

地方空港における国際航空貨物路線の最適便数

Optimum Flight Frequency of International Freighter at Local Airport

佐藤裕治*, 石倉智樹**, 稲村 肇***

By Yuji SATO, Hajime INAMURA, Tomoki ISHIKURA

1.はじめに

国際航空輸送において、貨物需要は年々増加傾向にある。従来、国際航空貨物輸送は旅客機の余剰輸送能力を利用する手段として考えられていたが、航空貨物輸送へのニーズの多様化とともに、貨物専用機による輸送が増加しつつある。しかしながら、貨物専用便の路線サービスは旅客便と比較し低頻度であり、我が国において、国際貨物路線の大半が成田、関西に集中している。これら主要空港には、ターミナル容量が不足しているという問題点がある。そのため、地方空港を有効に利用した航空貨物ネットワークを構築することが必要であると考えられる。

輸送主体に関する研究として、航空旅客輸送における航空企業の行動に着目した研究¹⁾、海上貨物輸送における船社の寄港地選択行動に関する研究²⁾などの研究が行われているが、これらの研究では、地方空港の有効利用という点に着目した、輸送サービスの供給者の行動を取り扱うには不十分である。

地方空港の利用促進という観点に関連した研究として、喜多ら³⁾は、地方空港において、拠点空港を1箇所決め、周辺空港と結ぶことにより形成される、地域航空ネットワークを提案し、ネットワークとしての成立可能性について検討を行ったが、航空貨物輸送においては、地方路線自体の成立可能性を検討する必要がある。

本研究では、国際航空貨物輸送において、航空会社の地方路線の便数設定行動について仮想的なモデルを構築し、そのモデルを用いて、国際航空貨物輸

送における地方空港の便数決定行動の傾向について考察することを目的とする。

2.研究の流れ

本研究では、まず、国際航空貨物における輸送経路について、仮想的な状況設定を行った後、航空路線におけるサービスの供給側（航空会社）、需要側（利用者）それぞれについて行動式を形成する。これら需要、供給の行動式の均衡解として、本研究で政策変数として取り扱う地方路線の最適便数を推定するモデルを構築する。さらに、本モデルを用いて簡単な数値実験を行い、航空会社が提供する機材サービスに対する価値水準の差異による最適便数の変化について比較、検証を行う。

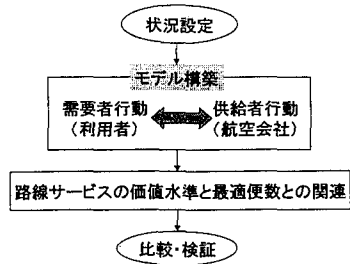


図1 研究の流れ

3.国際航空貨物路線最適便数設定モデル

(1) 状況設定

日本と他国の地域間に航空会社が新規路線開設、あるいは増便を行うケースを想定する。航空会社ははじめに成田、関西等の大規模空港へ路線開設、あるいは増便を試みるものと考えられる。しかし、これら大規模空港が供給可能なターミナル容量はその需要と比較して不足しており、航空会社は新規参入、増便を行うことが困難な状況にある。そのため、航

Key words: 空港計画, 物資流動

*学生員 東北大学大学院 情報科学研究科

**学生員 東北大学大学院 情報科学研究科

***F会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06

TEL 022-217-7497, FAX 022-217-7494

航空会社は国内の地方空港と近隣国のハブ空港間に路線を開設することにより、近隣国のハブ空港を経由した経路網を構築することを考える。このように他国のハブ空港を経由する経路を開設することにより、地方空港から最終目的地へ貨物需要のみならず、地方空港-近隣国ハブ空港間に発生する貨物需要も取り扱うことが可能となるため、地方路線から目的地まで直通の路線を開設するケースと比較してより安定的な収益を得ることが可能となる。

(2) 仮想ネットワークの想定

(1) の状況設定を考慮して、本研究では、図 2 に示す仮想ネットワークを用いて企業行動をモデル化する。まず、OD 間には次に挙げる 2 経路が存在するものとする。

経路①：出発地から国内のハブ空港を利用し、目的地へ輸送する経路。

経路②：国内の地方空港から海外のハブ空港を経由し、目的地に輸送する経路。

このとき、幹線路線の機材便数は所与のものとする。また、本研究で行動の対象とする航空会社は、経路②を構成する路線を運営しているものと仮定する。このとき、航空会社は自社の幹線路線を利用して、地方路線についてのみ、貨物便数の設定を行うことにより、経路サービスを提供する。

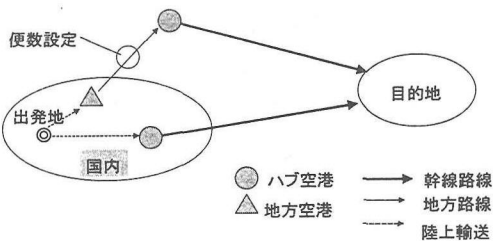


図 2 仮想ネットワークの概要

(3) 航空会社の利潤

航空会社は自己の利潤を最大化するように、地方空港の貨物便数を決定する。このときの利潤は、運賃収入と変動費及び固定費により構成される。地方航空路線開設において、便数の増加が利用者に対するサービス水準の向上をもたらし、収入の増加が期待される。その結果、航空企業の利潤は増大する。

しかし、投入便数が過剰になると、貨物需要が頭打ちとなり、支出の増加に対して収益が十分に得られず、利潤が低下する。

(4) 行動モデルの構築

行動の主体として、航空会社及び、経路ごとの貨物量を決定する利用者を想定する。このとき、対象とする航空会社は、地方路線及び海外幹線路線において、自己の利潤を最大化する戦略を採るものとする。航空会社の収益は、路線の運賃収入を考える。支出としては、便数により変化する可変費用及び、固定費用から構成される。

航空会社の行動を (1) 式に示す。

$$\Pi_{N_i} = \{p_i x_i - (C_{vi} N_i + C_{fi})\} + \{p_{A_2} x_i - (C_{vA_2} N_{A_2} + C_{fA_2})\} \quad (1)$$

ただし、 p_i :地方路線運賃(円/トン)、 x_i :地方路線 1 の貨物量 (トン/週)、 C_{vi} :地方路線 1 の可変費用 (円/便)、 C_{fi} :地方路線 1 の固定費 (円/週)、 p_{A_2} :海外幹線路線運賃(円/トン)、 C_{vA_2} :海外幹線路線の可変費用 (円/便)、 C_{fA_2} :海外幹線路線の固定費 (円/週)、 N_i :地方路線の便数(便/週)、 N_{A_2} :海外幹線路線の便数(便/週)を示す。このとき、上式の第一項は地方路線の利潤、第二項は海外幹線路線で得られる利潤を意味する。

また、利用者は、仮想ネットワークにより与えられた 2 経路を自己の効用を満足するように、輸送経路を選択するものとする。

このとき、経路 k における利用者の効用を、以下の効用関数により示す。

$$U_k = V_k + \varepsilon_k \quad (2)$$

$$V_k = -L_k - S_k - A_k$$

ただし、 V_k :確定項、 ε_k :確率項、 L_k :陸送コスト関数、 S_k :地方路線コスト関数、 A_k :幹線コスト関数を示す。このとき、地方路線コスト関数 S_k は、政策変数 N_i を含む関数として表される。

また、(2)式の条件として

$$\frac{\partial V_k}{\partial L_k} \leq 0, \quad \frac{\partial V_k}{\partial S_k} \leq 0, \quad \frac{\partial V_k}{\partial A_k} \leq 0 \quad (3)$$

上式は、各コスト増加により効用が減少し、地方路線においては便数増加をはじめとするサービス水準の向上が、利用者の効用をあげることを意味する。

このとき、確率項 ε_k はガンベル分布に従うもの

とすると、利用者が経路 k を選択する確率は次式の多項ロジットモデルにより求められる。

$$P_k = \frac{e^{V_k}}{\sum_i e^{V_i}} \quad (4)$$

また、OD 貨物量を X とすると、経路 k における貨物量 x_k は、(5) 式により示される。

$$x_k = P_k(N_{S_k}) \cdot X \quad (5)$$

(5)式より、地方路線から海外ハブ空港を経由する経路の貨物量を求めると、その値は、航空会社の政策変数 N_1 を含む (6) 式として表される。

$$x_l = P_l(N_1) \cdot X \quad (6)$$

(6)式を(1)式に代入すると、航空会社の利潤は政策変数 N_1 の関数となり、(1) 式の利潤が最大となる政策便数が求まる。

4. ケーススタディ

本研究で構築したモデルにおいて、1OD, 2 経路のケースについて、感度分析を行う。ここでは、航空会社が地方路線に投入する貨物専用便の便数の変化が、利用者の経路選択行動及び企業利潤に与える影響について検証を行う。利用者は経路選択において、費用、輸送時間（移動時間）を重視するのであれば、航空会社の提供する頻度サービスへの影響は少なく、航空会社は増便による利潤増加が見込めないものと思われる。逆に、利用者が経路選択において、航空会社の提供する頻度サービスを重視するのであれば、航空会社は増便による利潤増加が見込まれるものと思われる。そこで、本研究では、利用者行動基準として、運賃費用及び航空路線の頻度サービスのみを考慮し、航空会社の頻度サービスの重要性における貨物需要、企業利潤の変化の傾向を把握する。このとき、式(2)における、各コスト関数 L_k , S_k , A_k を以下の式で示すものとする。

$$L_k = P_{L_k} \quad (6)$$

$$S_k = p_1 + \alpha \cdot \frac{1}{N_1} \quad (7)$$

$$A_k = p_{A_k} + \alpha \cdot \frac{1}{N_{A_k}} \quad (8)$$

ここで、 p_{L_k} :陸送運賃(円/トン), p_{A_k} :幹線路線運賃(円/トン), p_{A_k} :幹線路線便数(便/週)を示す。

上式におけるパラメータ α は頻度サービスに対する価値費用を意味する。このとき、便数の増加に伴い利用者の効用が高まることを考慮して、上式において、路線の便数は利用者の輸送コストと反比例の関係にあるものとして示す。

このとき、機材サービスの価値を表すパラメータ α を 1, 5, 10 と変化したときについて、それぞれの便数と地方路線シェアとの関係を図 3 に示す。

なお、このときに用いたデータは、地方路線運賃、幹線運賃はそれぞれ、東京-香港間、東京-米国諸地域間の運賃を参考に⁹⁾それぞれ 500(千円/トン)、1000(千円/トン)として与えた。また、経路 2 の陸上運賃はゼロと仮定し、幹線路線の運航頻度は、東京-ロサンゼルス、関西-ロサンゼルス間の発便数を参考に⁹⁾国内幹線路線、海外幹線路線共に 100(便/週)とする。なお、このとき、機材の規模、種類については考慮しないものとする。表 1 に、各経路における設定運賃及び運航頻度を示す。

表 1 各経路における設定運賃及び運航頻度

	陸送運賃(千円)	地方路線運賃(千円)	地方路線便数/週
経路1(直行)	50	0	0
経路2(経由)	0	500	変数(N_1)
	幹線運賃(千円)	幹線便数/週	
経路1(直行)	1000	100	
経路2(経由)	1000	100	

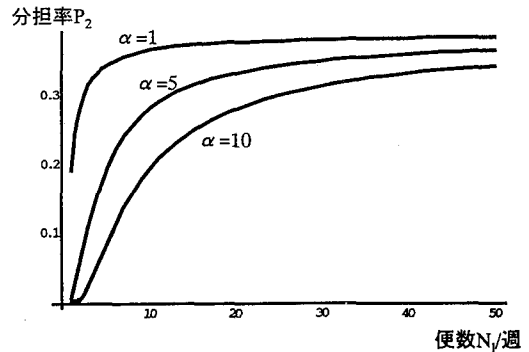


図 3 地方路線の便数と経路分担率

図 3 より、地方路線に投入される機材便数が少

ないときは、便数の増加に伴い地方路線を含む経路のシェアが増加するが、機材便数の増加につれてシェアの増加が緩やかになり最終的に頭打ちとなり、最終的にある一定のシェアに収束することが表されている。また、このとき、パラメータ α の値が小さい場合、わずかな便数増加で需要の頭打ちとなるが、パラメータ α の値が増加するにつれて、便数サービスによる貨物量シェアへの影響が大きくなるが、

次に、利用者の行動モデルを考慮した、頻度サービスパラメーターの差異による便数と利潤との関係を図4に示す。なお、このときのOD貨物需要は平成7年度の東海・北陸地方から米国への航空貨物量⁹⁾を与えている。また、本研究ではパラメーターの α の差異による最適便数の大小比較を行うという趣旨より、このときの変費用及び固定費は便数 N_{sk} の一次関数として任意に与えたものである。

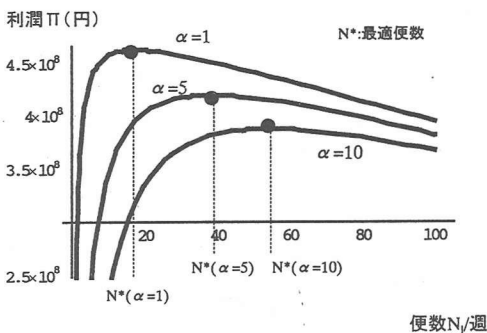


図4 地方路線の便数と利潤変化

図4の結果として、地方路線の投入便数が少数のうち、便数の増加と共に、利潤は増加するが、ある便数を境に利潤は減少する傾向が得られた。これにより、本モデルが投入便数に対する運賃収入が逓減的に増加し、次第に運賃収入の増加に頭打ちが来るため、次第に機材費用の増加分利潤が減少することを表しているといえる。また、パラメータ α の値が大きくなるにつれて、極大値を示す最適便数の値も大きくなるという結果が得られた。つまり、利用者が輸送経路選択の要因として輸送頻度等のサービスを重視していれば、地方路線を開設している航空企業は最大の利潤を得るために、多くの頻度サービスを提供する必要があると考えられる。

航空貨物輸送は他モードの輸送と比較して時間価値が高く、貨物専用便の便数の増加は総輸送時間の短縮につながる。そのため、航空貨物輸送における頻度サービスに対するニーズは高く、よって、利潤最大化のために、より多くの便数を要するものと思われる。

5.おわりに

本研究では、国際航空貨物輸送において、航空会社の地方路線の貨物専用機材設定に関する行動について、仮想ネットワークを用いたモデル構築を行った。さらに本モデルに簡易な設定条件、データを適用したもとの、地方路線を含む経路の便数増加による貨物需要、及び利潤への影響について、航空機材サービスの価値水準を変化させて考察を行った。その結果、路線便数の増便によるサービス水準の向上を航空貨物輸送の利用者が重視しているほど、便数増加による地方路線の貨物需要シェアへの影響が大きくなり、航空会社は利潤を最大化するためにはより多くの機材を投入する必要があることが示された。

今後は本モデルを用いて実データによる検証を行い、地方空港における国際航空貨物路線の現状と、モデルによる最適便数サービスとを比較し、地方空港における国際航空貨物路線の成立可能性について検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 正木智也, 三保木悦幸: キャリアーの行動を考慮した国際航空ネットワークに関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.20(2), pp755-758, 1997
- 2) 宮前直幸, 石井伸一, 平澤充成, 井上慶司: アジア圏国際コンテナ航路寄港地推計モデルの開発, 土木計画学研究・講演集 No.21(2), pp725-728, 1998
- 3) 喜多秀行, 久木田真次: 地域航空ネットワークの成立可能性に関する一考察, 土木計画学研究・論文集 No. 13, pp687-694, 1996
- 4) 来見田 實: 新訂 航空貨物の理論と実務, 成山堂書店, pp133, 1995
- 5) International Civil Aviation Organization: TRAFFIC BY FLIGHT STAGE, DIGEST OF STATISTICS No.463, 1997
- 6) 平成7年度国際航空貨物動態調査報告書, 運輸省航空局, 1996