

## 都市間交通手段分担の動的予測モデル

名古屋工業大学 正員 松井 寛  
 名古屋工業大学 学生員 ○タム トン ヒップ  
 名古屋工業大学 学生員 藤本 邦裕

### 1. はじめに

本研究では都市間の手段別分担交通量を予測するための、ダイナミックモデルを定式化し、モデルのパラメーターの決定方法についても研究した。

### 2. モデルの定式化

本研究で提案するダイナミックモデルの考え方は、交通手段選択における現時点の変化の速度、方向が過去の状態と安定状態との差異に依存しているということである。この考え方は次の微分方程式で表される。

$$dx_k(t)/dt = \varepsilon_k \cdot (D_k - x_k(t)) \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.1)$$

ここで、 $x_k(t)$  : 時点 $t$ における交通手段 $k$ のトリップ数、 $D_k$  : 安定状態における交通手段 $k$ のトリップ数 ( $x_k(t)$ が変化しないと仮定する時点)、 $\varepsilon_k$  : パラメーター、 $m$  : 交通手段の数  
 $D_k$ は次式によって決定する：

$$D_k = (A_k / \sum_{i=1}^m A_i) \cdot D \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.2)$$

ここで、 $D$  : 総トリップ数、 $A_k$  : 交通手段 $k$ の魅力度  
 以上の $A_k$ については次の2つの式について考察した。

式①：

$$A_k = (x_k(t))^{\alpha_k} / (\gamma_k + \theta_k x_k(t)) \cdot \exp \left( \sum_{j=1}^n \beta_{kj} z_{kj}(t) \right) \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.3)$$

ここに、 $z_{kj}(t)$  : 時点 $t$ の交通手段 $k$ における $j$ 番目の説明要因の値； $\alpha_k, \gamma_k, \theta_k, \beta_{kj}$  : パラメーター  
 $n$  : 説明要因の数。式 (2.3) は次のように解釈できる。 $\exp \sum \beta_{kj} z_{kj}(t)$  によって魅力度  $A_k$  が旅行者と交通システムの特性に依存していることを示している。 $x_k(t)^{\alpha_k}$  では需要に交通システムが反応することそして心理的原因のために、トリップ数 $x_k(t)$ が増加すれば魅力度  $A_k$  も増す。 $1/(\gamma_k + \theta_k \cdot x_k(t))$  でトリップ数 $x_k(t)$ が増加すれば交通システムが混雑するために魅力度 $A_k$ は減るということを示している。

式②：

$$A_k = \exp(\alpha_k x_k(t)) \cdot \exp \left( \sum_{j=1}^n \beta_{kj} z_{kj}(t) \right) \quad k=1,2,3,\dots,m$$

$$\text{または: } A_k = \exp \left( \sum_{j=0}^n \beta_{kj} z_{kj}(t) \right) \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.4)$$

ここに、 $\beta_{k0} = \alpha_k, z_{k0}(t) = x_k(t)$ とする。

式(2.3)また(2.4)によって次のダイナミックモデルを得られる ( $D = \sum_{k=1}^m x_k(t)$ )。

$$dx_k(t)/dt = \varepsilon_k \left( (A_k / \sum_{i=1}^m A_i) \cdot D - x_k(t) \right) \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (2.5)$$

### 3. パラメーターの決定方法

式 (2.5) を離散化すると次式で表される ( $\Delta t=1$ とする)。

$$x_{k,t+1} = x_{k,t} + \varepsilon_k \left( (A_{k,t} / \sum_{i=1}^m A_{i,t}) \cdot D_t - x_{k,t} \right) \quad k=1,2,3,\dots,m \quad (3.1)$$

ここに、 $x_{k,t}$  : 時点 $t$ における交通手段 $k$ のトリップ数、 $A_{k,t}$  : 時点 $t$ における交通手段 $k$ の魅力度。  
 最小2乗法を使用して次式によってパラメーターを決定する。

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^m (x_{k,t} - x_{k,t}^0)^2 \quad (3.2)$$

ここに、 $x_{i,t}$  : 時点  $t$  の実績トリップ数、 $T$  : 調査時点の数。パラメーターの制約条件によってSUMT方法 (BFGSまたはPowellアルゴリズム) を使用して、解析することができる。

#### 4. 適用例

大阪ー東京のデータ (昭和50年から昭和62年まで) に上記のダイナミックモデルを適用する。交通手段は鉄道 (JR, mode 1) と飛行機 (mode 2) である。説明要因は運賃 (No.1)、総旅行時間 (No.2) や運行本数 (No.3) とする。開発したモデルで次のパラメーターを得る。

モデル① (魅力度式①) :  $\varepsilon_1=1.09777$ 、 $\varepsilon_2=.77995$ 、 $\alpha_1=1.46889$ 、 $\alpha_2=1.51608$ 、 $\gamma_1=1.10862$ 、 $\gamma_2=1.05367$ 、 $\theta_1=1.09064$ 、 $\theta_2=.9516$ 、 $\beta_{11}=-.99843$ 、 $\beta_{12}=-0.93694$ 、 $\beta_{13}=.74076$ 、 $\beta_{21}=-1.0339$ 、 $\beta_{22}=-.9476$ 、 $\beta_{23}=1.0259$ 。

モデル② (魅力度式②) :  $\varepsilon_1=.93088$ 、 $\varepsilon_2=.88468$ 、 $\alpha_1=.36956$ 、 $\alpha_2=.79047$ 、 $\beta_{11}=-.95116$ 、 $\beta_{12}=-.9692$ 、 $\beta_{13}=.76775$ 、 $\beta_{21}=-1.01524$ 、 $\beta_{22}=-1.01031$ 、 $\beta_{23}=1.14891$ 。

表4.1はモデルで推定した手段別分担率を示している。

表4.1: モデルで推定した手段別分担率

| 年別      | 実績値<br>合計<br>(百万人) | 鉄道 (JR) |        | 飛行機    |        |
|---------|--------------------|---------|--------|--------|--------|
|         |                    | モデル①    | モデル②   | モデル①   | モデル②   |
| 昭50     | 6.9241             | 0.8173  | 0.8173 | 0.1827 | 0.1827 |
| 51      | 7.2832             | 0.8000  | 0.8114 | 0.2000 | 0.1886 |
| 52      | 6.8128             | 0.7779  | 0.7773 | 0.2221 | 0.2227 |
| 53      | 6.6410             | 0.7675  | 0.7529 | 0.2325 | 0.2471 |
| 54      | 6.8131             | 0.7705  | 0.7529 | 0.2295 | 0.2471 |
| 55      | 6.7859             | 0.7808  | 0.7804 | 0.2192 | 0.2196 |
| 56      | 6.8859             | 0.7816  | 0.7796 | 0.2184 | 0.2204 |
| 57      | 6.8482             | 0.7782  | 0.7794 | 0.2218 | 0.2206 |
| 58      | 7.2097             | 0.7805  | 0.7849 | 0.2195 | 0.2151 |
| 59      | 7.2288             | 0.7587  | 0.7491 | 0.2413 | 0.2509 |
| 60      | 7.2558             | 0.7734  | 0.7818 | 0.2266 | 0.2182 |
| 61      | 7.4935             | 0.7644  | 0.7666 | 0.2356 | 0.2334 |
| 62      | 7.7533             | 0.7446  | 0.7532 | 0.2554 | 0.2468 |
| 平均誤差    |                    | 0.0952  | 0.0704 | 0.0618 | 0.0390 |
| 平均誤差(%) |                    | 1.7400  | 1.2900 | 3.8000 | 2.3600 |

#### 5. 結論

本研究では環境変化による都市間の手段別交通需要の変化を短時間長時間で予測できるダイナミックモデルを開発した。本モデルはトリップ数も説明変数としており手段別交通量変化の原因を説明するのに有効である。両モデルの精度は比較的良好ことがわかった。

両モデル中にモデル①のパラメーターの意味わかりやすいが、パラメーター数がかかなり少ないでモデル②は簡便で実用的である。

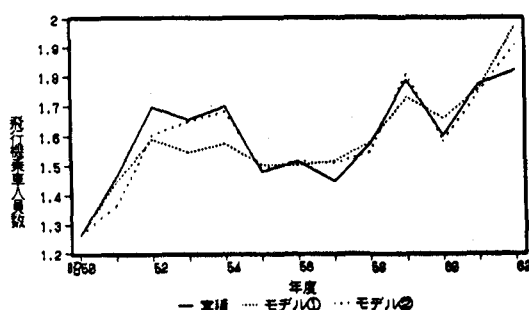
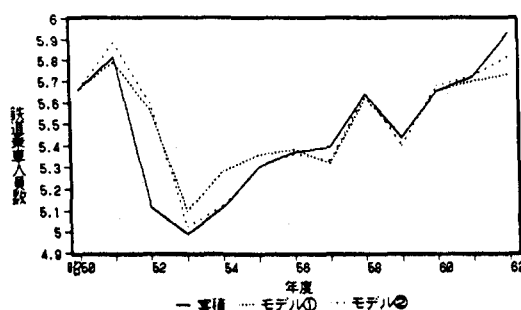


図4.1 各手段トリップ数

#### 参考文献:

- 1.河上省吾, 松井 寛 : 交通工学, 森北出版株式会社, 1987
- 2.R.Kitamura: Panel Analysis In Transportation Planning:Overview, International Conference on Dynamic Travel Analysis, Kyoto University, 1989
- 3.A.G Wilson: Catastrophe Theory and Bifurcation, California Press, Berkley and Los Angeles, 1981