

IV-9

国際航空貨物輸送におけるキャリアの戦略的行動

東北大学 学生員 ○佐藤 裕治
東北大学 学生員 石倉 智樹
東北大学 フェロー 稲村 肇

1.はじめに

国際航空貨物輸送において、その需要は増加傾向にある。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、航空会社にとっては貨物輸送を対象とした戦略が必要となりつつある。今後、空港施設整備などの運輸政策を効率的に行うためには、旅客輸送のみならず貨物輸送に着目して、様々な政策に対してどのように航空ネットワークが変化するかを把握することは重要である。また、航空会社の提供するサービスと利用者の輸送経路選択行動は相互に影響しているものと思われる。

本研究では、国際航空貨物輸送において、貨物専用機のネットワークに着目した航空企業（キャリア）行動及び利用者行動の理論モデルの構築を行うことを目的とする。

2.航空貨物輸送均衡モデル

(1)モデルの概要

本研究では、黒田ら^{1), 2)}の手法を参考とし、各主体の行動モデルの構築を行う。参加主体として、航空会社（キャリア）と利用者（ユーザー）を考える。キャリアは1社の航空会社を仮定し、他モードとの競合は取り扱わないものとする。また、ユーザーは所与のOD貨物量を各路線に配分するものとする。このとき、両者間の行動がシュタッケルベルグ均衡にあるとして、モデル構築を行う。

このとき、キャリアは旅客機及び貨物専用機の2種の機材を用いて、路線を運営する。旅客機による貨物輸送においては、旅客輸送の余剰輸送能力を利用すると考えられる。そのため、旅客機の便数設定は旅客需要にのみ影響を受けると仮定し、各路線の旅客機の便数は所与とする。キャリアは、各路線に旅客機の便数

が与えられたもとで、貨物専用機の便数決定を行うものとする。モデルの概要を図1に示す。

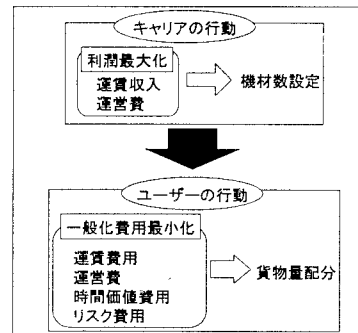


図1 モデルの概要

(2)キャリアの行動

キャリアはユーザーの経路選択行動が最適化されることを前提として、自己の利潤を最大化する戦略を採るものとする。このとき、キャリアは旅客便による貨物輸送能力（便数 N_1^i ）を所与として、貨物専用機の便数 N_2^i を決定するものとする。

キャリアの利潤は、路線の運賃収入を考える。支出としては、貨物量により変化する可変費用及び便数により決定される固定費用から構成されると考えられる。このとき、キャリアの行動として、投入される貨物専用機の便数を考える。

キャリアの行動を以下の式で表す。

$$\max_{N_2^i} \Pi = \sum_i \{f_i(x_1^i + x_2^i)\} - \sum_i \{C_v^i(x_1^i + x_2^i) + C_f^i(N_1^i + N_2^i)\} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_i \delta_h^i \cdot (N_1^i + N_2^i) \leq C^h(\text{for } \forall i) \quad (2)$$

$$N_n^i \geq 0(\text{for } \forall i) \quad (n=1,2) \quad (3)$$

+ユーザーの最適行動(5)～(8)式

ただし、

$x_{1jk} \cdot ij$ 間 k 経路における旅客機の貨物量(kg), $x_{2jk} \cdot ij$

間 k 経路における貨物専用機の貨物量(kg), f_i : 貨物運賃(円/kg), N_1^l : リンク 1 における旅客機の便数 (一定) (便), N_2^l : リンク 1 における貨物専用機の便数 (変数) (便), C_v^l : リンク 1 における可変費用(円/便), C_f^l : リンク 1 における固定費用(円), CP^h : 空港 h のターミナル容量 (便), δ_h^l : リンク 1 が空港 h を起終点に持つとき 1, 持たないとき 0,

ここで, (2)式は空港の容量制約条件, (3)式は非負条件を表している. また, リンク 1 における旅客機及び貨物専用機の貨物量 x_1^l , x_2^l は以下の式で表される.

$$x_n^l = \sum_i \sum_j \sum_k \delta_{ijk}^l x_{nij} \quad (n=1,2) \quad (4)$$

ただし, δ_{ijk}^l : ij 間 k 経路がリンク 1 を含むとき 1, 含まないとき 0.

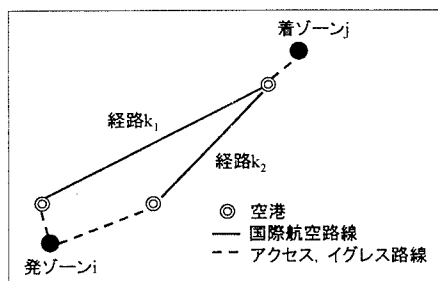


図2 ネットワークと経路の概念図

(3)ユーザーの行動

ユーザーは, キャリアによって定められた各路線のサービス頻度, 所要時間, 運賃を示された後, 各経路に貨物量を配分する. このとき, ユーザーは経路全体における一般化費用を最小化する行動を採るものとする. ただし, 各経路の運賃は配分した貨物量に伴い減少するものとする.

このとき, ユーザーの行動は以下の式で表される.

$$\min_{x_n^l} CT = \sum_i \{f_i(x_1^l + x_2^l)\} + \sum_i \sum_j \sum_k \left\{ \alpha \left(\sum_l \delta_{ijk}^l \cdot t^l + t_{ijk}^{ac} + \sum_l \delta_{ijk}^l \cdot \frac{T}{2(N_1^l + N_2^l)} \right) (x_{1ijk} + x_{2ijk}) \right\} \quad (5)$$

$$+ \sum_i \sum_j \sum_k HC(x_{1ijk} + x_{2ijk}) + \sum_i \xi^l(x_1^l) \sum_k (x_{1ijk} + x_{2ijk}) = X_{ij} \quad (6)$$

$$\text{s.t. } x_1^l \leq CP_1^m \cdot N_1^l, \quad x_2^l \leq CP_2^m \cdot N_2^l \quad (\text{for } \forall l) \quad (7)$$

$$x_{nij} \geq 0 \quad (n=1,2) \quad (8)$$

ただし,

X_{ij} : ij 間における航空貨物の発生集中量(kg), t^l : リンク 1 のラインホール時間, t_{ijk}^{ac} : ij 間 k 経路のアクセス+イグレス時間, α : 時間価値パラメータ,

T : 期間 (1 週間), HC : ハンドリングコスト, $\xi^l(x_1^l)$: リンク 1 における旅客機のリスク関数(円), CP_1^m : 旅客機の貨物積載容量(kg/便), CP_2^m : 貨物専用機の貨物積載容量(kg/便)

ここで, (5)式は OD 保存式, (6)式は機材容量制約式, (7)式は非負制約式である.

(6)リスク関数

ユーザーの貨物量配分行動において, 容量超過による輸送時間の延長, 破損, 紛失, 配送ミス等のリスクの発生による損失を考慮する必要がある. 本モデルでは, 容量超過により発生するリスクを考慮する. このとき, 旅客機による容量超過のリスクが大きいため, 旅客機による輸送のみについて考える. リスク関数を以下の式で示す.

$$\xi^l(x_1^l) = \beta \left(\frac{x_1^l}{CP_1^m \cdot N_1^l} \right)^\gamma \quad (9)$$

ただし, β , γ : パラメータ

以上の定式化を解くことにより, キャリアのフレーター便数決定, ユーザーの貨物量配分を求めることができる.

3.結論

本研究では, 国際航空貨物ネットワークにおけるキャリアの行動及びユーザーの行動について, 航空貨物輸送の特性を考慮したモデル構築を行った. 今後, 本モデルを現行ネットワークに適用し, 再現性の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) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 武藤雅浩, 大久保岳史, 辻俊昭: アジア太平洋航路を対象とした外貿コンテナ貨物輸送モデルの構築, 土木計画学研究・講演集 No.22(2), pp749-752, 1999