

IV-4 旅客航空輸送における最適運用計画

○ 東工大 学生員 北條俊光
三菱地所 岡本一彦

1. 研究目的

国内の都市間旅客輸送問題は、年々急激な旅客需要の増加ともなつて非常に重要なものとなつてきている。その中でも特にその増加率の激しい延びを示しているのは航空旅客需要であろう。公衆的立場から見ると、そのネットワークとなる空港関連施設は、国土計画、地域計画の分野では土地利用的にも規模が大きなものとなりがちである。本研究は、このような状況のもとでその急激な延びを示す旅客需要を満たすために、従来の施設を有効に利用することによつて、又機材を大型化することによつて、又便数を最適に配分することによつて、いかにしてその運用計画を計つてゆけばよいかという問題に主眼をあてたものである。以下その最適運用モデルの説明を行う。

2. モデルの変数

まず本モデル設定のための前提条として全国の交通網に流れる都市間交通旅客のうち航空旅客は、そのO-D交通量が与えられるものとし、又考慮する時点では特別な交通機関の技術革新はないものとする。さてここで本モデルに考慮する変数として2つの種類の変数を考える。

$$X = (X^a, X^b, X^c, \dots, X^m) \quad \dots\dots (1)$$

$$T = (\Pi) \quad \dots\dots (2)$$

ただし X は便数を表わし、 T は旅客数を表わしているもので X に対する添字は $a, b, c, \dots, m$ 機種別の便数を表わしている。ここで空港の数 n 個に限ると、各要素は次の行列で表わされる。

$$X^l = \begin{pmatrix} 0, & X_{12}^l, & X_{13}^l, & X_{14}^l, & \dots, & X_{1m}^l, & X_{1n}^l \\ X_{21}^l, & 0, & X_{23}^l, & X_{24}^l, & \dots, & X_{2m}^l, & X_{2n}^l \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ X_{n1}^l, & X_{n2}^l, & X_{n3}^l, & X_{n4}^l, & \dots, & X_{nm}^l, & 0 \end{pmatrix} \quad \dots\dots (3)$$

ただし $X_{ij}^l = X_{ji}^l$ と仮定する。

$$\Pi = \begin{pmatrix} 0, & T_{12}, & T_{13}, & T_{14}, & \dots, & T_{1n-1}, & T_{1n} \\ T_{21}, & 0, & T_{23}, & T_{24}, & \dots, & T_{2n-1}, & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ T_{n-1}, & T_{n-2}, & T_{n-3}, & T_{n-4}, & \dots, & T_{n-1}, & 0 \end{pmatrix} \quad \dots\dots (4)$$

ただし $T_{ij} = T_{ji}$ と仮定する。

ここに X_{ij}^l , T_{ij} の添字 i, j は n 個の空港の任意の i 空港からそれ以外の任意の j 空港への便数、旅客を表わし、 l はその機種を表わす。しかしこの変数によつて考えられる航空ネットワークは直行便と直通旅客でしか表現しえないのでここで新たに次のように X_{ij}^l , T_{ij} を考える。ただし問題の複雑化を避けるために経由便及び経由旅客は途中でどこに寄り着く1回限りと仮定することにする。

$$X_{ij}^l = \begin{pmatrix} x_{ij}^l \\ \vdots \\ x_{inj}^l \end{pmatrix} \quad \dots\dots (5) \quad T_{ij} = \begin{pmatrix} t_{ij} \\ \vdots \\ t_{inj} \end{pmatrix} \quad \dots\dots (6)$$

即ち x_{ijk}^l の添字 l は i 空港へ j 空港への経路便、 t_{ijk} では i 空港へ j 空港への経路便に搭乗する旅客を表わしている。ただし $l = j$ で、 $t_{ijk} = 0$ を示す時はその変数は直行便を表わすものとする。

3. 運用時の各種制約条件式

航空交通輸送における各種制約条件式は、まず第一に航空旅客需要を満足すべき必要条件として

$$\sum_k t_{ijk} = D_{ij} \quad \dots\dots (8)$$

ここで D_{ij} は i 空港から j 空港へ向かう航空旅客需要量で定数であり、 $\sum_k$ は $k = 1, 2, \dots, j$ なる k を 0 から j まで加えるという意味で以下これによる。一方旅客便に関する条件としてある空港 i について考えれば、空港施設の容量 C_{oi} による制限条件として次式が成り立つ。

$$\sum_k \sum_j \sum_l x_{ijk}^l + \sum_k \sum_j \sum_l x_{kij}^l \leq C_{oi} \quad \dots\dots (9)$$

即ちある i 空港を離着陸する各種機種別便数の総和は、その i 空港の滑走路容量、ターミナル容量等から決定される空港容量 C_{oi} 以下でなければいけないという条件である。更に考慮に入れなければならない条件として上の旅客変数と便数変数の関係を示す制約条件であり、いわば旅客に対する輸送サービス条件というものがあリ次式で表わされる。ただし α は l 機種の定員を表わしている。

$$\sum_k \alpha x_{ijk}^l + \sum_k \alpha x_{kij}^l + \sum_k \alpha x_{ikj}^l \geq t_{ijk} \quad \dots\dots (10)$$

$$\sum_k \alpha x_{ijk}^l \geq t_{ijk} \quad \dots\dots (11)$$

即ち(10)式は α が 0 より大きい、 j 間を通る l 区間を搭乗旅客の席を確保しなければいけないことを意味している。以上の需要条件、空港容量条件、輸送サービス条件の3つを運用時の必要条件とする。

4. 最適運用計画の定式化

ここで考えよう運用計画の目的関数として航空機運行時の費用と旅客に要する時間費用を考え次式で表わされる関数 f を考える。

$$f = f_1 + f_2 + f_3 - f_4 \quad \dots\dots (12)$$

$$\text{ただし } f_1 = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l C_{ijk}^l x_{ijk}^l \quad (\text{運行費用}) \quad \dots\dots (13)$$

で、 C_{ijk}^l は航空機一便当りの運行費で人件費、燃料費等が主なものである。施設維持費として、

$$f_2 = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l (C_{ijk}^l + C_{kij}^l) x_{ijk}^l \quad (\text{施設維持費用}) \quad \dots\dots (14)$$

で、 C_{ijk}^l は j 空港の航空機一便当りの使用料を考え、着陸費用が主なものである。旅行時間費用は、

$$f_3 = w \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l C_{ijk}^l t_{ijk} \quad (\text{旅行時間費用}) \quad \dots\dots (15)$$

で、 w は時間コスト、 C_{ijk}^l は所要時間で f_3 は総旅行時間費用である。又 f_4 は一般にフリーケントサービスであるが、ここでは $-f_4$ を待ち時間に置きかえて考えて、次式で表わす。

$$-f_4 = w \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l D_{ij} / (\sum_k x_{ijk}^l + \sum_k x_{kij}^l + \sum_k x_{ikj}^l) \quad \dots\dots (16)$$

ここで C_{ijk}^l は $i-j$ 間の路線の運用時間を表わし、 D_{ij} は(7)式で示した。以上述べた4種の費用を合計したものをも最少にすることを、ここをいう最適と呼ぶことにすれば運用計画の定式化が出来たことになる。

5. 適用例

国内線主要空港及び主要路線を選び全国9航空旅客需要を、与件としてその必要機種別便数をもとに記すモデルによって求めた。その結果については講演会で提示する。

以上