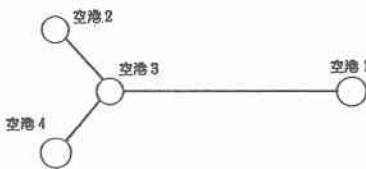


図3 空港3中心のネットワーク

表1

潜在需要別1日あたり利用者数、航空企業利潤

潜在需要量	利 潤		
	全てが直航便	空港1中心	空港3中心
500人	13,750万円	11,380万円	9,743万円
1,000人	15,470万円	11,720万円	10,880万円
1,500人	17,180万円	12,270万円	12,180万円
2,000人	18,910万円	12,970万円	13,670万円
2,500人	20,630万円	13,780万円	15,170万円
潜在需要量	総 利 用 者 数		
	全てが直航便	空港1中心	空港3中心
500人	3,541人	3,993人	3,708人
1,000人	3,956人	4,266人	4,014人
1,500人	4,371人	4,647人	4,605人
2,000人	4,789人	5,096人	5,231人
2,500人	5,207人	5,494人	5,801人

結果を表1に示す。ここで総利用者数はネットワーク全体のものであり、OD間の利用で1人と数えた。今回設定した条件下では、全空港を結ぶネットワークの方が航空企業が得る利潤が多くなったものの、ネットワーク全体の利用者数はハブ&スポーク型ネットワークの方が多かった。

地域内の中心都市の規模や地域内交通量が小さいとき、すなわち潜在需要量が小さいときは、大都市にハブ空港であるネットワークの方(空港1中心)が利用者数が多かったが、それが大きくなるにつれて地域内にハブ空港があるネットワークの方(空港3中心)が利用者数が多くなった。これにより地域航空ネットワークの成立可能性は、同一地域内の都市間の潜在的な交通量に深く関わっていることがわかる。

5. 結論

本稿では、外部効果が企業のネットワーク選択に及ぼす影響を分析するために、路線別航空市場均衡モデルを構築し、それを航空ネットワーク形成モデルへと拡張することによって航空企業が選択する各路線の機材容量、運賃、そしてそれらを構成するネットワークを推定する方法を提示した。そして4空港からなる簡単な数値実験を行った。その結果、地域航空ネットワークの成立可能性は、地域内の中心都市と域内のその他の都市との間の潜在的な需要に密接な関係があることがわかった。

しかし本稿では、フルプライス需要関数、待ち時間関数、直接運航費の導出などを線形と仮定するなど、さまざまな単純化や仮定を設けている。今後、これらの点に更に吟味を加え、現実により近い形の分析をおこしていきたい。