

高速鉄道と航空の提携効果に関する分析

佐藤 公俊

近年、複数のモードの連携を通じて、効率的に利用者の利便性を高めることを目的とした交通のマルチモーダル化が注目されている。本稿では、ドイツにおける航空と高速鉄道による共同運行サービスの事例を紹介するとともに、最近の研究成果について解説する。特に、顧客の購買選択を考慮した需要関数を多項ロジットモデルを用いて与え、利益最大化を目的とする航空と鉄道の提携モデルを提案し、市場シェアや社会的厚生に対する提携効果を定性的に示すことを目的とする。

キーワード：航空と鉄道、競合と提携、多項ロジットモデル、価格決定

1. はじめに

訪日外国人需要の増加とともに空港の混雑が問題となっている。主要空港では発着回数の制限によりフライトの遅延や航空会社の新規参入、増便が困難となるなどの問題が顕在化している。新たな滑走路の建設による発着枠の拡大には限界があるため、空港容量の効率的な利用が求められているなかで、混雑税の設定や競争入札制などによる発着枠の配分方針が検討されている [1]。本稿では、混雑解消手法として、近年国外の混雑空港において導入が進んでいる航空と鉄道の提携サービスに着目し、その現状と評価モデルを紹介する。

2. 提携サービスについて

AIRail サービスは空港混雑の緩和と温暖化対策を目的として、2001年3月にフランクフルトとシュトゥットガルト間において、ルフトハンザドイツ航空とドイツ国鉄、フラポート（フランクフルト空港：FRA）が共同で始めたサービスである [2]。これはドイツ国鉄の高速鉄道である ICE (InterCity Express) をルフトハンザの便名で運行するサービスであり、既存の航空路線を高速鉄道により代替輸送することで環境への配慮や利便性を高めるための取り組みである。AIRail サービスの最大の特徴は航空会社と鉄道のコードシェア（共同運行）であり、具体的には以下のようなサービスが実施されている [3, 4]。(i) 航空会社の Web サイトから航空と鉄道の両チケットが同時に購入可能である（図 1 を参照）。(ii) 航空がビジネスクラス、プレミアムエコノミークラスの顧客は一等車が予約される。エコノミー



図 1 ルフトハンザ航空のチケット予約サイト [5]

の場合は、二等車が予約される。(iii) 列車の 15 分前までにオンラインまたはモバイルチェックインにて搭乗券を発行する。(iv) 航空だけでなく鉄道区間のマイルが貯まる。フランクフルトで AIRail サービスが始まった当時は、上記のサービスに加えて、出発地で預けた手荷物を目的地まで輸送するサービスが実施されていたが、現在廃止となっている。このため、空港から目的地までの鉄道区間は自身で手荷物を管理しなければならない。

現在では、フラポートと 5 都市の間で AIRail サービスは導入されており、鉄道駅に IATA コードが割り振られ、鉄道が航空ネットワークの代替として活用されている。また、ドイツ以外では、たとえばパリ＝シャルルド・ゴール空港 (CDG) において TGV (Train Grande Vitesse) とエールフランス、上海虹橋空港 (SHA) において CRH (China Railway High-speed) と中国国際航空により同様の取り組みが行われている。表 1 は各空港において提携サービスが提供されている都市の

さとう きみとし
神奈川大学工学部経営工学科
〒 221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1
k-sato@kanagawa-u.ac.jp

表 1 乗り換え空港から目的地駅までの時間と距離

空港	駅	時間(分)	距離(km)*
FRA	ドルトムント	132	227
	シュトゥットガルト	76	194
	デュッセルドルフ	71	215
	カールスルーエ	67	129
	ケルン	50	180
CDG	トゥーロン	285	860
	ニーム	217	734
	アヴィニョン	189	712
	ナント	181	406
	ヴァランス	169	585
SHA	無錫市	48	125
	杭州市	45	167

*グーグルマップの自動車を用いた移動検索から算出。

中から輸送距離が長い区間をまとめたものである。この表より、ドイツ、中国では空港から120~220 kmの距離に位置する都市に提携サービスが導入されているのに対して、フランス国内では、最長で860 kmの長距離市場においても導入が進んでいることがわかる。

近年、AIRail サービスのような複合的輸送サービスは日本国内でも導入され始めている。たとえば、格安航空会社のPeachは空港から先の各地を結ぶ鉄道のチケットを機内で割引販売しており、共同運行に近いサービスとなっている[6]。そのほかに、JRより販売中のレール&レンタカー[7]や秋田港を窓口にしてロシアとの物流を鉄道と船で行うシー&レール構想なども検討されている[8]。このような新たなサービスの導入は利用者の利便性や地域活性化に貢献することになる。日本国内では航空と鉄道は競合関係にあるが、新幹線ネットワークが拡充しているため、AIRailサービスの導入は可能であると思われる。次節以降はAIRailサービスの提携効果に関する研究成果と評価モデルを紹介する。

3. 提携モデルの関連研究

これまでに、航空と鉄道の競争に関する研究は数多く、Park and Ha [9], Adler et al. [10], Yang and Zhang [11], Behrens and Pels [12], Adler et al. [13]などによる論文が発表されている。航空と鉄道の提携を扱った研究は限られており、Givoni and Banister [2]はロンドンとヒースロー空港を対象に提携効果を分析し、ヒースロー空港に鉄道駅を建設することで、空港利用者数を10%削減できることを示している。また、Socorro and Viecens [14], Jiang and Zhang [15]では、3都市のネットワークにおいて二次効用関数から得られる価格需要関数のもとで提携モデルを定式化し、

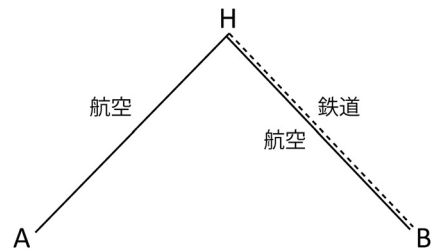


図 2 3都市の輸送ネットワーク

提携の効果进行分析している。ここでは、鉄道と航空の代替可能性が低い場合には提携により社会的厚生が増加することを示している。また、代替可能性が高い場合には、空港の容量に対する需要量が多い場合に限り、社会的厚生が増加することを示している。しかし、各輸送機関の特徴や顧客の非購入選択（たとえば、高速バスの利用、競合他社の利用など）が提携効果にどのような影響を与えるかについては明らかにされていない。そこで、次節では、多項ロジットモデルを用いて需要関数を与え、先行研究と同様に航空と鉄道が互いに競合している場合と提携している場合とのそれぞれの価格決定モデルを定式化する。そして、最適価格の下での期待収益と消費者余剰、社会的厚生を比較し、提携効果を分析する。

4. モデルの定式化

本研究では、図2に示す三つの都市A, B, Hを結ぶ輸送ネットワークを考える。都市Aからハブ空港のある都市Hまでの輸送市場を市場1とする。この区間は航空のみ運行しており、鉄道は運行していない。都市Hと都市Bの区間を市場2とし、この区間では高速鉄道と航空が運行している（国内市場と呼ぶ）。さらに、都市Aから都市（空港）Hで乗り換え、都市Bへ向かう輸送市場を市場3とする（乗り換え市場と呼ぶ）。すなわち、都市Hを航空に乗り換えるためだけに滞在する（空港外に出ない）顧客を市場3の顧客とし、都市Hを観光などで滞在したあと、都市Bに移動する顧客は市場1と市場2のそれぞれの顧客とみなす。また、都市Aから都市Bへの直行便は運行していないものとする。たとえば、日本国内では新幹線と航空が競合する金沢と羽田がそれぞれ都市Bと都市Hにあたる。

市場 i ($i = 1, 2, 3$)における潜在顧客数（年間の顧客数、都市人口など）を M_i とする。輸送機関を表す添え字を j とし、 $j = a, j = r$ はそれぞれ航空と鉄道を表す。市場 i における輸送機関の集合を \mathcal{N}_i とすると、

$\mathcal{N}_1 = \{a\}$, $\mathcal{N}_2 = \{a, r\}$, $\mathcal{N}_3 = \{a\}$ となる。

市場 i における輸送機関 j の価格を $f_{i,j}$ とし、市場 i における価格ベクトルを $\mathbf{f}_i = \{f_{i,j}\}_{j \in \mathcal{N}_i}$ とする。顧客は各市場で提供されている輸送機関のうち一つの機関のチケットを購入するか、または購入しないかを選択する。購入しない場合、顧客は移動を諦めるか他社のサービスを選択する。顧客の選択確率（シェア） $p_{i,j}(\mathbf{f}_i)$ は多項ロジットモデルに従うものとし、以下で与えられる：

$$p_{i,j}(\mathbf{f}_i) = \frac{e^{\frac{1}{\mu}(b_{i,j} - \beta_i f_{i,j})}}{\sum_{j \in \mathcal{N}_i} e^{\frac{1}{\mu}(b_{i,j} - \beta_i f_{i,j})} + e^{\frac{u_{i,0}}{\mu}}}. \quad (1)$$

ここで、 $b_{i,j}$ は各機関のサービス品質、 $u_{i,0}$ は非購入による効用を表す。また、 β_i は価格の係数、 μ は顧客の好みのばらつきに関するパラメータである。購入しない場合の確率は $p_{i,0}(\mathbf{f}_i) = 1 - \sum_j p_{i,j}(\mathbf{f}_i)$ となる。これより、各市場における需要量を $d_{i,j} \equiv M_i p_{i,j}$ と定義する。さらに、市場 i における輸送機関 j の費用関数 $C_{i,j}(\cdot)$ を需要量に対する変動費 $c_{i,j}$ と固定費 $I_{i,j}$ の和 $C_{i,j}(x) = c_{i,j}x + I_{i,j}$, $i = 1, 2, 3, j \in \mathcal{N}_i$ とする。

5. 競合モデルと提携モデルの定式化

本節では、高速鉄道と航空が競合している場合と提携している場合のモデルをそれぞれ定式化し、各モデルにおける各機関の最適価格とそのときの市場シェアを求める。

5.1 競合モデル

競合モデルでは、区間 HB（市場 2）において航空と高速鉄道が競合しており、区間 AH（市場 1）と区間 AHB（市場 3）では、航空は独占的である。空港容量を $y > 0$ として、航空会社は総利益が最大となる価格 $\mathbf{f}_a = (f_{1,a}, f_{2,a}, f_{3,a})$ を求める。

$$\begin{aligned} V_a = \max_{\mathbf{f}_a} & \sum_{i=1}^3 f_{i,a} d_{i,a} \\ & - C_{1,a}(d_{1,a} + d_{3,a}) - C_{2,a}(d_{2,a} + d_{3,a}), \\ \text{s.t.} & d_{1,a} + d_{2,a} + 2d_{3,a} \leq y. \end{aligned}$$

ここで、区間 AHB では、空港 H での乗り換え時に着陸と離陸が行われるため空港に対する需要量は $2d_{3,a}$ となる。したがって、上式の制約条件は市場 $i = 1, 2, 3$ の総需要 $d_{1,a} + d_{2,a} + 2d_{3,a}$ が容量 y 以下であることを意味している。また、鉄道は市場 2 において利益が最大となる価格 $f_{2,r}$ を求める：

$$V_r = \max_{f_{2,r}} \{f_{2,r} d_{2,r} - C_{2,r}(d_{2,r})\}.$$

このとき、市場 $i = 1, 2, 3$ における機関 $j = a, r$ の市場シェアおよび最適価格は

$$\begin{aligned} p_{i,j}^* &= \frac{W[A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]}{1 + \sum_{j \in \mathcal{N}_i} W[A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]} \\ f_{i,j}^* &= \frac{\mu}{\beta_i} (1 + W[A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]) + c_{i,j} + \bar{x}_{i,j}. \end{aligned}$$

となる。ただし、

$$\bar{x}_{i,j} = \begin{cases} \lambda_C^*, & (i, j) = \{(1, a), (2, a)\} \text{ のとき,} \\ 2\lambda_C^*, & (i, j) = (3, a) \text{ のとき,} \\ 0, & (i, j) = (2, r) \text{ のとき} \end{cases}$$

であり、 λ_C^* は制約条件のラグランジュ乗数である。関数 $W[\cdot]$ はランベルトの W 関数であり、次のように定義される： $z = W(z)e^{W(z)}$, (Corless et al. [16]). また関数 A は以下で与えられる：

$$A_{i,j}(x) = \exp \left\{ \frac{1}{\mu} (b_{i,j} - u_{i,0} - \mu - \beta_i (c_{i,j} + x)) \right\}.$$

5.2 提携モデル

提携モデルでは、新たに都市 A から空港 H に到着した顧客が鉄道に乗り換え、都市 B に移動する提携チケットの販売が市場 3 において行われる。これを AIRail サービス ($j = ar$) と呼ぶ。したがって、各市場における輸送機関の集合はそれぞれ $\mathcal{N}_1 = \{a\}$, $\mathcal{N}_2 = \{a, r\}$, $\mathcal{N}_3 = \{a, ar\}$ となる。提携モデルでは、空港容量の制約下で、両企業の利益の合計が最大となるように販売価格を決定する。

$$\begin{aligned} V_{ar} = \max_{\mathbf{f}_{ar}} & \sum_{i=1}^3 \sum_{j \in \mathcal{N}_i} f_{i,j} d_{i,j} \\ & - C_{1,a}(d_{1,a} + d_{3,a} + d_{3,ar}) \\ & - C_{2,a}(d_{2,a} + d_{3,a}) - C_{2,r}(d_{2,r} + d_{3,ar}), \\ \text{s.t.} & d_{1,a} + d_{2,a} + d_{3,ar} + 2d_{3,a} \leq y. \end{aligned}$$

ここで、 $\mathbf{f}_{ar} = (f_{1,a}, f_{2,a}, f_{3,a}, f_{2,r}, f_{3,ar})$.

上記の問題を解くと最適価格は以下のように求められる：

$$\tilde{p}_{i,j} = \frac{A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})}{\sum_{j \in \mathcal{N}_i} A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})} \frac{W[\sum_{j \in \mathcal{N}_i} A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]}{1 + W[\sum_{j \in \mathcal{N}_i} A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]},$$

$$\tilde{f}_{i,j} = \frac{\mu}{\beta_i} (1 + W[\sum_{j \in \mathcal{N}_i} A_{i,j}(\bar{x}_{i,j})]) + c_{i,j} + \bar{x}_{i,j}.$$

ここで、

$$\bar{x}_{i,j} = \begin{cases} \lambda_I^*, & (i,j) = \{(1,a), (2,a), (3,ar)\} \text{ のとき,} \\ 2\lambda_I^*, & (i,j) = (3,a) \text{ のとき,} \\ 0, & (i,j) = (2,r) \text{ のとき.} \end{cases}$$

λ_I^* は制約条件のラグランジュ乗数である。

5.3 社会的厚生について

本稿では、最大利益と消費者余剰の和を社会的厚生と定義する。最適価格が f のとき、消費者余剰は Small and Rosen [17] より以下で与えられる。

$$S(f) = \sum_{i=1}^3 M_i \frac{\mu}{\beta_i} \log \left(\sum_{j \in \mathcal{N}_i} e^{\frac{1}{\mu}(b_{i,j} - \beta_i f_{i,j})} + e^{\frac{u_{i,0}}{\mu}} \right).$$

したがって、競合モデルでの社会的厚生は $W = V_a + V_r + S(f^*)$ (ただし、 $f^* = (f_{1,a}^*, f_{2,a}^*, f_{3,a}^*, f_{2,r}^*)$)、提携モデルでは $\bar{W} = V_{ar} + S(\bar{f}_{ar})$ となる。しかし、市場ごとに潜在顧客数 M_i やサービス品質が異なるため、すべての市場の社会的厚生の総和を比較することは難しい。このため、次節では市場ごとの利益、消費者余剰、社会的厚生を定性的に比較する。

6. 提携効果の分析

6.1 容量制約のない場合

ここでは、空港容量に制約がない場合 ($y = \infty$) について考察する。この場合、5.1 節および 5.2 節において、ラグランジュ乗数を $\lambda_C^* = \lambda_I^* = 0$ とすると、各モデルの市場シェアや最適価格が得られる。各市場における市場シェアおよび価格に対する提携の効果を表 2 に示す。提携時の価格が競合時よりも高い場合 ($f_{i,j}^* < \tilde{f}_{i,j}$) を「+」で表している。また、価格が減少する場合 ($f_{i,j}^* > \tilde{f}_{i,j}$) を「-」、価格に変化がない場合 ($f_{i,j}^* = \tilde{f}_{i,j}$) を「=」として示す。「±」はどちらとも言えない場合を意味する。同様の記号を用いて、表 2 のシェアおよび表 3 の利益、消費者余剰、社会的厚生の比較結果を示している。表 2 の第 5 列の総需要は両機関のシェアの和である。市場 2 では競合時と提携時の航空シェアと鉄道シェアの和の比較を表し、市場 3 で

表 2 提携による価格と市場シェアの変化

		価格	シェア	総需要
市場 1	航空	=	=	=
市場 2	航空	+	±	-
	鉄道	+	±	
市場 3	航空	+	-	+

表 3 提携による社会的厚生の変化

	総利益	消費者余剰	社会的厚生
市場 1	=	=	=
市場 2	±	-	±
市場 3	±	+	±

は競合時の航空シェアと提携時の航空シェアと AIRail シェアの和の比較を表している。まず、表 2 の第 5 列目より、輸送機関のサービス品質や非購入選択による効用の大きさにかかわらず、提携によって市場 2 (国内市場) の総需要は減少することがわかる。これは、表の第 3 列からもわかるように、両機関の競争関係が解消され、各機関の価格が値上がりしたためである。

市場 2 における航空シェアに対する提携効果については「±」となっているが、鉄道と航空のサービス品質の差により増減が変化することが示される。特に、品質の差が小さい場合、すなわち、両機関の代替可能性が高い市場において提携を実施すると航空シェアは減少する。この結果は、ドイツの国内市場において AIRail サービスの導入効果の調査した報告と一致する。Vespermann and Wald [18] によると、1998 年から 2006 年の間にフランクフルトとケルン、デュッセルドルフ、シュツットガルト、ハノーファーの区間における航空シェアは AIRail サービスの導入により、それぞれ 74.2%、24.8%、29.4%、23% 減少したと報告されている。なお、フランクフルト-ケルン間では 2009 年に航空が撤退している。

さらに、表の第 4 行目から市場 3 (乗り換え市場) では、航空シェアが減少しているが、総需要が増加しているため、AIRail サービスのシェアが高いことがわかる。このことから、航空から鉄道へのモーダルシフトが起きているといえる。

表 3 は各市場の利益、消費者余剰、社会的厚生に対する提携効果をまとめたものである。まず、表の第 4 行 2 列目より、市場 3 の総利益は提携後に増加または減少する。しかし、提携機関 (AIRail) の固定費用 I_{ar} が低い場合には、提携により総利益は増加することが示される。このことから、提携サービス維持のためには、

提携機関の固定費用の削減が必要であり、ドイツで当初行われていた手荷物輸送サービスの廃止は有効であるといえる。また、市場3の消費者余剰は提携により増加するため、固定費用 I_{ar} が小さい場合には社会的厚生は増加するといえる。

市場2についても、状況に応じて提携後の総利益は

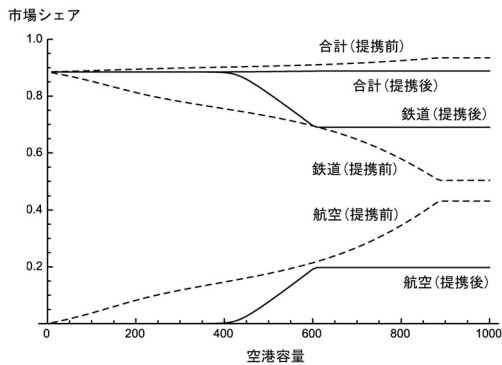


図3 空港容量の変化と国内市場におけるシェア (非購入の効用が小さいとき)

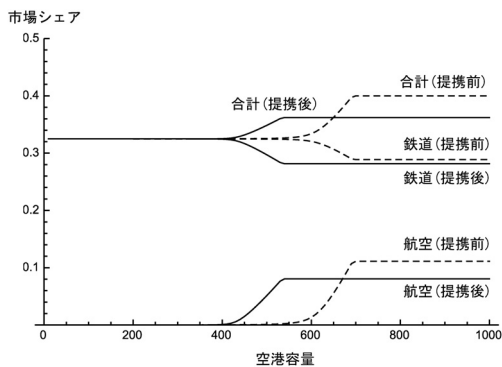


図4 空港容量の変化と国内市場におけるシェア (非購入の効用が大きいとき)

増加または減少する。ここでは、顧客の非購買選択による効用の大きさ $u_{2,0}$ が総利益の増減に影響することが示される。 $u_{2,0}$ が小さい場合には、非購買選択の魅力度が低く、競合する航空および鉄道が市場シェアを大きく占めている場合であり、このような場合には市場2の価格が高まり、総利益は増加するが、消費者余剰の減少より社会的厚生も減少する結果となる。これとは逆に、同一区間において他社のサービスが充実しており、非購買選択の効用が高い場合には、総利益と社会的余剰ともに提携の効果小さい(競合時と比べて変化が小さい)という結果となる。

以上をまとめると、空港の容量制約がない場合に、以下のいずれかの条件を満たすときに限り、提携によって市場全体の社会的厚生は増加するといえる：(i) AIRRailサービスの固定費用が低い。(ii) 提携による乗り換え市場(市場3)の潜在旅客数が多い。(iii) 国内市場において、提携対象となる航空と鉄道以外のサービスが充実している。いずれも満たさない場合には、社会的厚生は減少する可能性があるため、提携前後の利益など

表4 提携による価格と市場シェアの変化

		価格	シェア	総需要
市場1	航空	-	+	+
市場2	航空	±	±	±
	鉄道	+	±	
市場3	航空	±	±	+

表5 提携による社会的厚生の変化

	総利益	消費者余剰	社会的厚生
市場1	+	+	+
市場2	±	±	±
市場3	±	+	±

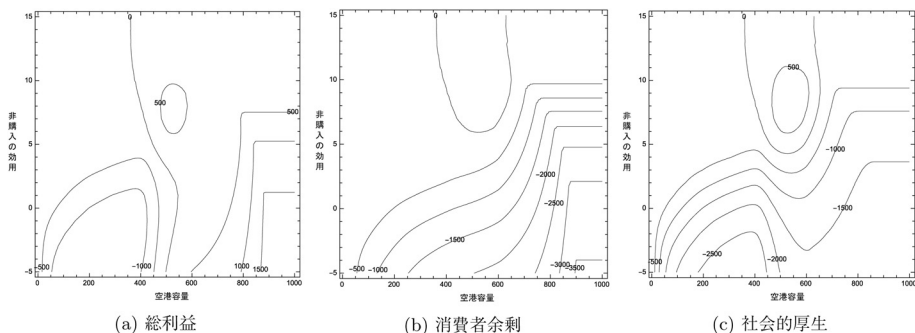


図5 市場2の総利益、消費者余剰、社会的厚生の変化

を定量的に比較し、慎重に判断すべきであるといえる。

6.2 提携効果 (2) : 容量制約のある場合

空港の容量制約を考慮した場合、空港容量に対する限界利得の大きさである λ_C^* , λ_I^* が最適価格およびシェアに影響するため、比較が難しい。そこで、本稿では、空港に対する航空の総需要が提携により減少する場合に限定し ($0 \leq \lambda_I^* \leq \lambda_C^*$)、各市場のシェアや社会的厚生が提携によってどのように変化するか考察する。

表 4 は最適価格およびシェアについて比較した結果である。第 5 列を見ると、市場 1 の航空需要と市場 3 の総需要 (航空需要 + AIRail 需要) が提携により増加することがわかる。容量制約のない場合 (表 2) には、市場 1 の総需要は変化がないが、容量制約のある場合は、価格の値下がりにより総需要が増加する。

また、市場 2 の各機関のシェアは空港の容量と非購入選択による効用の大きさによって大きく変化する。図 3、図 4 は空港容量の変化に対する各機関のシェアを示した数値例である。数値例では、運行頻度、駅までのアクセスなどを考慮して航空よりも鉄道のほうがサービスの品質を高く設定している。図 3 は非購入の効用が小さい場合 ($u_{2,0} = 0$) であり、図 4 は非購入の効用が高い場合 ($u_{2,0} = 10$) である。いずれの場合も空港の容量が大きいくほど、鉄道シェアは減少し、航空シェアは増加する。特に、非購入の効用が小さい場合には、提携により鉄道シェアが増加し、航空シェアが減少していることがわかる。このことから、容量制約下においては両機関が市場シェアを大きく占めている場合に、提携によって航空から鉄道へのシフトが起これ、空港容量が効率的に利用されることとなる。

表 5 は社会的厚生についての比較結果である。市場 1 の社会的厚生は増加するため、提携効果がみられる。市場 3 では、容量制約のない場合と同様に、AIRail サービスの固定費用が低い場合に社会的厚生は増加することが示される。市場 2 の社会的厚生は空港の容量と非購入選択による効用の大きさととの関係により変化する。図 5(a) は市場 2 における競合時の総利益と提携時の総利益との差を空港容量と非購入の効用について等高線で示している。同様に、図 5(b)、図 5(c) に消費者余剰と社会的厚生を示している。図 5(c) より、市場 2 の非購入の効用が比較的高い場合には社会的厚生に対する提携効果は小さく、効用が低い場合には社会的厚生は減少する。したがって、容量制約のない場合の三つの条件と同様の条件下において市場全体の社会的厚生は増加することがわかる。

7. おわりに

本稿では、主に欧州で導入が進んでいる航空と鉄道の提携サービスを紹介し、顧客の購買選択行動を考慮した同サービスの評価モデルの提案を行った。モデルから得られた最適価格のもとでの社会的厚生を比較した結果、市場の規模や他企業の存在 (非購入の選択肢) が提携効果に大きな影響を与えることを明らかにした。本研究では、非購入による効用は提携の前後で一定であるため、航空と鉄道が提携後は市場で独占のような状態となり、価格が上昇する市場がみられた。このことから、今後の課題として提携後も他企業との価格競争が起きる状況での提携効果を分析することが挙げられる。これにより評価の精度が向上すると考える。また、本研究では、企業は利益最大化を目的に価格を決定したが、輸送サービスは公共性の高い商品であるため、社会的厚生の最大化の面からも提携効果を考える必要があるといえる。

付記 本稿で紹介した研究は JSPS 科研費若手研究 (B) (課題番号: 26870643) の助成を受けて行ったものである。

参考文献

- [1] 加藤浩徳, “混雑空港の発着枠配分問題の行方,” 運輸政策研究, **6**, pp. 58–59, 2003.
- [2] M. Givoni and D. Banister, “Airline and railway integration,” *Transport Policy*, **13**, pp. 386–397, 2006.
- [3] エールフランス航空, http://www.airfrance.fr/FR/en/common/resainfovol/avion_train/reservation_avion_train_tgvair_airfrance.htm (2017 年 5 月 30 日閲覧)
- [4] ルフトハンザ航空, <http://www.lufthansa.com/jp/ja/lufthansa-express-rail> (2017 年 5 月 30 日閲覧)
- [5] ルフトハンザ航空, <http://www.lufthansa.com/jp/ja/Homepage> (2017 年 5 月 30 日閲覧)
- [6] ピーチ・アビエーション, http://www.flypeach.com/pc/jp/lm/ai/inflights/inflight_ticket (2017 年 6 月 1 日閲覧)
- [7] JR レンタカー, <http://www.ekiren.co.jp/syouhin/006/annai.html> (2017 年 6 月 1 日閲覧)
- [8] 秋田臨海鉄道株式会社, <http://www.akirin.jp/sea-and-rail/> (2017 年 6 月 1 日閲覧)
- [9] Y. Park and H. K. Ha, “Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand,” *Transportation Research Part E*, **42**, pp. 95–104, 2006.
- [10] N. Adler, E. Pels and C. Nash, “High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis,” *Transportation Research Part B*, **44**, pp. 812–833, 2010.
- [11] H. Yang and A. Zhang, “Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare,” *Transportation Research Part B*, **46**, pp. 1322–1333, 2012.

- [12] C. Behrens and E. Pels, “Intermodal competition in the London–Paris passenger market: High-speed rail and air transport,” *Journal of Urban Economics*, **71**, pp. 278–288, 2012.
- [13] N. Adler, X. Fu, T. H. Oum and C. Yu, “Air transport liberalization and airport slot allocation: The case of the Northeast Asian transport market,” *Transportation Research Part A*, **62**, pp. 3–19, 2014.
- [14] M. P. Socorro and M. F. Viegens, “The effects of airline and high speed train integration,” *Transportation Research Part A*, **49**, pp. 160–177, 2013.
- [15] C. Jiang and A. Zhang, “Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint,” *Transportation Research Part B*, **60**, pp. 33–49, 2014.
- [16] R. M. Corless, G. H. Gonnet, D. E. G. Hare, D. J. Jeffrey and D. E. Knuth, “On the Lambert W function,” *Advances in Computational Mathematics*, **5**, pp. 329–359, 1996.
- [17] K. A. Small and H. S. Rosen, “Applied welfare economics with discrete choice models,” *Econometrica*, **49**, pp. 105–130, 1981.
- [18] J. Vespermann and A. Wald, “Intermodal integration in air transportation: Status quo, motives and future developments,” *Journal of Transport Geography*, **19**, pp. 1187–1197, 2011.