

都市間交通ネットワークにおける事業者間の競争と協力が交通利便性にもたらす影響

大窪 和明¹・織田澤利守²

¹博士(学術) 埼玉大学助教 理工学研究科, (〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255)
E-mail: okubo@dp.civil.saitama-u.ac.jp

²博士(工) 神戸大学准教授 工学研究科, (〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 1W-305)
E-mail: ota@opal.kobe-u.ac.jp

人口の減少とともに都市間交通ネットワークの利用者数の減少が予想される中で、交通利便性が維持できるような計画が必要とされている。鉄道や航空の事業者が協調し、補完的にサービスを提供することは一つの有効な手段になると考えられる。本研究では人口減少社会において航空事業者が鉄道事業者と協調してサービスを提供するインセンティブがあることを示す。しかし、航空事業者には協調するインセンティブはあるものの、その戦略が鉄道および航空運賃の上昇をもたらす、利用者の交通利便性を低下させてしまう可能性があることを示した。この利便性を低下させてしまう条件が、航空または鉄道を利用したときの所要時間および各事業者が独占的にサービスを提供できる区間の大小関係によって特徴づけられることを明らかにした。

Key Words : Intercity transportation network, cooperation between air and rail

1. はじめに

これまでの我が国では人口の増加に支えられ、鉄道や航空による緻密な都市間交通ネットワークが形成されてきた。その中で、幹線鉄道と航空が一部の路線で競争することによって、より利便性の高いサービスが提供されてきた。しかし、人口減少社会を迎えた現在、こうした競争が利用者の利便性を必ずしも高めるわけではないといえる。例えば、村上ら(2006)¹⁾では、新北九州空港の開港(2006年)によって、鉄道事業者は東京博多間の直通列車を増発させ、航空と鉄道との競争が激化した一方で、山陽新幹線の区間運行列車が減少したことを指摘した。これは、競争が激しい路線に各事業者が集中的に資源を投資することによって、利用者が比較的少ない他の路線への投資が減少した結果であると考えられる。今後、人口の減少に伴う都市間交通ネットワークの利用者数の減少が予想される中で、交通利便性を維持または向上できるような政策方針が望まれている。また世界的にも都市間交通ネットワークにおける事業者間の協調または競争関係に関する関心は高まっている(例えば、Behrens and Pels²⁾ や Fu et al³⁾)。

鉄道と航空の事業者とが協調して都市間交通サービスを提供することは、人口減少社会における交通利便性を維持する上で、有効な方法であると考えられる。事業者間の協調として、例えば、鉄道と航空の乗り継ぎ路線を提供することが挙げられる。国土の狭い我が国に

においても幹線交通機関相互の乗り継ぎは存在している。第5回純流動旅客調査の結果⁴⁾を基に、図-1は横軸に207生活圏でのODペア(207×207ペア)、縦軸に各ODペアの年間利用者数をとり、利用者数の多い順に並べたものである。ただし、図-1の旅客数は、幹線交通機関を乗り継ぐことなく、航空のみで各ODペアを移動した利用者数を表している。図-1の場合、全ODペアの約15%に当たる6249個のODペアにおいて幹線交通機関は航空のみでの移動である。次に、図-1の横軸にとったODペアの順番を横軸にとり、各ODペアの乗り継ぎ利用者数を図-2にとる。すなわち図-2では、居住地から旅行先までの移動に、幹線鉄道を利用し、その後、航空に乗り継いだ利用者数を表している。図-1と図-2の比較から、航空だけでは移動できないODペアも鉄道と航空の乗り継ぎを利用することによって、移動出来ている。具体的には航空のみの利用者がゼロのODでも、鉄道から航空への乗り継ぎで移動している利用者は、全部で年間188,028人程度、存在している。すなわち、幹線鉄道と航空を乗り継いで移動する経路は、利用者の移動範囲の拡大に貢献しているといえる。

村上ら(2006)の研究でも、鉄道が近中距離帯のサービスを分担して航空を補完することが、消費者余剰や鉄道旅客の増大につながることを示している。しかし、事業者間の協調が、自然にもたらされるものなのか、政策的な介入を必要とするものなのか、は自明ではない。例えば、Takebayashi(2014)⁵⁾では、鉄道事業者と航空事

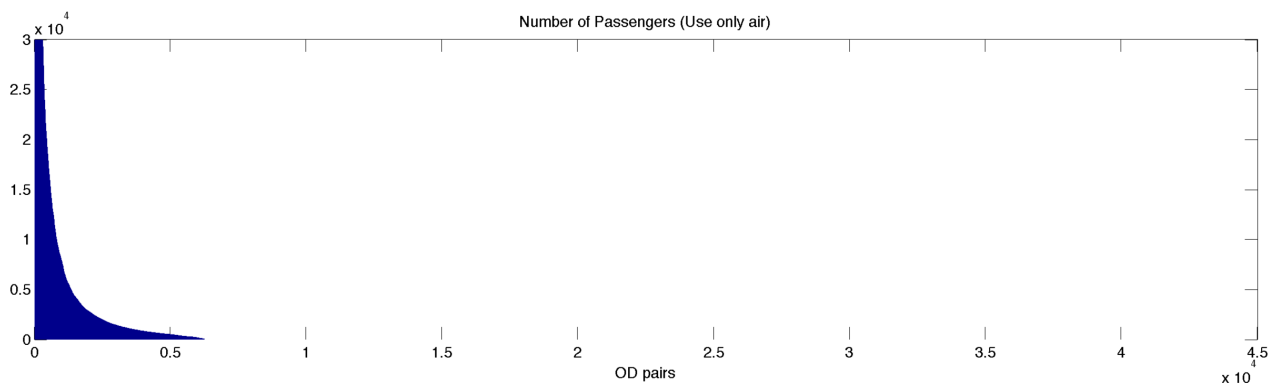


図-1 居住地から旅行先まで航空のみを利用した旅客数（人）

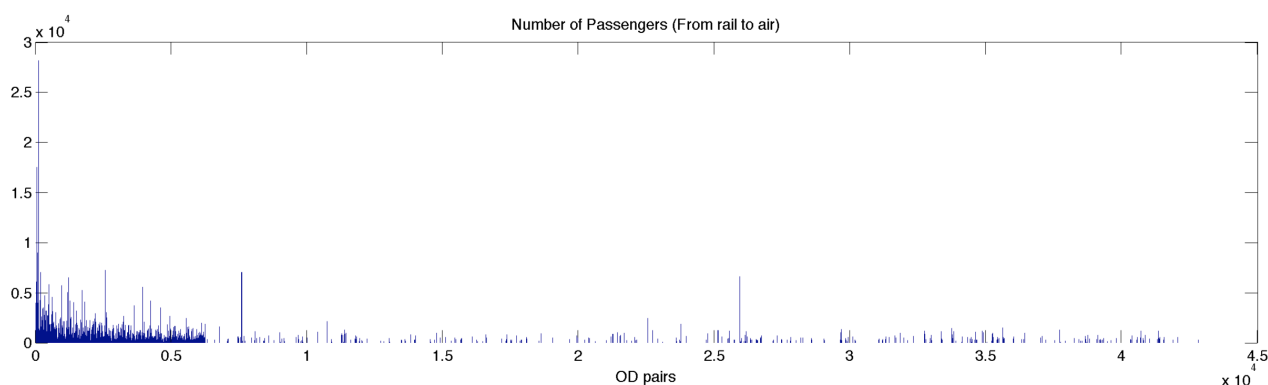


図-2 居住地から旅行先まで鉄道から航空に乗り継ぎをして移動した旅客数（人）

業者が協調して交通サービスを提供するインセンティブは非対称であることを示している。すなわち、航空事業者が国際線と国内線を運行し、国内線は国内の鉄道事業者と競合関係にある状況において、航空事業者にとっては鉄道事業者と協調するインセンティブがあるが、鉄道事業者にとっては協調するインセンティブがないことを示している。

また、鉄道と航空の事業者が相互に乗り継ぎをしやすくするなどの協調的サービスの提供が社会に与える影響は、様々な外的要因によって異なる。Jiang and Zhang(2014)⁶⁾では、世界各国で高速鉄道が整備される中で、鉄道と航空を乗り継ぐような路線を提供することが社会厚生にもたらす影響の理論分析を行っている。その結果、ハブとなる空港の容量制約が厳しい条件下においてのみ、鉄道と航空の事業者が協調して相互に乗り継ぐ路線を提供することが社会厚生を改善することを示している。

我が国においては、空港の容量制約が問題とならないような地方の空港においても、幹線鉄道から航空への乗り継ぎが行われている。表-1は図-1, 2と同様に第5回純流動旅客調査の結果⁴⁾を用いて、幹線交通機関の鉄道から航空に乗り継いだ利用者が乗り継ぎに利用

表-1 幹線鉄道からの乗り継ぎが多い空港

順位	空港名	利用者数(人)	順位	空港名	利用者数(人)
1	羽田	527700	11	広島	4823
2	福岡	169200	12	鹿児島	4115
3	関西	71934	13	成田	3730
4	伊丹	62252	14	熊本	3682
5	新千歳	62022	15	函館	3622
6	小牧	26069	16	岡山	3102
7	仙台	17303	17	旭川	2481
8	神戸	12535	18	宮崎	2366
9	小松	8066	19	秋田	2249
10	北九州	5005	20	出雲	2231

した空港を表しており、年間の利用者数が多い空港から順に示したものである。

表-1から、羽田空港や関西空港といったハブ空港だけでなく、仙台空港や小松空港も鉄道から乗り継いで航空を利用するための空港として利用されている。これらの空港では鉄道から乗り継いでくる利用者は、航空路線の頻度の維持に貢献していると思われる、鉄道と航空を乗り継ぐような路線を積極的に提供することが、交通利便性を上昇させるものと思われる。したがって、

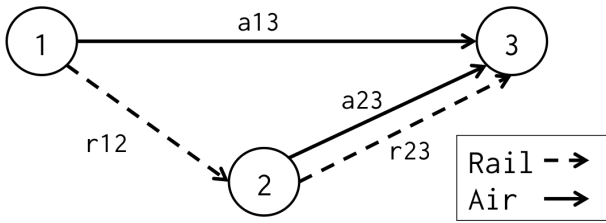


図-3 対象とするネットワーク構造

空港の容量制約だけでなく、我が国の現状に即した状況設定の下で、鉄道と航空の事業者間での協調が社会にもたらす影響を調べる必要がある。

そこで本研究では、都市間交通ネットワークにおいて事業者間の協調関係がどのような条件下で形成されるか、またその結果として、交通利便性や社会厚生にどのような影響を及ぼすかについて明らかにすることを目的とする。なお、事業者間の協調とは、鉄道と航空を相互に乗り継ぐような経路を提供することを指す。本稿では、単一 OD ペア・3 経路の仮想的な都市間交通ネットワークにおいて、航空事業者の路線選択の結果、事業者間の競争、もしくは協調関係が内生的に形成されるモデルを構築する。その上で、事業者間の協調が形成されるための条件を導くとともに、社会厚生に及ぼす影響について分析する。

2. モデルの定式化

(1) 状況設定

本研究では図-3 に示すような都市間交通ネットワークを考える。利用者はノード 1 を出発し、ノード 3 を目的地とする利用者のみを対象とし、利用者の需要規模を N 人とする。本研究では、人口の減少を利用者の需要規模の減少として表す。利用者は、鉄道または航空事業者が提供する 3 つの経路を利用することができ、それぞれの一般化費用を比較して、最も費用が小さい経路を利用する。

航空事業者はノード 1 からノード 3 まで乗り継ぎをすることなく移動できる路線 a_{13} と、ノード 2 からノード 3 までの路線 a_{23} を運航できると考える。ただし、利用者が路線 a_{23} を利用する場合には、鉄道事業者が提供する路線 r_{12} を利用し、路線 a_{23} に乗り継ぐ必要がある。鉄道事業者はノード 1 から 2 までの路線 r_{12} とノード 2 から 3 までの路線 r_{23} の 2 つの路線を運行できるものとする。

(2) 鉄道事業者の行動

鉄道事業者は鉄道の利用者から得られる運賃収入から路線の運行にかかる固定費用を引いた利潤が最大になるように運賃を設定すると仮定する。今、鉄道事業者が運行可能な全ての路線を運行したときの利潤関数を次のように定義する。

$$\max_{\mathbf{p}^r} \pi^r = p_{12}^r(q^{rr} + q^{ra}) + p_{23}^r q^{rr} - f_{12}^r - f_{23}^r \quad (1)$$

ただし、 p_{ij}^r はノード ij 間の鉄道運賃、 q^{rr} はノード 1 から 3 まで鉄道を乗り継いで移動した利用者である、 q^{ra} はノード 1 から 2 まで鉄道で移動し、ノード 2 からは航空に乗り継いで移動した利用者数である ($\mathbf{p}^r = \{p_{12}^r, p_{23}^r\}$)。 f_{ij}^r はノード ij 間の路線を運行するのに必要な固定費用であり、燃料や人件費は利用者数に関わらず一定であると考えられる。

ここで鉄道を利用してノード ij 間を移動することにかかる時間を t_{ij}^r とし、鉄道事業者は時間当たりの鉄道運賃 p^r を決めると仮定する。ただし、ノード ij 間の距離と時間が線形関係にあると考えて p^r を距離当たりの運賃としても結果には影響をもたらさない。時間当たりの鉄道運賃 p^r を用いることによって、式 (1) は、次のように書き直すことができる。

$$\max_{p^r} \pi^r = p^r(t_{12}^r + t_{23}^r)q^{rr} + p^r t_{12}^r q^{ra} - f_{12}^r - f_{23}^r \quad (2)$$

(3) 航空事業者の行動

鉄道事業者と同様に、航空の利用者から得られる運賃収入から路線の運航にかかる固定費用を引いた利潤が最大になるように運賃を設定すると仮定し、利潤関数を次のように定義する。

$$\max_{\mathbf{p}^a} \pi^a = p_{13}^a q^a + p_{23}^a q^{ra} - f_{13}^a - f_{23}^a \quad (3)$$

ただし、 p_{ij}^a は ij 間の航空運賃、 q^a はノード 1 から 3 まで航空を利用して直接、移動する利用者数、 q^{ra} はノード 2 において鉄道から航空に乗り換えて移動する利用者数である。 f_{ij}^a は ij 間を運航することにかかる固定費用である。鉄道事業者の場合と同様に、時間当たりの航空運賃 π^a 、ノード ij 間の所要時間 t_{ij} を用いて、式 (3) を次のように書き直す。

$$\max_{p^a} \pi^a = p^a t_{13}^a q^a + p^a t_{23}^a q^{ra} - f_{13}^a - f_{23}^a \quad (4)$$

(4) 利用者の行動

利用者は、ノード 1 から 3 に移動するときに最大で 3 つの経路が利用可能であり、それぞれの一般化費用を比較して、最も費用が小さい経路を利用すると仮定する。ここでは利用者の時間価値 θ が異なるを考える。ノード 1 から 3 まで 鉄道から航空に乗り継ぐ経路 ra 、鉄道を乗り継ぐ経路 rr 、航空のみの経路 a を利用したときの

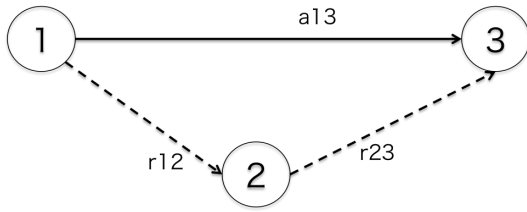


図-4 競争戦略

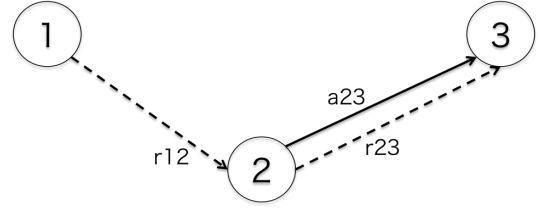


図-5 協調戦略

一般化費用は、それぞれ、

$$C^{ra} = \theta(t_{12}^r + t_{23}^a) + p_{12}^r + p_{23}^a - \beta^r(q^{rr} + q^{ra}) - \beta^a q^{ra} + \gamma \quad (5)$$

$$C^{rr} = \theta(t_{12}^r + t_{23}^r) + p_{12}^r + p_{23}^r - \beta^r(2q^{rr} + q^{ra}) \quad (6)$$

$$C^a = \theta t_{13}^a + p_{13}^a - \beta^a q^a \quad (7)$$

ただし、 β^r, β^a は利用者数の増加に伴う頻度の上昇や車両数の増加など交通利便性が上昇する効果を表している。例えば、経路 ra においては、ノード 1-2 間で鉄道を利用する旅客の数は q^{rr} と q^{ra} の合計に比例した分、ノード 2-3 間では航空利用者 q^{ra} のみに比例した分だけ交通利便性が向上する。各一般化費用は時間価値、利用した交通機関の運賃および利用者数に応じた交通利便性の向上効果によって厚生されている。また、鉄道から航空に乗り換える際に生じる乗り換えの費用をパラメータ γ で表す。

3. 各事業者の最適運賃と利潤関数の導出

(1) 状況設定

今、図-3の状況から、全体の利用者数 N が減少してきたことにより、全ての路線を維持することが困難となり、一部の路線を取りやめる状況を考える。ここでは航空事業者が路線 a_{13} のみを運航することを鉄道事業者とノード 1 から競争するという意味で競争戦略(図-4)と呼ぶ。航空事業者が競争戦略をとった場合、利用者は航空のみ、または鉄道のみを経路を選択する。

ノード 1 から 2 までの移動を鉄道に任せて、路線 a_{23} のみを運航することを協調戦略(図-5)と呼ぶ。航空事業者が協調戦略をとった場合には、ノード 2 において鉄道から航空に乗り継ぐ経路が存在する。この乗り継ぎ経路の提供を鉄道と航空の事業者間の協調として捉え、鉄道と航空の乗り継ぎしやすさを γ として与える。このような事業者間の協調の形態は、Jiang and Anming においても見られる。

本研究では、競争戦略と協調戦略における航空事業者の利潤を比較することによって、航空事業者の最適な運航戦略を示す。

(2) 競争戦略における運賃および利潤関数

航空事業者が競争戦略をとったときの各事業者の利潤は、式(2),(4)を用いて、

$$\max_{p^r} \pi^r = p^r(t_{12}^r + t_{23}^r)q^{rr} - f_{12}^r - f_{23}^r \quad (8)$$

$$\max_{p^a} \pi^a = p^a t_{13}^a q^a - f_{13}^a \quad (9)$$

となる。また各旅客のコストは、

$$C^{rr} = \theta(t_{12}^r + t_{23}^r) + p_{12}^r + p_{23}^r - 2\beta^r q^{rr} \quad (10)$$

$$C^a = \theta t_{13}^a + p_{13}^a - \beta^a q^a \quad (11)$$

と表せる。ここで、ノード 13 間の移動には、航空を利用したときの方が所要時間が短いと考え ($t_{13}^a < t_{13}^r$)、時間価値の低い人が航空を利用すると考える。このとき、航空よりも鉄道の方が一般化費用が小さくなる条件、すなわち $C^{rr} \leq C^a$ となる時間価値の閾値 θ_1^* は、

$$\theta <= \frac{p^a t_{13}^a - p^r t_{13}^r - \beta^a q^a + 2\beta^r q^{rr}}{t_{13}^{rr} - t_{13}^a} = \theta_1^* \quad (12)$$

となる。ノード 1 から出発する利用者 N とおき、そのうちの割合 θ^* の人口が $C^{rr} \leq C^a$ を満たし、鉄道を利用するため、

$$N\theta_1^* = q^{rr} \quad (13)$$

と表せる。また、2つの経路の利用者の合計は全需要規模と等しくなることから、

$$q^{rr} + q^a = N \quad (14)$$

であることを踏まえると、 q^{rr} の需要関数は、

$$q^{rr} = \phi_1(p^a t_{13}^a - p^r t_{13}^r - \beta^a N) \quad (15)$$

ただし

$$\phi_1 = \frac{N}{t_{13}^{rr} - t_{13}^a - (\beta^a + 2\beta^r)N} \quad (16)$$

と表すことができる。これを式(8)に代入して鉄道事業者の最適な鉄道運賃を導出すると、

$$p^r = \frac{(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) - 2(\beta^a + \beta^r)N}{3t_{13}^{rr}} \quad (17)$$

となる。また、航空事業者の利潤関数(式(9))に代入して、最適な航空運賃を求めると、

$$p^a = \frac{2(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) - (\beta^a + 4\beta^r)N}{3t_{13}^a} \quad (18)$$

となる。この式から、航空事業者は所要時間 t_{13}^a が短くなるほど航空運賃を高く設定する。また利用者数に対する交通利便性の向上効果 β^a が大きいほど、航空運賃を小さく設定することができる。また鉄道における利用者数の増加による交通利便性の効果 β^r の影響も強く受けており、 β^r が大きくなるほど、利用者のシェア争いが厳しくなるため、航空事業者は航空運賃を下げる事がわかる。

これらの式を用いて、鉄道および航空事業者それぞれの利潤関数を導出すると、

$$\pi^r = \frac{N \{(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) - 2(\beta^a + \beta^r)N\}^2}{3(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) - (\beta^a + 2\beta^r)N} - f_{12}^r - f_{23}^a \quad (19)$$

$$\pi^a = \phi_1 \left(\frac{1}{3}\beta^a N + \frac{2N}{3\phi_1} \right)^2 - f_{13}^a \quad (20)$$

となる。

(3) 協調戦略における運賃および利潤関数

航空事業者が協調戦略をとったときの各事業者の利潤は、式(2),(4)を用いて、

$$\max_{p^r} \pi^r = p^r(t_{12}^r + t_{23}^r)q^{rr} + p^r t_{12}^r q^{ra} - f_{12}^r - f_{23}^a \quad (21)$$

$$\max_{p^a} \pi^a = p^a t_{23}^a q^{ra} - f_{23}^a \quad (22)$$

と表せる。また各経路を利用したときの利用者の一般化費用は、

$$C^{ra} = \theta(t_{12}^r + t_{23}^a) + p_{12}^r + p_{23}^a - \beta^r(q^{rr} + q^{ra}) - \beta^a q^{ra} + \gamma \quad (23)$$

$$C^{rr} = \theta(t_{12}^r + t_{23}^r) + p_{12}^r + p_{23}^r - \beta^r(2q^{rr} + q^{ra}) \quad (24)$$

と表せる。ここでは鉄道よりも航空の方が所要時間が長く ($t_{13}^{rr} > t_{13}^a$) とし、鉄道の方が一般化費用が $C^{rr} \leq C^{ra}$ となるための θ の閾値 θ_2^* は、

$$\theta \leq \frac{\beta(q^{rr} - q^{ra}) + \gamma - p^r t_{23}^r + p^a t_{23}^a}{t_{13}^{rr} - t_{13}^a} = \theta_2^* \quad (25)$$

となる。したがって鉄道のみを利用する利用者数 q^{rr} は、 θ_2^* を用いて、

$$N\theta_2^* = q^{rr} \quad (26)$$

と表せる。また全ての利用者が経路 rr または経路 ra を利用することを考え、

$$q^{rr} + q^{ra} = N \quad (27)$$

を満たすことを踏まえると、協調戦略をとった場合の需要関数 q^{rr} は、

$$q^{rr} = \phi_2(p^a t_{13}^a - p^r t_{13}^r - \beta^a N + \gamma) \quad (28)$$

ただし、

$$\phi_2 = \frac{N}{t_{23}^r - t_{23}^a - (\beta^a + \beta^r)N}$$

となり、これを鉄道事業者の利潤関数に代入して、最適な運賃を導出すると、

$$p^r = \frac{N}{3\phi_2 t_{23}^r} \left(1 + 2\frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right) - \frac{\beta^a N - \gamma}{3t_{23}^r} \quad (29)$$

となる。また航空事業者についても、同様に最適な航空運賃を導出すると、

$$p^a = \frac{N}{3\phi_2 t_{23}^a} \left(2 + \frac{t_{12}^r}{t_{23}^a} \right) + \frac{\beta^a N - \gamma}{3t_{23}^a} \quad (30)$$

となる。鉄道と航空の乗り換えが悪いほど、鉄道、航空の運賃が低くなる傾向にある。

これらの式を用いて、航空事業者の利潤関数を求めると、

$$\pi^a = \phi_2 \left\{ \frac{N}{3\phi_2} \left(2 + \frac{t_{12}^r}{t_{23}^a} \right) + \frac{\beta^a N - \gamma}{3} \right\}^2 - f_{13}^a \quad (31)$$

となる。

4. 協調の効果

(1) 利用者数が利便性に影響しない場合 ($\beta^r = \beta^a = 0$)

ここでは利用者数に応じた交通利便性の変化がゼロであると仮定したときに ($\beta^r = \beta^a = 0$)、航空事業者が競争戦略または協調戦略のどちらの戦略を選択するかを考える。航空事業者は、競争戦略または協調戦略の中から、利潤が高い方の戦略を選択する。このときの各戦略における航空事業者の利潤関数 π_1^a, π_2^a は、次のように書き直すことができる。

競争戦略

$$\pi_1^a = \frac{4}{9}(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)N - f_{13}^a \quad (32)$$

協調戦略

$$\pi_2^a = \frac{1}{9} \left(2 + \frac{t_{12}^r}{t_{23}^a} \right)^2 (t_{23}^r - t_{23}^a)N - f_{23}^a \quad (33)$$

となる。ただし、鉄道と航空の乗り継ぎに要する費用 γ がゼロである場合を考えた。ここで航空路線は長くなるほど、運航費用が高くなると考え、 $f_{13}^a > f_{23}^a$ とすると、需要規模 N の変化に対する競争戦略と協調戦略の航空事業者の利潤は、それぞれ図-6、図-7のように二つのパターンに分けることができる。すなわち、航空事業者の路線選択が需要規模に応じて変わらない場合(図-6)と、変わる場合(図-7)であり、式(32)、(33)の需要規模 N に関する傾きを調べることによって、航空事業者はどちらの戦略をとるインセンティブがあるかを調べる。

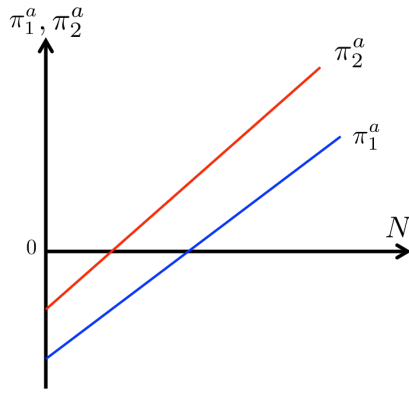


図-6 需要規模に応じて最適な路線選択が変わらない場合

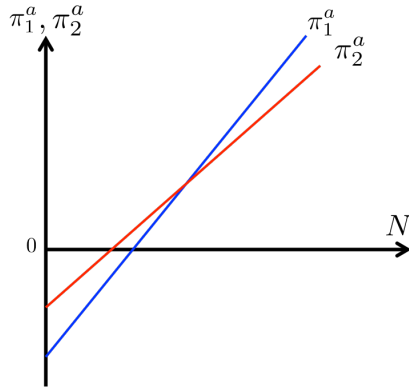


図-7 需要規模に応じて最適な路線選択が変わる場合

利用者の一般化費用は、所要時間と運賃との合計で表されるため、運賃が安いほど、利用者にとって望ましい路線選択であると考えられる。すなわち、各戦略の鉄道および航空の事業者の運賃は

競争戦略

$$p_1^a = \frac{2}{3t_{13}^a}(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) \quad (34)$$

$$p_1^r = \frac{1}{3t_{13}^{rr}}(t_{13}^{rr} - t_{13}^a) \quad (35)$$

協調戦略

$$p_2^a = \frac{1}{3t_{23}^a} \left(2 + \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right) (t_{23}^r - t_{23}^a) \quad (36)$$

$$p_2^r = \frac{1}{3t_{23}^r} \left(1 + 2 \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right) (t_{23}^r - t_{23}^a) \quad (37)$$

となる。

式(34)と式(36)について、需要規模 N に関する傾きを比較し、

$$\frac{t_{13}^{rr} - t_{13}^a}{t_{23}^r - t_{23}^a} \leq \left(1 + \frac{1}{2} \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right)^2 \quad (38)$$

の条件式を満たす場合、航空事業者の利潤関数は図-6のようになり、二つの戦略の利潤関数は交わらない。これは航空事業者にとって、需要規模に関わらず協調戦略をとることが最適となることを意味している。この条件式中の $(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)/(t_{23}^r - t_{23}^a)$ は、距離に対する航空の所要時間の低減効果を表しており、路線が長距離になるほど鉄道と航空との所要時間は差異は大きくなるため、 $(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)/(t_{23}^r - t_{23}^a)$ の値は1より大きい値を取る。この $(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)/(t_{23}^r - t_{23}^a)$ の値が、それほど大きくない場合には、航空事業者は協調対策をとりやすいといえる。

ここで距離に対する航空の所要時間の低減効果 $(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)/(t_{23}^r - t_{23}^a)$ が、さらに大きくなった場合、競争または協調戦略をとったときの利潤関数は交差し、図-7のようになる。このときの条件は、

$$\frac{t_{13}^{rr} - t_{13}^a}{t_{23}^r - t_{23}^a} > \left(1 + \frac{1}{2} \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right)^2 \quad (39)$$

と表される。図-7は需要規模が多いときは航空事業者は競争戦略をとるが、需要規模が小さいときは協調戦略をとるインセンティブがあることを意味している。

ここで鉄道および航空運賃の観点から、航空事業者の戦略の違いが利用者の交通利便性にもたらす影響を調べる。式(39)の条件の下で、さらに、

$$\left(1 + \frac{1}{2} \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right) \frac{t_{13}^a}{t_{23}^a} \leq \frac{t_{13}^{rr} - t_{13}^a}{t_{23}^r - t_{23}^a} \quad (40)$$

も満たしていれば、航空事業者による協調戦略は、鉄道および航空の運賃を下げるため、利用者の交通利便性を向上させることになる。逆に、式(39)の条件の下で、

$$\frac{t_{13}^{rr} - t_{13}^a}{t_{23}^r - t_{23}^a} \leq \left(1 + \frac{1}{2} \frac{t_{12}^r}{t_{23}^r} \right) \frac{t_{13}^a}{t_{23}^a} \quad (41)$$

を満たしていれば、航空事業者が協調戦略をとることにより、鉄道および航空の運賃は上昇する。すなわち、需要規模が小さいときに鉄道と航空の事業者が協調してサービスを提供するが、結果的に運賃は上昇し、利用者の交通利便性を下げてしまう。

5. 結論

本研究では人口減少社会において航空事業者が鉄道事業者と協調してサービスを提供するインセンティブがあることを示した。具体的には、需要規模が小さいときには、航空事業者が一部の路線を鉄道事業者任せ、そこから乗り継ぐ利用者にサービスを提供するインセンティブがある。しかし、協調戦略は、鉄道および航空の運賃を下げ、利用者の交通利便性を高める場合がある一方で、運賃を上げ、交通利便性を高めてしまう条件を示した。この条件は、各事業者が独占的に交通サービスを提供できる区間 t_{12}^r, t_{13}^a および距離に対する航空の所要時間の低減効果 $(t_{13}^{rr} - t_{13}^a)/(t_{23}^r - t_{23}^a)$ に

よって特徴づけられる。発表会においては、これらの条件式の現実的インプリケーションや社会厚生から見た二つの戦略の効率性も加えて報告する予定である。

謝辞 本研究は日本学術振興会・科学研究費補助金（課題番号：25289157）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 村上直樹，竹内太郎，奥村誠，塚井誠人：航空との補完的サービスを考慮した最適鉄道運行計画，土木計画学研究論文集，Vol.23，No.3，pp.629-634，2006.
- 2) Behrens, C., Pels, E.: Intermodal competition in the London-Paris passenger market: high-speed rail and air transport. *Journal of Urban Economics*, Vol.71, pp.278-288, 2012.
- 3) Fu, X. and Oum, J., Yan, J.: An analysis of travel demand in Japan's inter-city market: empirical estimation and policy simulation, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.48, pp.97-113, 2014.
- 4) 国土交通省：第五回（2010）全国幹線旅客純流動調査，2010。
- 5) Takebayashi, M.: The future relations between air and rail transport in the island country, *Transportation Research Part A*, Vol.62, pp.20-29, 2014.
- 6) Jiang, C., Zhang, A. : Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint, *Transportation Research Part B*, Vol.60, pp.33-49, 2014.

(2014. 4. 25 受付)