

地域間公平性からみた航空ネットワークの評価に関する一考察

鳥取大学

三井共同建設コンサルタント

正会員 喜多 秀行

正会員 〇尾崎 広二

1. はじめに

航空ネットワークには、航空企業の機材の大型化や運航の多頻度化などによる運航の効率化によってそれ自身に路線を集約化する力が働き、いわゆるハブ&スポーク型をとる傾向がある。しかし、非ハブ空港相互間を結ぶ直行便が減少し、これらの空港間を移動する非ハブ空港地域の利用者は乗り継ぎ利用を余儀なくされるため、ハブ空港地域の利用者と非ハブ空港地域の利用者に必ずしも同等の利便性向上がもたらされるわけではない。

したがって、航空ネットワークの評価は全体的効率性のみならず地域間公平性の観点からも行われるべきであると考えられるが、その基礎となる格差の実態は必ずしも明確に把握されていない。そこで本研究では、ハブ&スポーク化がもたらす利用者便益の地域間格差を定量化し、航空ネットワーク形状のあるべき姿を検討するための基礎とすることを目的とする。

2. 航空企業によるネットワーク形成

ここでは、航空企業の利潤最大化行動によってハブ&スポーク型のネットワークが形成されることを示す。まず単一の航空企業が供給制約が生じないという前提の下で各路線の運賃を適切に設定して利潤を最大化するものと仮定し、航空企業からみた各路線別の最適運賃とその下での均衡交通量を算定する。

フルプライスで記述されたOD別線形需要関数を仮定する。

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

ここで、 Q_{ij} 、 FP_{ij} はそれぞれ空港ij間を移動する利用者数、フルプライスで測定した利用者費用を示す。 a_{ij} 、 b_{ij} はパラメータである。

フルプライスで測定した利用者費用とは、利用者の効用を低下させる種々の交通抵抗を金額化したものであり次式のように与える。

$$FP_{ij} = P_{ij} + \alpha \cdot T_{ij} + \beta \cdot WT_{ij}(Q_{ij}) \quad (2)$$

ここで、 T_{ij} は空港ij間の所要時間、 WT_{ij} は空港jへ行く利用者の空港iでの待ち時間を示す。 α 、 β はパラメータである。先に述べた航空企業は供給制約が生じないという仮定より、使用機材が1種類のとき、 WT_{ij} は Q_{ij} のみの関数となる。つまり、需要が増えれば運航便数が増加し、それによって

待ち時間は減少することになる。ただし、本研究ではこの待ち時間関数を線形式で与える。

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

(1)、(2)式より Q_{ij} について解くと運賃が所与のときの均衡交通量 $Q^i(P_{ij})$ が次式のように得られる。

$$Q^i = (a_{ij} - b_{ij} \cdot (P_{ij} + \alpha T_{ij} + \beta d_{ij})) \frac{PC}{PC - \beta b_{ij} \cdot e_{ij}} \quad (4)$$

1人あたりの運航費用は需要量によって左右される燃料費や乗客サービス費などの可変費用と機材の使用料、整備費など需要とは関係のない固定費用から構成され、可変費用が利用者数に比例すると仮定する。

$$C_{ij} = r_{ij} \cdot Q^i_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

ただし、 C_{ij} 、 r_{ij} 、 ε_{ij} はそれぞれ運航費用、可変費用、固定費用を示す。

これより空港ij間を結ぶ路線の利潤 π_{ij} は、

$$\begin{aligned} \pi_{ij} &= P_{ij} \cdot Q^i_{ij} - C_{ij} \\ &= (P_{ij} - r_{ij}) \cdot Q^i_{ij} - \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

で与えられる。

よって、航空企業の利潤最大化のための一階の条件(限界収入=限界費用)より、航空企業が設定する最適運賃 P^H_{ij} とそのときの均衡交通量 $Q^H_{ij} = Q^i(P^H_{ij})$ を求めることができる。

次に、この路線別需要均衡のもとで航空企業はネットワーク形状によるネットワーク全体の利潤最大化行動をとると仮定し、需給均衡下における航空ネットワーク形成モデルを構築した。

つまり、ネットワーク形状 k ($k=1, \dots, K$)のときの航空企業の利潤を π^k とすると、

$$\pi^k = \max_k \pi^k \quad (7)$$

ただし、

$$\pi^k = \sum_{i,j} \delta_{ij} \pi_{ij} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \delta_{ij} = 0 & \dots \text{空港ij間に路線がない場合} \\ \delta_{ij} = 1 & \dots \text{空港ij間に路線がある場合} \end{cases}$$

となるネットワーク k が航空企業によって形成さ

れる航空ネットワークとなる。いま空港 0_{ij} , d_{ij} 間に直行路線がない場合, 利用者は 0_{ij} , d_{ij} を結ぶ最短経路 ϕ_{ij} を利用すると考える。

3. 航空ネットワークの評価

前章で構築した航空ネットワーク形成モデルを基に, ハブ&スポーク化が航空利用に関する利便性の地域間格差に与える影響を分析する。航空利用に伴う費用は待ち時間すなわち運航頻度の影響を大きく受け, ハブ&スポーク化によりハブ空港を起終点とする路線の運航便数の増加が, 必然的にハブ空港地域の利用者の利便性を高めると考えられる。そこで, フルプライスで測定した各地域の消費者余剰,

$$CS_{ij} = \int_0^{Q_{ij}} D^{-1}(FP_{ij}) dQ$$

(9) 単位・百万円

ただし, D^{-1} は逆需要関数である。

に着目することによって, ネットワーク全体の効率性を追求することにより生じた利用者便益の地域間格差を評価する。

4. 数値実験

本研究では3空港から構成される航空ネットワークを想定し, ネットワークのハブ化を促す要因と考えられる地域の潜在需要差を変化させた場合のネットワークのハブ化傾向とそのときの交通利便性の地域間格差を検討した。(図1)

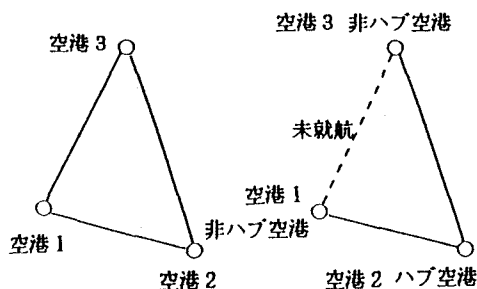


図1 全空港直結型ネットワークとハブ&スポーク型ネットワーク

その結果, 全空港直結型のネットワークよりもハブ&スポーク型のネットワークの方が航空企業に多くの利潤をもたらすが, 乗り継ぎ路線の利用者1人当たりのフルプライスも幹線の潜在需要が大きい場合は待ち時間の短縮効果が卓越し, 非ハブ空港地域の乗り継ぎ利用者にとってもハブ化による恩恵を享受することが可能である。(図2) しかし, ハブ空港と非ハブ空港との地域間格差はハブ化によって拡大し, 地域間の潜在需要差が大きくなるほどその変化が大きいことがわかった。(図3)

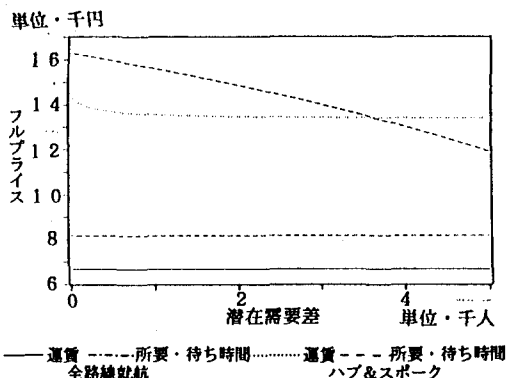


図2 OD別フルプライス (非ハブ空港間)

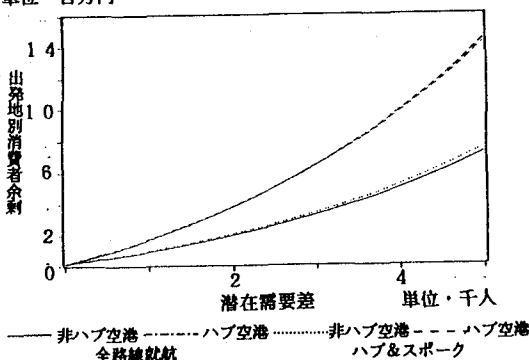


図3 各空港の出発地別消費者余剰

5. おわりに

本研究では, 地域間公平性の観点から航空ネットワークを評価する為に路線別需給市場モデルを構築し, それを航空ネットワーク全体の均衡モデルへと拡張することによって, 航空企業が形成するネットワークを推定する方法を提示した。そして, 3空港から構成されるネットワークを例に簡単な数値実験を行った。その結果, 検討した条件の下では, ハブ&スポーク化はハブ空港地域, 非ハブ空港地域双方の利用者の利便性を増加させる。しかし, 同時に非ハブ空港地域の利用者がハブ空港を経由すると, ハブ空港を離発着する路線の便数が増加するという外部経済がハブ空港地域の利用者にもたらされるため, 利便性の地域間格差も拡大することが確認できた。

しかし, 本研究ではフルプライス需要関数, 待ち時間関数の線形化, 機材の容量制約を考慮しないなど, さまざまな単純化や仮定を設けている。今後, これらの仮定を緩め, さらに現実に即した分析が望まれる。