

環境税導入が航空サービスへ与える影響に関する分析

An analysis of the effect for the airline services considering introducing the environmental tax

北海道大学工学部	○学生員	高島いぶき (Ibuki Takashima)
北海道大学院工学研究科	学生員	加藤哲平 (Teppei Kato)
北海道大学院工学研究科	正会員	内田賢悦 (Kenetsu Uchida)
株式会社ドーコン	正会員	杉木直 (Nao Sugiki)
北海道大学院工学研究科	フェロー	田村亨 (Toru Tamura)

1. はじめに

近年、アジア地域を中心とした新興国の経済発展に伴い、航空需要が増加しており、今後も需要の増加が予測されている。これに伴って航空部門における二酸化炭素の総排出量は、排出原単位の減少にも関わらず増加しており、この傾向は今後も続くと予測されている。ICAO(国際航空機関)は 2010 年の ICAO 総会において、2050 年まで燃料効率を毎年 2 パーセント改善し、2020 年以降においては温室効果ガスの排出を増加させない方針をグローバル削減目標として定めた。

排出量の増加傾向を改善するために、ヨーロッパ圏では排出権取引や環境税の導入等といった二酸化炭素の排出を抑制する政策が既に実施されている。日本では、平成 24 年から地球温暖化対策のための課税が段階的に導入されているが、航空部門は課税から除外されているのが現状である。そこで国土交通省は、国内航空の二酸化炭素排出量を削減するため、効率的な運航方式の導入や、空港内での省エネ・省 CO2、代替航空燃料の普及等を促進する他に、経済的手法が議論されている。

本研究では、経済的手法として環境税を導入した場合、航空業界が受ける影響と、地域都市間を結ぶ航路における変化を分析する。

2. 本研究の位置づけ

竹林ら¹⁾は航空市場に規模の経済を取り上げた上で、キャリアと旅客両方の行動を考慮した Nash 型の均衡問題を解くことにより、将来規制緩和が進んだ際に起こる国際航空市場のネットワークの変化を表現した。ここでは、国際航空路線の代表的機材である Boeing 747-400 の一機のみが投入機材として考えていた。

三室ら²⁾は規制緩和が進み、航空市場が独占的競争市場になることを想定し、環境税を燃料の輸入と生成段階の間で導入した場合における日本国内の便数や需要量の変化を、鉄道との競争を考慮した上で分析した。この分析では、すべての航空会社は同質であると仮定しているため、すべての航空会社の固定費用は同一であるという前提が置かれている。

本研究では、二地点間の仮想地域を対象とした旅客配分を考慮し、航空会社の航空機便数決定問題を定式化する。そのうえで二酸化炭素排出量の異なる大、中、小型

機の 3 種類の機材と、排出量に応じた環境税を想定し、地域都市間を結ぶ航路における便数、需要の変化を分析し、現実へのインプリケーションを示す。

3. 航空輸送モデル

3.1.前提条件

モデルの構築にあたり、図-1 のような仮想地域を設定した。

- 仮想地域に対して、以下の条件を仮定する。
- ・1つのルートは1つの航空会社が運営しているおり、航空会社によって使用する機体のサイズは異なる。
- ・1つの Zone に対し1つの空港が存在する。
- ・Zone 内の交通は考慮せず、Zone1-2 間のみの移動を考える。
- ・Zone1 と Zone2 間には航空機と船舶の2種類の交通手段が存在する。

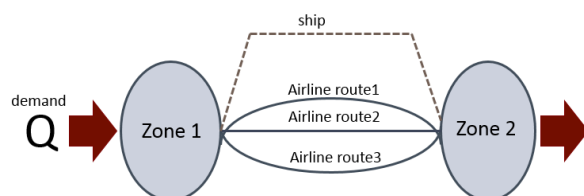


図-1 仮想地域

3.2.旅客配分

旅客は交通の一般化費用を最小化するように交通行動を決定するものとする。ルート i における旅客の一般化費用を式(1)で定義する。また、船舶の一般化費用は一定とし、式(2)で表すことにする。

$$C_i = F_i + \sum_{k \in K} \frac{\alpha}{f_i^k} \quad (1)$$

$$C_s = \text{const} \quad (2)$$

ここで α は正のパラメータであり、 f_i^k はルート i における機体サイズ $k \in K$ の航空機の飛行頻度、 F_i はルート i における運賃である。式(1)、式(2)に対して、式(3)に示す一般化極値分布を誤差項として付加すると、旅客が航空を選択する確率 (P_a)、ルート i を選択する確率 (P_i) はそれぞれ式(4)、式(5)で与えられる。

$$F(\varepsilon_i) = \exp \left(- \sum_{m \in \{s, a\}} \left(\sum_{i \in R_m} \exp \left(- \frac{\varepsilon_i}{\lambda} \right) \right) \right) \quad (3)$$

$$P_a = \frac{\exp(-S_a)}{\sum_{m \in \{a, s\}} \exp(-S_m)} \quad (4)$$

$$P_i = P_a \cdot P_{i|a} \quad (5)$$

where

$$P_{i|a} = \frac{\exp(-C_i/\lambda)}{\sum_{j \in R_a} \exp(-C_j/\lambda)} \quad (6)$$

$$S_m = -\lambda \cdot \ln \sum_{i \in R_m} \exp \left(- \frac{C_i}{\lambda} \right) \quad (7)$$

ここで R_m は、交通モード $m \in \{s: \text{ship}, a: \text{air}\}$ のルートの集合である。また λ はネスティッドロジットモデルに関するパラメータであり、 $0 < \lambda \leq 1$ となるが、特に $\lambda = 1$ の場合、多項ロジットモデルとなる。Zone1,2 間における旅客の総需要を Q とすると、航空の需要量 D_a 、ルート i における需要量 $D_{a,i}$ はそれぞれ式(8)、式(9)で与えられる。

$$D_a = P_a \cdot Q \quad (8)$$

$$D_{a,i} = D_a \cdot P_i \quad (9)$$

3.3.航空機配分

航空機配分において、航空会社は自社の利潤を最大化するように行動するものとする。したがって、航空会社は航空機の便数を以下の利潤最大化問題で決定する。

$$\max_{\mathbf{f}} \pi_i(\mathbf{f}; \mathbf{r}_i) = F_i \cdot D_{a,i}(\mathbf{f}; \mathbf{r}_i) - Cl_i(\mathbf{f}) \quad (10)$$

$$\text{s.t.} \quad f_i^k \geq 0 \quad \forall k \quad (11)$$

where

$$\mathbf{f}_i = (f_i^1, \dots, f_i^{|K|}) \quad (12)$$

$$\mathbf{r}_i = (f_i^1, \dots, f_i^{|K|}, f_{i|R_a}^1, \dots, f_{i|R_a}^{|K|}) \quad (13)$$

π_i はルート i を運航する航空会社の利潤、 $Cl_i(\mathbf{f})$ はルート i を運航する会社の費用であり、以下のように表すことにする。

$$Cl_i(\mathbf{f}) = \sum_{k \in K} f_i^k \cdot (AC_i^k + LC) + \theta(\mathbf{f}) \quad (14)$$

where

$$\theta(\mathbf{f}) = \theta_1 \exp \left(\theta_2 \frac{\sum_{i \in R_a} \sum_{k \in K} f_i^k}{CA} \right) \quad (15)$$

AC_i^k はルート i の航空機 1 機にかかる固定費用、 LC は空港使用料、 $\theta(\mathbf{f})$ は到着空港における着陸待ちなどの空港混雑に起因する追加的費用、 CA は到着空港の空港容量である。また θ_1 、 θ_2 はカリブレーションパラメータである。

ルート i の需要者数はすべてのルートにおける航空機の便数によって決定される。航空会社 i の運航便数決定

問題では、ルート $j \neq i$ の便数を所与としている点に注意したい。式(10)-(14)から、利潤最大化問題のナッシュ均衡解を求めることにより、各ルートの機材サイズ別の運行便数が決定される。

3.4 環境税の設定

本研究では環境税を旅客の運賃に組み込んで表現する。また、一般的に航空機の二酸化炭素排出量は機材が大型になるにつれて増大する傾向であるため、今回想定した大、中、小型機のそれぞれに対して環境税を設定する。なお、船舶には環境税はかからないものと仮定する。

課税に伴って生じる旅客の運賃は以下のように表される。ここでは、完全競争市場を想定しているため、運賃は利潤が 0 となるように設定されている。

$$F_i = \frac{Cl_i(\mathbf{f}) + \sum_{k \in K} f_i^k \cdot T^k}{D_{a,i}} \quad (16)$$

ここで T_k は機体サイズ k の航空機 1 機にかかる環境税である。

4. ケーススタディ

本研究では図 1 に示した仮想地域において、環境税導入前と導入後にどのような変化が生じるか検証する。同様に環境税の税額についても何パターンか設定し、収益が最大になる点を検証する。なお、計算結果については講演時に発表する予定である。

環境税の導入により航空機が小型機多頻度運航にシフトすることで旅客の一般化費用が少なくなり、同時に航空業界の競争力が上昇することが期待される。

5. まとめ

本研究では、環境税の導入を行った場合に航空業界に生じうる需要や便数の変化を表すモデルを作成し、仮想地域におけるケーススタディにより、モデルの検証を行った。

今後の課題として、より多くの仮想地域を対象に、乗り継ぎ等を考慮した場合についてモデルを拡張し、検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 竹林幹雄, 黒田勝彦, 鈴木秀彦, 宮内敏昌: 完全競争市場として見た国際航空旅客輸送市場のモデル分析, 土木学会論文集, No.674/IV-51, pp35-48, 2001.
- 2) 三宅 碧人, 奥田 隆明: 独占的競争理論を応用した都市間旅客交通部門の分析手法の開発 ~今後の環境税導入を見込んで~, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5, I_1005-I_1012, 2012.
- 3) 国土交通省航空局, <https://www.mlit.go.jp/common/001027544.pdf> (2015/11/30 閲覧).
- 4) 環境省, <https://www.env.go.jp/policy/tax/about.html> (2015/11/30 閲覧)