

流通経済大学 学生員 江 浩
流通経済大学 正会員 片山 直登
流通経済大学 若林 宏明

1. はじめに

ハブ空港は乗換え空港となる地域の中心空港であり、周辺の空港からハブ空港を経由して他の空港へ向うという航空ネットワークを形成する。近年、航空路線の自由化や大規模な国際ハブ空港の建設により、ハブ空港を中心とした航空ネットワークの設計が重要な課題となっている。

与えられた空港からハブ空港を選択し、ハブ空港間の航空路線やハブ空港とハブでない（地方）空港間の路線を定める問題をハブ空港配置問題とよぶ。ハブ空港配置問題は、ハブ空港間の接続形態、ハブ空港-地方空港間の接続形態、空港や航路の容量の制約、ハブ空港の経由回数などによってさまざまなモデルに分類できる^[1]。従来の研究では、Skorin-Kapov ら^[2]は 2-Stop Single Allocation モデル、佐々木-福島^[3]は容量制約つき 1-Stop Multi Allocation モデルを扱っている。

本研究では、乗客がハブ空港を 2 回経由し、ハブ空港-地方空港間の路線を 1 本とし、各空港間の乗客移動にかかる費用とハブ空港の配置費用の合計を最小化する基本的な 2-Stop Single Allocation 問題に対して、近似解法を検討する。

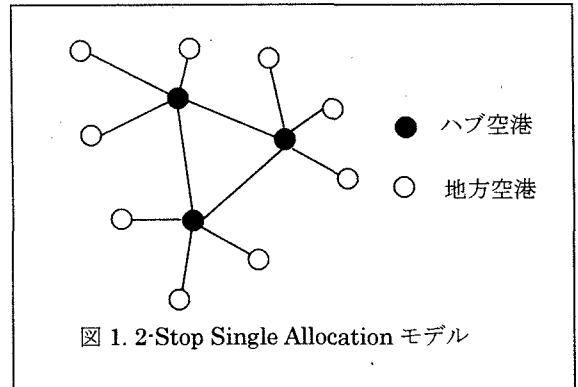


図 1. 2-Stop Single Allocation モデル

2. モデルの前提条件と定式化

対象とする 2-Stop Single Allocation ハブ空港配置問題の前提条件を示す。

- (1) 空港集合 N が与えられている。
- (2) 地方空港はいずれか 1ヶ所のハブ空港に接続する。
- (3) 各空港間の経路上で、経由するハブ空港数は 1~2ヶ所とする。ハブ空港を出発、到着地とする場合には、これを含めて 1~2ヶ所とする。
- (4) すべての空港 i, j 間に対して、乗客の移動量 f_{ij} が与えられている。
- (5) 空港 i, j 間の単位当りの移動費用 c_{ij} が与えられている。
- (6) ハブ空港間の移動費用の割引率 α が与えられている。
- (7) 空港 j をハブ空港にするための配置費用 F_j が与えられている。

3. 問題の定式化

ハブ空港の配置費用を考慮した 2-Stop Single Allocation ハブ空港配置問題の定式化を示す。

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} f_{ij} \left(\sum_{k \in N} c_{ik} x_{ik} + \sum_{m \in N} c_{jm} x_{jm} + \alpha \sum_{k \in N} \sum_{m \in N} c_{km} x_{ik} x_{jm} \right) + \sum_{j \in N} F_j x_{jj} \tag{1}$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad j \in N, i \in N \tag{2} \quad \sum_{j \in N} x_{ij} = 1 \quad i \in N \tag{3}$$

$$\sum_{j \in N} x_{jj} = z \tag{4} \quad x_{ij} \in \{0,1\} \quad i \in N \quad j \in N \tag{5} \quad z \in \{\text{自然数}\} \tag{6}$$

キーワード：ハブ空港、施設配置、近似解法

〒301-8555 茨城県竜ヶ崎市平畑 120 流通経済大学流通情報学部片山研究室, TEL0297-64-0001, FAX 0297-64-0011

ここで、選択するハブ空港数を表す変数を z 、空港 i をハブ空港 j に接続するとき 1、それ以外 0 の変数を x_{ij} とする。特に、空港 j をハブ空港にするととき 1、それ以外 0 の変数を x_j とする。

(1)式は総費用を表わす目的関数であり、第 1 項と第 2 項はハブ空港-地方空港間の移動費用、第 3 項はハブ空港間の割引を含む移動費用、第 4 項はハブ空港の配置費用である。(2)式は、空港 j がハブ空港であれば地方空港 i に接続でき、そうでなければ接続できないことを表している。(3)式は各空港がいずれかのハブ空港に接続するという割当制約であり、(4)式はハブ空港数を表わしている。この問題は目的関数に 2 次式を含む 2 次割当問題と施設配置問題を組合せた問題となり、現実的な規模の問題を最適に解くことは容易ではない。

4. 近似解法

本研究では、ハブ空港配置問題のための近似解法としてタブ・サーチ法を用いる。タブ・サーチ法は、局所探索において同じ解を重複して探索することを防ぐとともに、局所最適解に陥らないようにするためにタブリストと呼ばれる概念を用いる。このタブリストに、一定期間探索した解を記憶し、近傍解を探索する際にタブリストにない解の中で最良の解を探索する方法である。

タブ・サーチ法の基本アルゴリズム

- [1] ハブ空港数 z を 1 とする。
 - [2] 適当な z 個の空港をハブ空港とする。配置用タブリスト、割当用タブリスト、配置用長期メモリと割当用長期メモリを空にする。地方空港を最も移動費用の安いハブ空港に割当てる。
 - [3] [4]から[5]を一定回数繰り返す、得られた解の中で最良解をハブ空港数 z の近似解とする。
 - [4] ハブ空港の配置問題
 - [4-1]から[4-2]を一定回数繰り返す。一定回数ごとに長期メモリを空にする。
 - [4-1] 配置用タブリストに含まれないすべてのハブ空港と地方空港の組合せに対して、次の計算を行なう。このハブ空港と地方空港を交換し、地方空港を最も移動費用の安いハブ空港に割当てたときの目的関数値を計算する。
 - [4-2] すべての組合せの中で最も良い目的関数値をもつ交換を行い、この組合せを配置用タブリストに適当な期間保持し、対応する配置用長期メモリ値を増加する。
 - [5] 地方空港の割当問題
 - [5-1]から[5-2]を一定回数繰り返す。
 - [5-1] すべての地方空港に対して、次の計算を行なう。この地方空港を割当用タブリストに含まれていないすべてのハブ空港に割当てたときの目的関数値を計算する。
 - [5-2] すべての組合せの中で最も良い目的関数値をもつ交換を行い、これを割当用タブリストに適当な期間保持し、対応する割当用長期メモリ値を増加する。
 - [6] $z=|N|$ であれば終了し、そうでなければ z を 1 増やして[2]へ戻る。
- [4] と[5]における目的関数値には、長期メモリ値によるペナルティを含んでいる。

5. まとめ

本研究では基本的なハブ空港の配置費用を考慮した 2-Stop Single Allocation のハブ空港配置問題を対象として、近似解法を検討した。今後の課題として、厳密解法との比較や現実のデータを用いた解析、1-Stop Multi Allocation モデルなど他のモデルの検討などが考えられる。

参考文献

- [1] 佐々木美祐：ハブ空港の配置モデル、オペレーションズ・リサーチ、Vol.45, No.9, p437-443, 2000.
- [2] 佐々木美祐、福島雅夫：経路選択に自由度のある容量制約つきハブ・スポークモデル、南山経営研究、Vol.13, No.1, p11-21, 1998.
- [3] Darko Skorin-Kapov, Jadranka Skorin-Kapov : On tabu search for the location of interacting hub facilities, European Journal of Operational Research, Vol.73, p502-509, 1994.