

路線の開設を考慮した新規参入航空会社のネットワーク設計

2015SS015 日比野尋伯

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

1.1 動機

本研究では、新規参入による競合を考慮に入れた航空ネットワーク設計モデルについて考える。例えば、Campbell[1]が提案した「Integer programming formulations of discrete hub location problem」など、主要な航空ネットワーク設計モデルは、ハブの配置を前提とするものがほとんどである。また、各空港間の路線は複数の企業によって運営されることが多く、競合を考慮に入れたモデルを考えることは、より現実的なモデルを検討することにつながると考えられる。しかし、競合型航空ネットワーク設計モデルの既存の研究もハブの配置を前提としたものが主流である。

そこで、本研究では、ハブの配置を前提とせずに路線を開設することによってネットワークを設計することを仮定し、新規参入を計画している航空会社の最適なネットワークを求める問題について考える。

1.2 過去の研究

ハブ空港の設置を前提とせず路線の開設による航空ネットワーク設計モデル「Point-to-point based airline network design problem」(PPANP)は、Sasakiら[2]によって提案された。このモデルは航空会社の利益最大化に加え、乗客にとっても利便性の高いネットワーク設計を実現することを目的としている。

2 新規参入モデルの説明

本研究では、先手の企業が路線を配置済みの所へ新たに後手の企業が利益最大化を目的として路線を開設するという状況を考える。

2.1 言葉の定義

以下に本稿で用いる用語を説明する。

- ・乗り換えコスト：空港の乗り換えにかかる時間を距離に換算したもの。
- ・利用率：乗客の利便性の低下によって各ODペア間の利用者数の減少する割合。

2.2 新規参入モデルの概要

本研究で用いる仮定は以下の通りである。

- ・各空港の座標と各空港間のOD潜在需要が与えられている。
- ・先手がいて、競合する後手が参入する。
- ・先手のネットワークは所与である。
- ・先手と競合状態にある後手が新たに路線を開設する。

- ・2ストップ以上の乗り換えを利用者は使わない。
- ・航空会社は、すべての潜在需要を獲得できるとは限らない。
- ・経路の利便性が低いと利用者数は減少する。
- ・両社が同じ空港間に路線を開設することを許す。
- ・利用者は乗り換え空港で他社の路線に乗り換ええない。
- ・各ODペア間に両社による複数の移動経路がある場合、より短い経路を利用する。(同距離の場合、OD需要の半分は先手、もう半分は後手の経路を利用する)

これらの仮定により、PPANPモデルをベースとした後手の利益最大化を目的とする最適な路線配置を考える。

2.3 新規参入時の路線開設について (競合あり)

本稿の新規参入モデルの前提としているPPANPモデルでは、旅行距離が長く、乗り換え数が多いほどその経路の利便性が低下すると考え、各経路に対する利用者の利便性の低下に伴い利用者数が減少するように仮定している。

ここでは、先手(青)が路線を開設済みのネットワーク上に後手(赤)が利益最大化を目的として新たに路線を開設する。この時の路線配置と乗客の路線の利用の仕方について説明する。

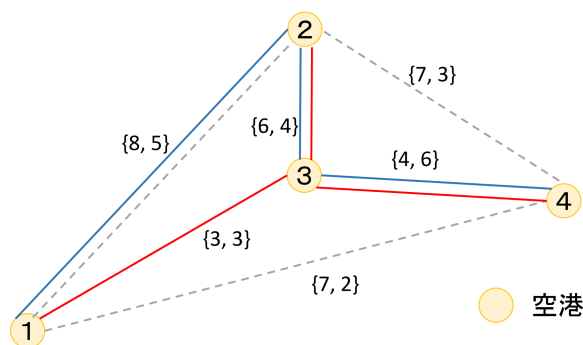


図1 路線開設の例(競合あり)

先手と後手は、図1のように路線を開設したとする。点線が新たに後手が開設可能な路線の候補を示している。この新規参入モデルの競合を考慮した仮定は第2.2項の内、以下の3つである。

1. 両社が同じ空港間に路線を開設することを許す。
2. 利用者は乗り換え空港で他社の路線に乗り換ええない。
3. 各ODペア間に両社による複数の移動経路がある場合、より短い経路を利用する。(同距離の場合、OD需要の半分は先手、もう半分は後手の経路を利用する)

例として、利用者が図1の経路2→3→4を利用する時、

この経路の OD 需要を 100 人, 利用率が 80% だとすると, この経路の利用者は 80 人に減少する. さらに, 両社共に, 全く同一の経路があるため後手の利用者は 80 人の半分の 40 人となる. また, 2→3→4 という経路を 2→3 を A 社の路線で, 3→4 を B 社の路線でというような移動の仕方ではできないものとする. このように乗客は路線を利用すると仮定し, 後手は獲得利益の最大化を目的に路線の開設を行う.

3 定式化

3.1 記号の定義

以下のように記号を定義する.

N : 空港のインデックスの集合.

m : 後手が開設する枝の数.(先手と同数)

w_{ij} : OD ペア $i, j \in N$ 間の需要.

r_{ijkl} : 経路 $i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j \in N$ の乗客の利用率.

s_{ijkl} : 後手が開設する路線の経路 $i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j \in N$ を利用する乗客の割合.

$x_{ijkl} : \begin{cases} 1 : \text{経路 } i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j \in N \text{ が存在する時.} \\ 0 : \text{経路 } i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j \in N \text{ が存在しない時.} \end{cases}$

$y_{ij} : \begin{cases} 1 : \text{空港 } i, j \in N \text{ 間に路線を開設する時.} \\ 0 : \text{空港 } i, j \in N \text{ 間に路線を開設しない時.} \end{cases}$

3.2 定式化

このモデルは以下のように定式化できる.

$$\max. \sum_{i \in N} \sum_{j \in N, j > i} w_{ij} \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} r_{ijkl} s_{ijkl} x_{ijkl} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in N} \sum_{l \in N} x_{ijkl} \leq 1 \quad i \in N, j \in N, j > i, \quad (2)$$

$$x_{ijkl} \leq y_{ik} \quad i, j, k, l \in N, j > i, \quad (3)$$

$$x_{ijkl} \leq y_{kl} \quad i, j, k, l \in N, j > i, \quad (4)$$

$$x_{ijkl} \leq y_{lj} \quad i, j, k, l \in N, j > i, \quad (5)$$

$$y_{ii} = 1 \quad i \in N, \quad (6)$$

$$y_{ij} = y_{ji} \quad i, j \in N, j > i, \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N, j > i} y_{ij} = m \quad (8)$$

$$x_{ijkl} \in \{0, 1\} \quad i, j, k, l \in N, \quad (9)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j \in N. \quad (10)$$

4 計算実験と考察

実験には 1970 年の CAB(民間航空委員会) が提供した需要データを用いる. 開設する路線数は 10 本ずつ, 乗り換えコストは 0, 400 の 2 通りで最適化ソフト Gurobi を用いて計算し, 図 2, 3 の結果が得られた. これらの図から, 乗り換えコストが 0 の時, 後手の開設する路線は先手の路線と重なるものが多いのに対し, 乗り換えコストが 400 の時, 後手の路線は先手の配置済みの路線を避けるように設置されることが分かった.

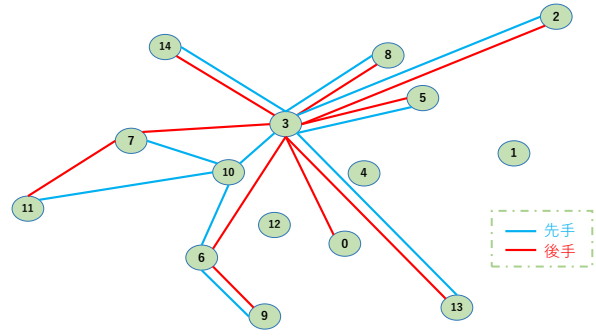


図 2 実行結果 (乗り換えコスト:0)

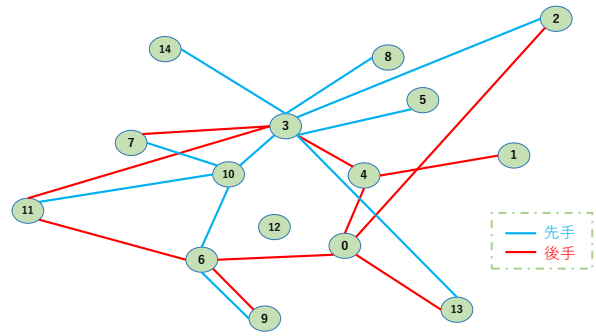


図 3 実行結果 (乗り換えコスト:400)

表 1 獲得需要率

	乗り換えコスト: 0		乗り換えコスト: 400	
	先手	後手	先手	後手
参入前	68.2%		61.1%	
参入後	34.1%	48.7%	47.7%	28.9%

表 1 で獲得需要率は, 総獲得需要 (各 OD 需要の合計) に対する各社の獲得需要の割合を表す. この図から分かるように, 乗り換えコストが 0 の時, 先手の獲得需要率が後手の参入後に大幅に減少した. また, 乗り換えコストを 400 とした時, 後手の参入による先手の獲得需要率の減少は前者より低い値を示すという結果となった. 今後は, 他社の路線への乗り換えを許すことで路線の配置がどのように変化するかを調べることを課題としたい.

参考文献

- [1] J.F. Campbell: "Integer programming formulations of discrete hub location problem". *European Journal of Operational Research*, 72, pp. 387-405, 1994.
- [2] M. Sasaki and T. Furuta: "Point-to-point based airline network design problems". *Proceedings of International Symposium on Scheduling 2017*.