



高速鉄道と競合する航空サービスの廃止が市場成果に及ぼす影響について

角田, 侑史

(Citation)

国民経済雑誌, 226(2):79-91

(Issue Date)

2022-08-10

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/0100476328>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100476328>



国民経済雑誌

高速鉄道と競合する航空サービスの廃止が
市場成果に及ぼす影響について

角 田 侑 史

国民経済雑誌 第226巻 第2号 抜刷

2022年8月

神戸大学経済経営学会

高速鉄道と競合する航空サービスの廃止が 市場成果に及ぼす影響について

角 田 侑 史^a

本研究は、シンプルな数理モデルの分析を通じて、航空輸送による環境負荷を抑制するために高速鉄道と競合する航空サービスを廃止する政策が市場成果に及ぼす影響について調査している。主要な結果として、このような航空サービスの廃止は、高速鉄道の価格上昇と長距離航空の価格低下をもたらす一方で、高速鉄道旅客の増加と航空旅客の減少につながるため、環境負荷を抑制する効果があることを示している。ただし、環境負荷の軽減と同時に消費者の経済的便益も損なわれる可能性があり、政策判断において環境負荷だけでなく消費者の経済的便益を考慮する必要があることを示唆している。

キーワード 航空，高速鉄道，環境負荷

1 はじめに

航空機から排出される温室効果ガスは気候変動に大きな影響を与えており、その排出量は人間の活動による温室効果ガス総排出量の2-3%を占めると言われている（Jiang, 2021）。Covid-19の世界的流行によって大きな打撃を受けた航空産業では、航空輸送量は大幅に減少し、それにともなって航空輸送による温室効果ガスの排出量も削減されている。しかしながら、数十年続いてきた航空産業の長期的な需要拡大の歴史を考えれば、その排出量削減は一時的なものと言わざるを得ない。また、「飛び恥（フライトシェイム）運動」という環境保護のために飛行機に乗らないことを誓う市民運動に代表されるように、投資家や環境保護団体、旅客などからの航空産業への環境保護を求める声が大きくなっており、気候変動における航空の役割はますます注目を集めている。こうした環境に身を置く航空産業は、気候変動およびそれに対する社会的な圧力の高まりに対応するため、政策やマネジメントなど、さまざまな面で根本的な変革が求められている。

このような背景から、航空運賃への課税（炭素税の導入）やSAF（Sustainable Aviation

a 神戸大学大学院経営学研究科，tsunoda@panda.kobe-u.ac.jp

Fuel: 持続可能な航空燃料) の普及など、航空輸送による環境汚染を抑制しようとするさまざまな政策的な取り組みが広がっている。このような取り組みの1つに、フランスやオランダ、ベルギーなどヨーロッパを中心に広がりつつある、航空による環境汚染を抑制するため、短距離の航空サービスを制限(廃止)するという政策がある。この政策を先進的に導入しているフランスでは、2021年に制定された「気候変動対策・レジリエンス強化法」の一環として、2時間半以内で移動可能な国内路線を2022年3月までに廃止し、代替輸送手段として高速鉄道の利用を促進することが決まっている¹⁾。

航空と高速鉄道を対象とした研究は、数多く蓄積されており、この分野の研究蓄積には2つの流れがある。1つは、航空と高速鉄道の競争に関する研究(e.g. Yang and Zhang, 2012; D'Alfonso et al., 2015; Tsunoda, 2018; Mizutani and Sakai, 2021)、もう1つは、航空と高速鉄道の協調に関する研究(e.g. Jiang and Zhang, 2014; Takebayashi, 2015; Xia and Zhang, 2016; Avenali et al., 2018)である。これらの既存研究のうち、本研究は航空と高速鉄道の競争に関する研究群と関連している。競争に関する研究の多くは、高速鉄道との競争は航空価格の低下をもたらし、消費者や社会全体にとって望ましいことを示している。そのうち、航空による環境汚染に対する示唆を与える研究としてD'Alfonso et al. (2015)があり、航空と高速鉄道の競争が各交通手段による温室効果ガスの排出量にどのように影響するかを調査している。しかしながら、上述のような高速鉄道と競合する航空サービスを廃止する政策が航空・高速鉄道市場に及ぼす影響については、直近の政策であることもあり、現在のところ、十分に研究が蓄積されていない。

そこで本研究は、高速鉄道と競合する短距離航空を廃止する政策が、航空と高速鉄道によって構築された交通ネットワークでどのように機能するかについて、シンプルな数理モデルを用いて分析する。具体的には、3地点間の単純な交通ネットワークにおいて、短距離市場、長距離市場、そしてその組み合わせである乗継市場の3つの市場を考える。このネットワークでは、短距離の移動には航空と高速鉄道の両方を利用できるのに対して、長距離の移動には航空のみが利用可能であると想定する。また、乗継市場では航空のみの乗継利用だけでなく、航空と高速鉄道の乗継利用もできるとする。このようなシンプルな状況において、高速鉄道と競合する短距離航空を廃止する政策が市場成果にどのような影響を及ぼすかについて分析している。

本研究が明らかにしたことは、次の3点である。1点目は、各サービスの価格に及ぼす影響についてである。具体的には、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止は、高速鉄道の価格および航空と高速鉄道の乗継利用の価格を上昇させる一方で、長距離航空の価格を低下させる。この結果の背後にあるメカニズムは、次のように説明できる。高速鉄道の価格上昇は、短距離市場において競争が緩和されることによって起こる。一方、長距離航空の価格低下は、

短距離航空の廃止が航空のみの乗継利用を制限することにつながるため、長距離航空の価格を上げることで航空と高速鉄道の乗継利用の相対的な価値を下げるという航空会社のインセンティブがなくなることによって引き起こされる。しかし、依然として長距離市場での航空の独占は維持されるので、長距離航空の価格は大幅に低下することはない。したがって、長距離航空の価格が低下する効果よりも、高速鉄道の価格が上昇する効果のほうが大きくなり、航空と高速鉄道の乗継利用の価格は上昇することになる。2点目は、各市場の生産量に及ぼす影響についてである。具体的には、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止は、短距離市場および乗継市場の生産量を減少させる一方で、長距離市場の生産量を増加させる。この結果の背後には、廃止政策が価格に及ぼす影響と同じメカニズムが働いている。つまり、競争が緩和される短距離および乗継市場では生産量が減少し、価格が低下する長距離市場では生産量が増加することになる。これらの生産量の増減にともなって、短距離および乗継市場では消費者余剰が減少し、長距離市場では消費者余剰が増加することも合わせて示している。3点目は、各交通手段ごとの輸送量に及ぼす影響についてである。具体的には、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止は、高速鉄道による輸送量を増加させる一方で、航空による輸送量を減少させる。この結果は、廃止政策には航空輸送による環境汚染を抑制する効果を持つことを示している。

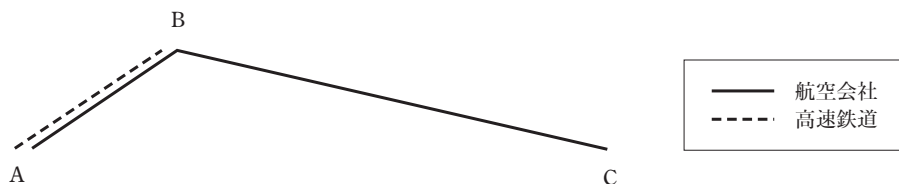
本研究の結果は、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止には、たしかに航空輸送による環境汚染を抑制する効果があることを示したと同時に、競争が緩和されることによる価格の上昇、生産量の減少、消費者の経済的便益の低下を招くことも示し、その政策実施の判断にはそのトレードオフを考慮する必要があることを示唆している。

2 モデル

この節では、本研究で分析するモデルの設定について説明する。本研究では、図1に示すとおり、AB間が短距離路線、BC間が長距離路線の3地点（A, B, C）間の交通ネットワークを考える。この交通ネットワークには3つの市場が存在する。航空会社と高速鉄道事業者の両方がサービスを提供する短距離市場（モデルでは市場1と表記）、航空会社のみがサービスを提供する長距離市場（市場2と表記）、直行便が提供されていない乗継市場（市場3と表記）の3つである。乗継市場では、航空のみの乗継利用（つまり、短距離、長距離ともに航空を利用する）の他に、既存輸送サービスを組み合わせた航空と高速鉄道の乗継利用（つまり、短距離で高速鉄道、長距離で航空を利用する）という2つの方法があることに注意する必要がある。

また、各企業は旅客の最終目的地を識別できないことを仮定する。この仮定は、各企業が価格差別を行うことができないことを意味する。具体的には、航空会社は、長距離市場の航

図1 交通ネットワークの構造



空旅客と乗継市場の航空と高速鉄道乗継旅客に同じ価格を請求せざるを得ない。同様に、高速鉄道事業者は、短距離市場の高速鉄道旅客と乗継市場の航空と高速鉄道乗継旅客に同じ価格を請求せざるを得ない。

各市場の代表的消費者の効用関数 U を次のように仮定する。

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \alpha_1(q_1^A + q_1^R) - \frac{1}{2}\{(q_1^A)^2 + (q_1^R)^2 + 2\beta q_1^A q_1^R\}, \\
 U_2 &= \alpha_2(q_2^A) - \frac{1}{2}(q_2^A)^2, \\
 U_3 &= \alpha_3(q_3^{AA} + q_3^{AR}) - \frac{1}{2}\{(q_3^{AA})^2 + (q_3^{AR})^2 + 2\beta q_3^{AA} q_3^{AR}\}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

ここで、 q は生産量、 α は市場規模を表すパラメータで $\alpha > 0$ とし、 β は航空と高速鉄道の代替性を表すパラメータで $0 \leq \beta < 1$ とする。また、下付き文字 i は市場を表す添字 ($i=1, 2, 3$) とし、それぞれ短距離市場、長距離市場、乗継市場を表す。さらに、上付き文字 j は交通手段を表す添字 ($j=A, R, AA, AR$) とし、それぞれ航空、高速鉄道、航空のみの乗継、航空と高速鉄道の乗継を表す。これらの効用関数を用いて、各市場の消費者余剰 CS は次のように書くことができる。

$$\begin{aligned}
 CS_1 &= U_1 - (p_1^A q_1^A + p_1^R q_1^R), \quad CS_2 = U_2 - p_2^A q_2^A, \\
 CS_3 &= U_3 - \{p_3^A q_3^{AA} + (p_1^R + p_2^A + t) q_3^{AR}\}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

ここで、 p は価格、 t は航空から高速鉄道への乗継コストを表すパラメータで $t > 0$ とする。

次に、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止の効果を調査するため、本研究では、ベンチマークシナリオ、短距離航空廃止シナリオの2つのシナリオを分析する。具体的には、ベンチマークシナリオでは、上述のとおり短距離で航空と高速鉄道の両方のサービスが提供されているのに対して、短距離航空廃止シナリオでは、短距離航空輸送が廃止され、短距離市場の航空利用および乗継利用の航空のみ乗継利用が廃止される。以下では、各シナリオについて状況を整理する。

2.1 ベンチマークシナリオ

ベンチマークシナリオでは、短距離で航空と高速鉄道の両方のサービスが提供されている、つまり、短距離航空に対する規制がない状況について分析する。このときの各市場の需要関数は、次のように得られる。

$$\begin{aligned} q_1^A &= \frac{\alpha_1(1-\beta) - p_1^A + \beta p_1^R}{1-\beta^2}, & q_1^R &= \frac{\alpha_1(1-\beta) - p_1^R + \beta p_1^A}{1-\beta^2}, \\ q_2^A &= \alpha_2 - p_2^A, \\ q_3^{AA} &= \frac{\alpha_3(1-\beta) - p_3^A + \beta(p_1^R + p_2^A + t)}{1-\beta^2}, & q_3^{AR} &= \frac{\alpha_3(1-\beta) - (p_1^R + p_2^A + t) + \beta p_3^A}{1-\beta^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

これらの需要関数を用いて、各企業の利潤関数 π は次のように書くことができる。

$$\pi_A = p_1^A q_1^A + p_2^A (q_2^A + q_3^{AR}) + p_3^A q_3^{AA}, \quad \pi_R = p_1^R (q_1^R + q_3^{AR}). \quad (4)$$

2.2 短距離航空サービス廃止シナリオ

短距離航空サービス廃止シナリオでは、短距離での航空サービスが規制によって提供できない状況について分析する。具体的には、短距離航空サービスが廃止されることで AB 間で航空サービスが提供されないため、 $q_1^A = q_3^{AA} = 0$ となる状況を意味する。このときの各市場の需要関数は、次のように得られる。

$$\begin{aligned} q_1^A &= q_3^{AA} = 0, & q_1^R &= \alpha_1 - p_1^R, \\ q_2^A &= \alpha_2 - p_2^A, & q_3^{AR} &= \alpha_3 - (p_1^R + p_2^A + t). \end{aligned} \quad (5)$$

これらの需要関数を用いて、各企業の利潤関数 π は次のように書くことができる。

$$\pi_A = p_2^A (q_2^A + q_3^{AR}), \quad \pi_R = p_1^R (q_1^R + q_3^{AR}). \quad (6)$$

以下の分析では、分析の簡単化のために各市場の市場規模が等しいことを仮定する。つまり、 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$ とする。また、均衡で正の市場成果を担保するため、市場規模が十分に大きい状況、つまり以下を仮定する。

$$\alpha \geq \frac{18 - 9\beta^2 + \beta^4}{6 - 9\beta + 3\beta^2 + \beta^3 - \beta^4} t. \quad (7)$$

3 分 析

この節では、ベンチマークシナリオと短距離航空廃止シナリオの結果を比較することで、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策が市場成果に及ぼす影響について考察する。各

シナリオの下で航空会社と高速鉄道事業者の均衡価格の導出過程は付録Aにあり、その結果を表1にまとめている。また、以下ではベンチマークシナリオの結果には*を、短距離航空廃止シナリオの結果には**を、それぞれ付けて表現する。

はじめに、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策が各価格に及ぼす影響は、次のようにまとめられる。ただし、命題と系の証明はすべて付録Bにある。

命題1. 高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策は、

- (1) 高速鉄道の価格を上昇させる： $p_1^{R**} \geq p_1^{R*}$
- (2) 長距離航空の価格を低下させる： $p_2^{A**} \leq p_2^{A*}$
- (3) 航空と高速鉄道乗継の価格を上昇させる： $p_1^{R**} + p_2^{A**} \geq p_1^{R*} + p_2^{A*}$

命題1は、短距離航空が政策的に廃止されることで、短距離市場で高速鉄道価格が、乗継市場で航空と高速鉄道乗継価格がそれぞれ上昇する一方で、長距離市場で航空価格が低下することを示している。この結果の背後にあるメカニズムは、次のように説明できる。

第1に、高速鉄道の価格上昇のメカニズムについて説明する。本研究のモデルでは、高速鉄道による輸送は2つの役割を担っている。1つは、短距離市場の高速鉄道旅客へのサービスの提供、もう1つは乗継市場の航空と高速鉄道乗継旅客へのサービスの提供である。短距離航空が制限されていない場合、高速鉄道事業者は両方の市場で競争に直面している。具体的には、短距離市場では航空と高速鉄道が競争し、乗継市場では航空のみ乗継と、航空と高速鉄道乗継が競争している。短距離航空が制限されることにより、競合している両方のサービスが廃止されることになる。これにより、高速鉄道事業者は両方の市場で市場支配力を高めることができ、その結果として高速鉄道の価格を上昇させることができる。

第2に、長距離航空の価格低下のメカニズムについて説明する。そのメカニズムを理解するため、短距離航空が制限されていない場合に、航空会社が長距離航空の価格を上げるインセンティブを持つことを説明する。長距離航空も高速鉄道と同様に、長距離市場の航空旅客へのサービスの提供と、乗継市場の航空と高速鉄道乗継旅客へのサービスの提供という2つの役割を担っている。短距離航空が制限されていない場合、航空会社はこれらに加えて短距離市場で航空サービスと乗継市場で航空のみ乗継輸送を提供しており、特に、乗継市場では競合する2つの輸送、つまり、航空のみ乗継と、航空と高速鉄道乗継の提供にそれぞれ関与している。このとき、航空のみ乗継は、航空と高速鉄道乗継に比べて、利益を独占できるという点で航空会社にとって好ましい。ゆえに、航空会社は航空と高速鉄道乗継の市場価値を下げ、航空のみ乗継の市場価値を上げるインセンティブを持つ。その方法が、長距離航空の価格を上昇させることである。つまり、長距離航空の価格を上げることは、航空と高速鉄道

表1 均衡での市場成果

	ベンチマーク	短距離航空廃止
p_1^A	$\frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)-t\beta(3-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}$	—
p_2^A	$\frac{2\alpha(6-\beta+\beta^2)-t(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}$	$\frac{2\alpha-t}{5}$
p_3^A	$\frac{\alpha(15-3\beta+5\beta^2+\beta^3)+t\beta(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}$	—
p_1^R	$\frac{2\alpha(3-2\beta-\beta^2)-t(3-\beta^2)}{3(5-\beta^2)}$	$\frac{2\alpha-t}{5}$
q_1^A	$\frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)-t\beta(3-\beta^2)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}$	0
q_1^R	$\frac{\alpha(18-7\beta-11\beta^2-\beta^3+\beta^4)+t(6-5\beta^2+\beta^4)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}$	$\frac{3\alpha+t}{5}$
q_2^A	$\frac{2\alpha(9-\beta-2\beta^2)+t(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}$	$\frac{3\alpha+t}{5}$
q_3^{AA}	$\frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)+2t\beta(6-\beta^2)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}$	0
q_3^{AR}	$\frac{\alpha(6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4)-t(18-9\beta^2+\beta^4)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}$	$\frac{\alpha-3t}{5}$
π_A	$\frac{2\alpha^2(1-\beta)B_1-2\alpha t(1-\beta)(3-\beta)(48+27\beta-17\beta^2-15\beta^3-3\beta^4)+t^2(72+57\beta^2-28\beta^4+3\beta^6)}{36(1-\beta^2)(5-\beta^2)^2}$	$\frac{2(2\alpha-t)^2}{25}$
π_R	$\frac{2\{2\alpha(3-2\beta-\beta^2)-t(3-\beta^2)\}^2}{9(1-\beta^2)(5-\beta^2)}$	$\frac{2(2\alpha-t)^2}{25}$
CS_1	$\frac{\alpha^2(1-\beta)B_2+2\alpha t(1-\beta)(3-\beta^2)(36+37\beta+6\beta^2-3\beta^3)+t^2(4-3\beta^2)(3-\beta^2)^2}{72(1-\beta^2)(5-\beta^2)^2}$	$\frac{(3\alpha+t)^2}{50}$
CS_2	$\frac{\{2\alpha(9-\beta-2\beta^2)+t(6-\beta^2)\}^2}{72(5-\beta^2)^2}$	$\frac{(3\alpha+t)^2}{50}$
CS_3	$\frac{\alpha^2(1-\beta)B_3-4\alpha t(1-\beta)(3+\beta)(3+\beta^2)(6-\beta^2)+t^2(9-5\beta^2)(6-\beta^2)^2}{72(1-\beta^2)(5-\beta^2)^2}$	$\frac{(\alpha-3t)^2}{50}$

ただし、 $B_1=369+147\beta-170\beta^2-70\beta^3+9\beta^4+3\beta^5$ 、 $B_2=549+567\beta+106\beta^2-58\beta^3-15\beta^4+3\beta^5$ 、 $B_3=261+63\beta-66\beta^2+18\beta^3+13\beta^4-\beta^5$ とする。

乗継の価格を上げることを意味し、航空のみ乗継の相対的な市場価値を高めることができる。このように短距離航空、特に航空のみ乗継が提供されていることによって、航空会社は長距離航空の価格を上げるインセンティブを持つ。短距離航空の廃止は、上記のインセンティブを排除することにつながるため、長距離航空の価格を低下させることになる。

最後に、航空と高速鉄道乗継の価格上昇のメカニズムについて説明する。これは、高速鉄道の価格上昇の影響が、長距離航空の価格低下の影響よりも大きいことを意味している。高速鉄道の価格上昇は、2つの市場において競争がなくなり、独占水準で価格形成されることによって引き起こされる。一方で、長距離航空の価格低下は、航空のみ乗継の相対的な価値を上げるインセンティブがなくなることによって引き起こされる。しかしながら、長距離航空の価格は低下するとはいえ、その価格は独占水準まで下がるに過ぎない。したがって、そ

の影響は高速鉄道の価格上昇の影響を下回ることになる。

次に、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策が各生産量に及ぼす影響は、次のようにまとめられる。

命題2. 高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策は、

(1) 短距離市場において

- ・高速鉄道の生産量を増加させる： $q_1^{R**} \geq q_1^{R*}$
- ・総生産量を減少させる： $q_1^{A**} + q_1^{R**} < q_1^{A*} + q_1^{R*}$

(2) 長距離市場において

- ・長距離航空の生産量（総生産量）を増加させる： $q_2^{A**} \geq q_2^{A*}$

(3) 乗継市場において

- ・航空と高速鉄道乗継の生産量を増加させる： $q_3^{AR**} \geq q_3^{AR*}$
- ・総生産量を減少させる： $q_3^{A**} + q_3^{R**} < q_3^{A*} + q_3^{R*}$

命題2は、短距離航空が政策的に廃止されることによって、(1) 短距離市場では、競争が緩和されることで、高速鉄道の生産量が増加するものの、市場としては生産量が減少すること、(2) 長距離市場では、乗継市場の航空のみ乗継がなくなること、航空会社が長距離航空の価格を下げ、その結果として生産量が増加すること、(3) 乗継市場では、競争の緩和と長距離航空の価格低下の両方の影響を受け、結果的に航空と高速鉄道乗継の生産量が増加するものの、市場としては総生産量が減少すること、を示している。

また、命題1と2から、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策が各市場の消費者余剰に及ぼす影響は、次のようにまとめられる。

系1. 高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策は、

- (1) 短距離市場の消費者余剰を減少させる： $CS_1^{**} < CS_1^*$
- (2) 長距離市場の消費者余剰を増加させる： $CS_2^{**} \geq CS_2^*$
- (3) 乗継市場の消費者余剰を減少させる： $CS_3^{**} < CS_3^*$

系1は、価格が上昇し、総生産量が減少した短距離市場および乗継市場では消費者余剰が減少し、価格が低下し、総生産量が増加した長距離市場では消費者余剰が増加すること、を示している。

最後に、高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策が各路線の交通手段ごとの生産量に及ぼす影響は、次のようにまとめられる。

命題 3. 高速鉄道と競合する航空サービスの廃止政策は、

- (1) 短距離路線の航空旅客を減少させる： $q_1^{A**} + q_3^{AA**} < q_1^{A*} + q_3^{AA*}$
- (2) 短距離路線の高速鉄道旅客を増加させる： $q_1^{R**} + q_3^{AR**} \geq q_1^{R*} + q_3^{AR*}$
- (3) 長距離路線の航空旅客を減少させる： $q_2^{A**} + q_3^{AA**} + q_3^{AR**} < q_2^{A*} + q_3^{AA*} + q_3^{AR*}$

命題 3 は、短距離航空の廃止が各交通手段の旅客数に及ぼす影響を明らかにしている。具体的には、高速鉄道と競合する航空サービスが廃止されることは、高速鉄道旅客の増加と航空旅客の減少につながる。特に、長距離航空輸送について、長距離市場の旅客および乗継市場の航空と高速鉄道乗継旅客が増加するものの、航空のみ乗継が廃止される影響が大きく、長距離航空輸送の総旅客数は減少することになる。このことは、短距離航空を制限することは、廃止した短距離航空路線だけでなく、長距離路線においても環境負荷の大きい航空から小さい高速鉄道に旅客をシフトさせることができることを意味している。これは、高速鉄道と競合する航空サービスを廃止することによって、航空輸送による環境負荷を抑制できることを示している。しかしながら、たしかに航空輸送による環境負荷を抑制するが、それと同時に消費者の経済的便益を損なう可能性があることが系 1 によって示されており、政策判断の際には環境負荷と消費者余剰のトレードオフを考慮する必要があることを示唆している。

4 お わ り に

本研究は、航空輸送による環境負荷の抑制のためにヨーロッパを中心に広がりつつある、短距離の航空サービスを制限し、高速鉄道の利用を促進するという政策が航空・高速鉄道市場に及ぼす影響について、シンプルな数理モデルの分析を用いて調査した。高速鉄道と競合する航空サービスの廃止は、高速鉄道の価格上昇と長距離航空の価格低下をもたらす一方で、高速鉄道旅客の増加と航空旅客の減少につながることを示した。また、航空輸送による環境負荷は抑制される可能性があるが、それと同時に消費者の経済的便益を損ねる可能性もあることも示唆している。

ただし、本研究が扱うモデルにはいくつかの限界がある。第 1 に、運行頻度やロードファクター（座席利用率）、より広範なネットワークなど、両交通手段特有のいくつかの要素を抽象化している点である。特に、運行頻度の決定問題は航空会社間競争の分野で研究蓄積（e.g. Brueckner and Flores-Fillol, 2020）があり、高速鉄道との競争でもその重要性が指摘されている（Zhang et al., 2019）。第 2 に、短距離航空の廃止政策に関する議論を十分に反映できていない点である。例えば、国際線からの乗継路線のうち需要が大きいものを対象外にすることが議論されているが、本研究はこの議論に十分な示唆を提供できておらず、モデルを拡張してさらなる分析を重ねる必要がある。最後に、航空と高速鉄道の協調について考慮

していない点である。補完的な2つの交通手段の協調により水平的な二重限界化の問題が改善されることが指摘されるなど、航空と高速鉄道の協調が環境負荷を含む諸問題に及ぼす影響は、十分に分析する価値が高い。

付録A 均衡の導出

A.1 ベンチマークシナリオ

式(3)と(4)を用いて、各企業が直面する最大化問題は次のように書ける。

$$\max_{p_1^A, p_2^A, p_3^A} \pi_A = p_1^A q_1^A + p_2^A (q_2^A + q_3^{AR}) + p_3^A q_3^{AA}, \quad \max_{p_1^R} \pi_R = p_1^R (q_1^R + q_3^{AR}). \quad (8)$$

これを解いて、均衡での価格は次のように導出できる。ただし、*はベンチマークシナリオの均衡値を意味する。

$$\begin{aligned} p_1^{A*} &= \frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)-t\beta(3-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}, \\ p_2^{A*} &= \frac{2\alpha(6-\beta+\beta^2)-t(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}, \\ p_3^{A*} &= \frac{\alpha(15-3\beta+5\beta^2+\beta^3)+t\beta(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}, \\ p_1^{R*} &= \frac{2\alpha(3-2\beta-\beta^2)-t(3-\beta^2)}{3(5-\beta^2)}. \end{aligned} \quad (9)$$

次に、式(9)を式(3)に代入して、均衡での生産量は次のように計算できる。

$$\begin{aligned} q_1^{A*} &= \frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)-t\beta(3-\beta^2)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}, \\ q_1^{R*} &= \frac{\alpha(18-7\beta-11\beta^2-\beta^3+\beta^4)+t(6-5\beta^2+\beta^4)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}, \\ q_2^{A*} &= \frac{2\alpha(9-\beta-2\beta^2)+t(6-\beta^2)}{6(5-\beta^2)}, \\ q_3^{AA*} &= \frac{\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)+2t\beta(6-\beta^2)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}, \\ q_3^{AR*} &= \frac{\alpha(6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4)-t(18-9\beta^2+\beta^4)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)}. \end{aligned} \quad (10)$$

また、式(9)と(10)を式(4)と(2)に代入して、均衡での各企業の利潤および各市場の消費者余剰が計算できる。

A.2 短距離航空サービス廃止シナリオ

式(5)と(6)を用いて、各企業が直面する最大化問題は次のように書ける。

$$\max_{p_2^A} \pi_A = p_2^A (q_2^A + q_3^{AR}), \quad \max_{p_1^R} \pi_R = p_1^R (q_1^R + q_3^{AR}). \quad (11)$$

これを解いて、均衡での価格は次のように導出できる。ただし、**は短距離航空サービス廃止シ

ナリオの均衡値を意味する。

$$p_2^{A**} = p_1^{R**} = \frac{2\alpha - t}{5}. \quad (12)$$

次に、式(12)を式(5)に代入して、均衡での生産量は次のように計算できる。

$$q_1^{A**} = q_3^{A**} = 0, \quad q_1^{R**} = q_2^{A**} = \frac{3\alpha + t}{5}, \quad q_3^{A**} = \frac{\alpha - 3t}{5}. \quad (13)$$

また、式(12)と(13)を式(6)と(2)に代入して、均衡での各企業の利潤および各市場の消費者余剰が計算できる。

付録B 証明

B.1 命題1の証明

式(7)より、次の不等式が成立する。

$$\begin{aligned} & 2\alpha(5+\beta) - t\beta \\ & \geq 2 \left\{ \frac{18-9\beta^2+\beta^4}{6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4} t \right\} (5+\beta) - t\beta \\ & = \frac{3t(5-\beta^2)(12+2\beta-3\beta^2-\beta^3)}{(1-\beta)(6-3\beta+\beta^3)} > 0. \end{aligned} \quad (14)$$

表1の結果と式(14)を用いて、均衡での各価格を比較すると次の不等式が成立する。

$$\begin{aligned} p_1^{R**} - p_1^{R*} &= \frac{2\beta \{2\alpha(5+\beta) - t\beta\}}{15(5-\beta^2)} \geq 0, \\ p_2^{A**} - p_2^{A*} &= -\frac{\beta \{2\alpha(5+\beta) - t\beta\}}{30(5-\beta^2)} \leq 0, \\ (p_1^{R**} + p_2^{A**}) - (p_1^{R*} + p_2^{A*}) &= \frac{\beta \{2\alpha(5+\beta) - t\beta\}}{10(5-\beta^2)} \geq 0. \end{aligned}$$

B.2 命題2の証明

式(7)より、次の不等式が成立する。

$$\begin{aligned} & \alpha(35-53\beta+5\beta^2+13\beta^3) - t\beta(11-\beta^2) \\ & \geq \left\{ \frac{18-9\beta^2+\beta^4}{6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4} t \right\} (35-53\beta+5\beta^2+13\beta^3) - t\beta(11-\beta^2) \\ & = \frac{6t(1-\beta)(5-\beta^2)(8-5\beta-2\beta^2)}{6-3\beta+\beta^3} > 0. \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & \alpha(75-5\beta+13\beta^2+13\beta^3) - t\beta(15+4\beta-\beta^2) \\ & \geq \left\{ \frac{18-9\beta^2+\beta^4}{6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4} t \right\} (75-5\beta+13\beta^2+13\beta^3) - t\beta(15+4\beta-\beta^2) \\ & = \frac{6t(5-\beta^2)(45-6\beta-2\beta^2+8\beta^3-3\beta^4-2\beta^5)}{(1-\beta)(6-3\beta+\beta^3)} > 0. \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
& \alpha(45-51\beta-5\beta^2+11\beta^3)-t\beta(63-13\beta^2) \\
& \geq \left\{ \frac{18-9\beta^2+\beta^4}{6-9\beta+3\beta^2+\beta^3-\beta^4} t \right\} (45-51\beta-5\beta^2+11\beta^3)-t\beta(63-13\beta^2) \\
& = \frac{6t(1+\beta)(5-\beta^2)(27-18\beta-3\beta^2+4\beta^3)}{6-3\beta+\beta^3} > 0.
\end{aligned} \tag{17}$$

表1の結果と式(14), (15), (16), (17)を用いて, 均衡での各生産量を比較すると次の不等式が成立する。

$$\begin{aligned}
q_1^{R**}-q_1^{R*} &= \frac{\beta\{\alpha(35-53\beta+5\beta^2+13\beta^3)-t\beta(11-\beta^2)\}}{30(5-6\beta^2+\beta^4)} \geq 0, \\
(q_1^{A**}+q_1^{R**})-(q_1^{A*}+q_1^{R*}) &= -\frac{\alpha(75-5\beta+13\beta^2+13\beta^3)-t\beta(15+4\beta-\beta^2)}{30(5+5\beta-\beta^2-\beta^3)} < 0, \\
q_2^{A**}-q_2^{A*} &= \frac{\beta\{2\alpha(5+\beta)-t\beta\}}{30(5-\beta^2)} \geq 0, \\
q_3^{AR**}-q_3^{AR*} &= \frac{\beta\{\alpha(45-51\beta-5\beta^2+11\beta^3)-t\beta(63-13\beta^2)\}}{30(5-6\beta^2+\beta^4)} \geq 0, \\
(q_3^{AA**}+q_3^{AR**})-(q_1^{AA*}+q_1^{AR*}) &= -\frac{\alpha(75-15\beta+\beta^2+11\beta^3)+t\beta(60-3\beta-13\beta^2)}{30(5+5\beta-\beta^2-\beta^3)} < 0.
\end{aligned}$$

B.3 系1の証明

式(2)より, 各市場の消費者余剰は次のように書くことができる。

$$CS_1 = \frac{(q_1^A+q_1^R)^2-2(1-\beta)q_1^Aq_1^R}{2}, \quad CS_2 = \frac{(q_2^A)^2}{2}, \quad CS_3 = \frac{(q_3^{AA}+q_3^{AR})^2-2(1-\beta)q_3^{AA}q_3^{AR}}{2}.$$

ここで, 仮定より $q_1^{**}=q_3^{AA**}=0$ が成立するので, 命題2の結果から $CS_1^{**}<CS_1^*$, $CS_2^{**}\geq CS_2^*$, $CS_3^{**}<CS_3^*$ の3つの不等式が成立する。

B.4 命題3の証明

表1の結果を用いて, 均衡での各生産量を比較すると次の不等式が成立する。

$$\begin{aligned}
(q_1^{A**}+q_3^{AA**})-(q_1^{A*}+q_3^{AA*}) &= -\frac{2\alpha(15-9\beta-7\beta^2+\beta^3)+t\beta(9-\beta^2)}{6(5-6\beta^2+\beta^4)} < 0, \\
(q_1^{R**}+q_3^{AR**})-(q_1^{R*}+q_3^{AR*}) &= \frac{2\beta\{\alpha(20-26\beta+6\beta^3)+t\beta(13-3\beta^2)\}}{15(5-6\beta^2+\beta^4)} \geq 0, \\
(q_2^{A**}+q_3^{AA**}+q_3^{AR**})-(q_2^{A*}+q_3^{AA*}+q_3^{AR*}) \\
&= -\frac{\alpha(75-25\beta-11\beta^2+9\beta^3)+2t\beta(30-\beta-6\beta^2)}{30(1+\beta)(5-\beta^2)} < 0.
\end{aligned}$$

注

- 1) Reuters “French lawmakers approve a ban on short domestic flights” <https://www.reuters.com/business/environment/french-lawmakers-approve-ban-short-domestic-flights-2021-04-11/>, (閲覧日 2022/3/15)

2) 包括的なレビューは Zhang et al. (2019) を参照のこと。

参 考 文 献

- Avenali, Alessandro, Valentina Bracaglia, Tiziana D'Alfonso, and Pierfrancesco Reverberi, "Strategic formation and welfare effects of airline-high speed rail agreements," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2018, 117, 393-411.
- Bueckner, Jan K and Ricardo Flores-Fillol, "Market structure and quality determination for complementary products: Alliances and service quality in the airline industry," *International journal of industrial organization*, 2020, 68, 102557.
- D'Alfonso, Tiziana, Changmin Jiang, and Valentina Bracaglia, "Would competition between air transport and high-speed rail benefit environment and social welfare?," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2015, 74, 118-137.
- Jiang, Changmin, "Aviation tax and railway subsidy: An integrated policy," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2021, 146, 1-13.
- and Anming Zhang, "Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2014, 60, 33-49.
- Mizutani, Jun and Hiroki Sakai, "Which is a stronger competitor, High Speed Rail, or Low Cost Carrier, to Full Service Carrier?—Effects of HSR network extension and LCC entry on FSC's airfare in Japan," *Journal of Air Transport Management*, 2021, 90, 101965.
- Takebayashi, Mikio, "Multiple hub network and high-speed railway: connectivity, gateway, and airport leakage," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2015, 79, 55-64.
- Tsunoda, Yushi, "Transportation policy for high-speed rail competing with airlines," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2018, 116, 350-360.
- Xia, Wenyi and Anming Zhang, "High-speed rail and air transport competition and cooperation: A vertical differentiation approach," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2016, 94, 456-481.
- Yang, Hangjun and Anming Zhang, "Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare," *Transportation Research Part B: Methodological*, 2012, 46(10), 1322-1333.
- Zhang, Anming, Yulai Wan, and Hangjun Yang, "Impacts of high-speed rail on airlines, airports and regional economies: A survey of recent research," *Transport Policy*, 2019, 81, A1-A19.