

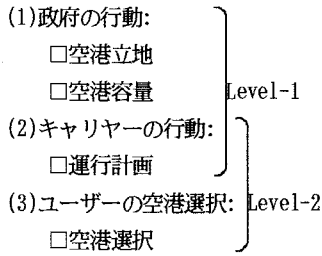
最適空港ネットワークモデルの提案

熊本大学工学部 正 員 黒田 勝彦

熊本大学大学院 学生員○大橋 忠宏

1. はじめに

本研究では空港ネットワークは空港を整備する政府、航空サービスを提供する航空会社(キャリアー)及びこれらのサービスを利用する利用者(ユーザー)からなっていると考え、これら政府、キャリアー及びユーザーそれぞれについて着目し、お互いをシユタツケルベルグ問題(図-1)としてモデルの構築を試みる。図-1 2-レベル・シユタツケルベルグ問題



構築を試みる。図-1 2-レベル・シユタツケルベルグ問題

2. 空港ネットワークモデルの構築

政府の行動は、キャリアーが利潤の最大化を図るという条件の下でユーザーの総走行時間と空港建設費を最小化する問題として定式化を行った。ただし、今回は空港1を新規空港建設の対象としている。

$$\begin{aligned} \text{MIN. } G = & C_c(t_{A11}, t_{A21}, F_1) \\ & + \xi \left(\sum_k \sum_l t_{Fk1} \cdot f_{k1} + \sum_k \sum_l t_{Aik} \cdot X_{ik1} \right. \\ & \left. + \sum_j \sum_l t_{I1j} \cdot X_{11j} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{S.t. } t_{A11}, t_{A21}, F_1 \geq 0 \quad (2)$$

$$f_{k1} = \sum_m f_m^{k1} \quad (3)$$

$$f_k = \sum_l (f_{k1} + f_{lk}) \leq F_k \quad (k=1) \quad (4)$$

キャリアーの最適行動

S.t

ユーザーの空港選択

$C_c(d_{11}, d_{21}, F_1)$: 空港建設費, ξ : 空港建設費に対する時間の重み, t_{Fk1} : フライト時間, f_{k1} : 路線頻度, t_{Aik} : アクセス時間, $X_{ik1} = (\sum_j \sum_l X_{ik1jl})$ i ゾーンから k 空港利用人数, t_{I1j} : イグレス時間, $X_{11j} = (\sum_k \sum_l X_{11jkl})$ 1 空港から j ゾーンへの利用人数, F_k : k 空港最大離発着数である。

キャリアーの行動としては、ユーザーの行動がFiskの確率均衡配分モデル¹⁾²⁾に従うとして、エントロピー項と総時間費用の最小化を行うという条件の下

で利潤の最大化問題として定式化を行った。

$$\begin{aligned} \text{MAX. } C_F \left(\sum_k \sum_l f_m^{k1} \right) \\ = \sum_k \sum_l \{ (X_m^{k1}) \cdot PF_{k1} - (CF_{k1} \times f_m^{k1}) \} \end{aligned} \quad (5)$$

S.t.

$$f_m^{k1} \geq 0 \quad (6)$$

$$\sum_m X_m^{k1} = X_{\cdot k1} = \sum_j \sum_l X_{1k1jl} \quad (7)$$

$$CAP_{k1} \cdot \sum_m f_m^{k1} \geq X_{\cdot k1} \quad (8)$$

ユーザーの空港選択

f_m^{k1} : m 社の路線運行頻度, PF_{k1} : 路線運賃,

CF_{k1} : 路線運行費用, CAP_{k1} : 機材容量である。

ユーザーの空港選択は、C.Fiskが提案した確率均衡配分モデルとして以下のように表す。

$$\begin{aligned} \text{MIN. } Z = & \frac{1}{\theta} \cdot \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l X_{ik1jl} \ln X_{ik1jl} \\ & + \sum_k \sum_l \int_0^{V_{k1}} t_{k1}(v) dv \end{aligned} \quad (9)$$

S.t

$$\sum_k \sum_l X_{ik1jl} = X_{i \cdot j}, \quad \forall i, j \quad (10)$$

$$X_{ik1jl} \geq 0, \quad \forall i, k, l, j \quad (11)$$

$$V_{k1} = \sum_i \sum_j \sum_l \delta_{ik1jl} X_{ik1jl}, \quad \forall k, l \quad (12)$$

利用者の空港選択モデルにおいて、ラグランジュ関数をつくりKuhn-Tucker条件より $X_{ik1jl} > 0$ のとき、最終的に以下の条件が導けることが明らかである。

$$\therefore X_{ik1jl}^* = X_{i \cdot j} \cdot \frac{\exp(-\theta C_{ik1jl})}{\sum_k \sum_l \exp(-\theta C_{ik1jl})} \quad (5)$$

ここで、 X_{ik1jl} : i ゾーンから j ゾーンへの kl 路線通過交通量, θ : パラメーター, $t_{k1}(v)$: コスト関数, δ_{ik1jl} : i, j 間で kl 路線を通過するとき、1をとるダミー変数, *: 最適解を示す, V_{k1} : 路線別交通量, また、 C_{ik1jl} : $(= \sum_k \sum_l \delta_{ik1jl} t_{k1}(V_{k1}))$ を満たす $ik1jl$ 路線のコストである。

今回は、 C_{ik1jl} を以下のように表す。

$$\begin{aligned} C_{ik1jl} = & \alpha_1 t_{Aik} + \alpha_2 t_{Fk1} + \alpha_3 t_{I1j} + \alpha_4 P_{Aik} \\ & + \alpha_5 PF_{k1} + \alpha_6 P_{I1j} + \alpha_7 f_{k1} \end{aligned}$$

ここで、 α_n ($n=1, \dots, 7$): パラメータである。

3. 仮想ネットワークへの適用

図-2のような空港ネットワークモデルを想定し、

表-1の数値例でモデルの試算を行った。また今回キャリアーへの需要量の配分方法は、路線数の比で配分を行った。ここでは空港1の代替空港として2つのケース（ケース2、ケース3）を想定して分析を行い、その結果を図-3、4、5に示す。また、機材はDC10程度（定員300人、平均ロード・ファクター60%）、既存の空港容量は、空港1、2が10万回/年、空港3、4が12万回/年を想定している。

今回の分析の結果、本研究で用いた数値例では、図-3において空港1の新規建設は目的関数の各項における変化量等を考えると、ケース3の方がケース2よりもふさわしいことになる。

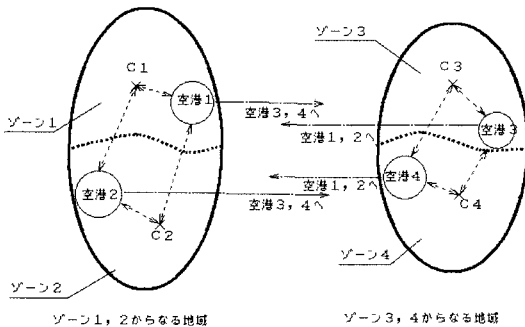


図-2 仮想ネットワーク

表-1 数値例

OD (万人/年)					
0	1	2	3	4	Σ
1	-	-	400.0 600.0	500.0 700.0	900.0 1300.0
2	-	-	250.0 300.0	200.0 250.0	450.0 550.0
3	400.0 600.0	250.0 300.0	-	-	650.0 900.0
4	500.0 700.0	200.0 250.0	-	-	700.0 950.0
Σ	900.0 1300.0	450.0 550.0	650.0 900.0	700.0 950.0	2700.0 3700.0

ODは { 上段が現況需要
下段は将来需要

飛行時間 (分), 費用 (万円)			
空港	空港	時間	費用
1	3	60	2.00
1	4	70	2.20
2	3	70	2.20
2	4	80	2.30

アクセス時間 (分), 費用 (万円)			
ゾーン	空港	時間	費用
1	1	現況	40 0.05
		ケース2	60 0.07
		ケース3	40 0.05
2	2	現況	60 0.07
		ケース2	70 0.08
		ケース3	100 0.11
3	3	現況	90 0.10
		ケース2	60 0.07
		ケース3	90 0.10
4	4	現況	80 0.09
		ケース2	40 0.05
		ケース3	40 0.05

クモデルを実データへ適用し、分析するためには、かなりのデータの蓄積が必要とされる。また、今回は機関別ゾーン間ODは与件として計算を行っているが、実際は空港立地点などで機関別ゾーン間ODは変化するとと思われる。したがって、今後研究を進めるにあたり、これらの点を考慮しつつ理論を確立し、実際の空港ネットワークへの適用を試みる必要がある。

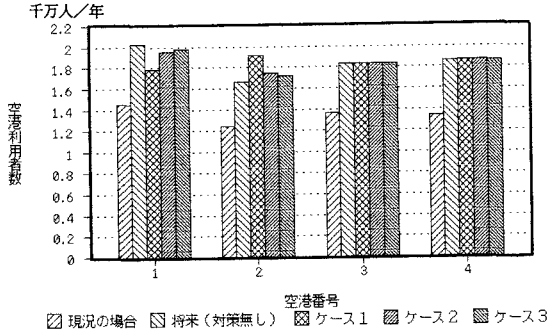


図-3 空港利用者数

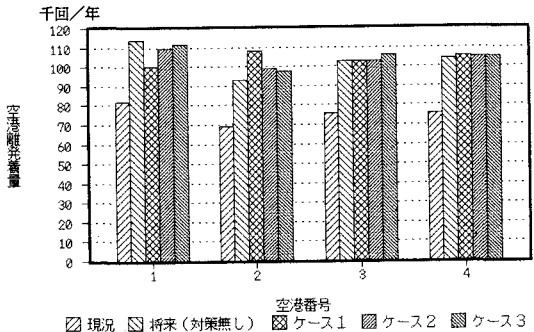


図-4 空港離発着量

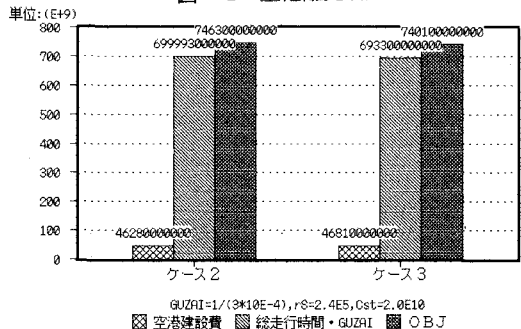


図-5 政府の行動の結果

参考文献

- 1) 溝上他: Fiskモデルにおける θ の推定方法および実用可能性に関する一考察 (土木計画学研究・講演集 No.12 1989年12月)
- 2) C.Fisk: SOME DEVELOPMENTS IN EQUILIBRIUM TRAFFIC ASSIGNMENT (Transpn Res.-B Vol.14B pp.243-255 1980年)

4. おわりに

今回の研究では、2-レベル・シュタッケルベルグ問題として、ネットワーク計画を立てる場合のモデルへの適用可能性を示した。しかし、本空港ネットワー