

IV-242 出発時刻と需要変動の関心の同時最適化航空スケジューリングモデル

東北大学 大学院 学生員 ○田北俊昭

東北大学 工学部 正会員 稲村 肇

1. はじめに

航空ネットワークスケジューリングは需要予測とスケジューリングの2段階構成だが、本研究では潜在需要分布を仮定し後者のスケジューリングに重点をおいている。従来からのLPモデルの延長ではあるが、以下の2点において特徴がある。

①従来は、利用旅客数あるいはフライト案(1, 0)を決定変数とした利益最大化モデルであったのに対し両者を同時に決定変数として導入し混合整数計画問題とした。

②近接フライトにおける旅客の取り合い現象に従来にない分割法を用いた。

この導入により出発時刻と需要変動の関心の同時最適化を考慮したモデルが作成された。

2. 定義

1) Hub空港とそのフライト

ST: Hub空港運営開始時刻

ET: Hub空港運営終了時刻

ΔT: フライト案の設定間隔

T_i: 往復所要時間(飛行時間、整備時間)

i: ルート(i = 1, 2, …, I)

i(k): ルートiの往路(k=1)、復路(k=2)

j: 航空機(j = 1, 2, …, J)

f: フライト時刻(f = 1, 2, …, f_L)f_i: ルートiの最終フライト時刻X_{ij}^f: フライトの有無(1, 0)

2) 旅客数

Y_{i(k)}^f: 潜在需要分布

N_{i(k)}^{f-n(f)}: 希望フライト時刻fの旅客のうちn(= 1, 2, …, n_i^f)フライト前に搭乗した人数(= ∑_j N_{i(k)}^{f-n(f)}_j)

N_{i(k)}^{f-n(f)}_j: N_{i(k)}^{f-n(f)}のうち航空機jの搭乗数N_{i(k)}^f_j: 各フライトの旅客数(= ∑_f N_{i(k)}^{f-n(f)}_j)

G_{i(k)}^f = {ルートi(k)のフライト時刻fを選択する可能性のある旅客の希望フライト時刻の集合}

CAPA_j: 航空機の定員α_{i(k)}^{f-n(f)}: nフライト前航空選択率A_{i(k)}^f: 航空選択率行列

$$A_{i(k)}^f = \begin{pmatrix} \beta_{i(k)}^{f-n_1^f(f)} & \beta_{i(k)}^{f-n_2^f(f)+1} & \cdots & \beta_{i(k)}^{f-2(f)} & \beta_{i(k)}^{f-1(f)} & 1 \\ 0 & \beta_{i(k)}^{f-n_2^f(f)+1} & \cdots & \beta_{i(k)}^{f-2(f)} & \beta_{i(k)}^{f-1(f)} & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \beta_{i(k)}^{f-1(f)} & 1 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\beta_{i(k)}^{f-n(f)} = \frac{1}{\alpha_{i(k)}^{f-n_1^f(f)} \cdot \alpha_{i(k)}^{f-n_2^f(f)+1} \cdots \alpha_{i(k)}^{f-1(f)}} \quad (\alpha_{i(k)} \neq 0)$$

N_{i(k)}^f: 搭乗フライトベクトル

$$= (N_{i(k)}^{f-n_1^f(f)}, \dots, N_{i(k)}^{f-1(f)}, N_{i(k)}^f)$$

3) 利益

FARE_i: 運賃C_{ij}: ルート・航空機別運航費用

4) 航空機運営上の制約

L f 1_i: 制約をうける最早フライト時刻L f 2_i: 制約をうける最遅フライト時刻

3. 本研究の考え方

本研究では、ルート数Iのハブ・アンド・スポーク型の航空ネットワークに対し航空機をJ機配分する混合型整数計画法で定式化する。

(1) フライト案と潜在需要分布

Hub空港運営時間内で各ルート・航空機別に図1のようなフライト案を設定する。また、希望時刻のフライトが全員確保できるときのルート別のフライト希望別分布を潜在需要分布(図2)とする。

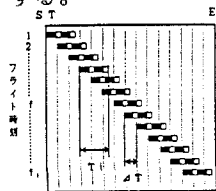


図1 航空機jのルートiで飛行可能なフライト案

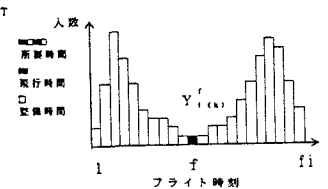


図2 ルートi(k)の潜在需要分布

(2) 目的関数

航空会社の利益を最大化するように以下に述べる各種制約条件を満たすようにスケジューリングを行う。なお決定変数は各フライトに対する乗客

数とフライトの有無で表される。

Maximize

$$\sum_{i,j} \sum_{f=1}^{f_i} (FARE_i \sum_k N_{i(k)j}^f - C_{ij} \cdot X_{ij}^f) \quad (1)$$

但し、 $X_{ij}^f = \{0, 1\}$

$N_{i(k)j}^f$: 実数変数 ($= \sum_{f \in G_{i(k)}^f} N_{i(k)j}^{f(F)}$, $N_{i(k)j}^{f(F)} \geq 0$)

(3) 制約条件

制約条件は、通常の (a) 航空機運営上の制約、と本研究の最も特徴となる (b) 機材運航と需要の関係を組み込んだ制約を考えている。

(a) 航空機運営上の制約

ある航空機のあるフライト時刻での運営上の制約はつぎの2点である。①選択可能ないずれかのルート(●印)を運航する。②運航時刻までにHub空港へ戻れないフライトは選択できない。(×印)
(図3参照) によって、

$$\sum_{f=1}^{f_i} \sum_{j=1}^{j_i} X_{ij}^f \leq 1 \quad (2)$$

(b) 機材運航と需要の関係を組み込んだ制約

本研究では以下の2点を考慮した。

①近接するフライト間の乗客の取り合い

(制約条件式3, 4)

②フライトの有無、満員等より必ずしもフライト希望時刻に乘れないための実際の時刻とのずれによる需要の減少
(制約条件式4)

1) 容量による制約

フライト案が採用されるとその旅客数は航空機の実定員以下、採用されないと0となる制約条件である。これは希望フライト時刻の異なる旅客を実際に存在するフライトに取り込む働きをしている。
 $CAPAJ \cdot X_{ij}^f \geq \sum_{k \in G_{i(k)}^f} N_{i(k)j}^f (= N_{i(k)j}^f) \quad (3)$

2) 旅客のフライト希望時刻からのずれによる需要変動を取り込んだ制約

図4の全面積はあるフライト時刻の潜在需要(フライト希望時刻別分布)である。面積Aは希望時刻にフライトが実現した旅客である。それ以外

は実現しなかった旅客である。そのうち面積Bはフライト希望時刻が実現されなかったため航空路選択を断念した人である。同様に需要を分割した後に利用を最終的に諦める人々は、面積Cの部分である。この分割したものをさらに航空機別に表示したのが図5である。

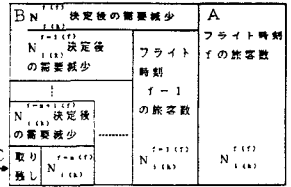


図4 ルートj(k)のフライトの潜在需要 $Y_{i(k)j}^f$ の分布

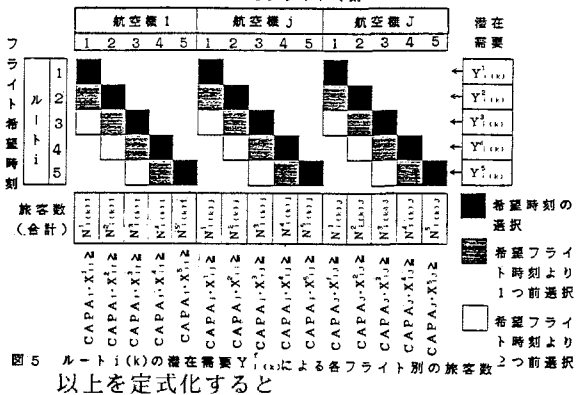


図5 ルートj(k)の潜在需要 $Y_{i(k)j}^f$ による各フライト別の旅客数以上を定式化すると

$$A_{i(k)j}^f N_{i(k)j}^f \leq Y_{i(k)j}^f E \quad (4)$$

(Eは単位ベクトル)

3. 結果と結論

計算例として、3ルート、3航空機で、運営時間を9時より21時までとし1時間半刻みでフライト案を作成しスケジューリングを行った。本研究の目的である機材運航と需要の関係を近接し合うフライト間の乗客の取り合いと希望時刻に乘れないことによる需要の減少を考慮し実現した。

だが、最終的には複数空港間の総合ネットワークへ拡張することが重要となってくる。

参考文献

- 1) 田村・稲野; 地域航空における機材の最適スケジューリング, 土木計画学研究・論文集 No. 5, 1987, 11
- 2) 田村; 地域サービスにおける社会的便数についての考察, 土木計画学・講演集 No. 12, 1989, 12
- 3) 田北・稲村; ハブ・アンド・スポークタイプ航空ネットワークのスケジューリング, 東北支部技術研究発表会講演概要, 1990, 3