

IV-167

動的交通手段分担モデルに関する基礎的考察

名古屋工業大学 正員 松井 寛
名古屋工業大学 学生員 ○ダム トン ヒップ

1. はじめに

最近、交通需要予測のダイナミックモデルに関する研究がかなり多く見られるようになってきた。本研究では手段別分担交通量予測のための、ダイナミックモデルを定式化し、モデルのパラメーターを決定する方法についても研究する。

2. モデルの定式化

本研究で提案する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、方向は過去の状態と安定状態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。

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

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)、 ε_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:

$$D_k = (A_k / \sum_i A_i) \cdot D \quad k=1,2,3,\dots,m ; i=1,2,3,\dots,m \quad (2.2)$$

ここで、 D : 総トリップ数、 A_k : 交通手段 k の魅力度

一般に仮定される安定状態のトリップ数は旅行者自身の属性と交通システムの特性のみによっている。しかし、ここではダイナミック動作を研究するため、その安定トリップ数は過去から現在にかけての各時点のトリップ数にもよっていると考える。

すなわち、

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

と仮定する。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。 $\exp(\sum_j \beta_{kj} z_{kj}(t))$ 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応答することそして心理原因のために、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(2.1)に式(2.2)と式(2.3)を代入して次の式を得る。

$$dx_k(t)/dt = \varepsilon_k \left[(A_k / \sum_i A_i) \cdot D - x_k(t) \right] \quad k=1,2,3,\dots,m; i=1,2,3,\dots,m \quad (2.4)$$

3. パラメーターの決定方法

式(2.4)を離散化すると次式で表される($\Delta t=1$ とする)。

$$x_{k,t+1} = x_{k,t} + \varepsilon_k \left[(A_{k,t} / \sum_i A_{i,t}) \cdot D - x_{k,t} \right] \quad k=1,2,3,\dots,m; i=1,2,3,\dots,m \quad (3.1)$$

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。

$$\min_{(\varepsilon_k, \alpha_k, \gamma_k, \theta_k, \beta_{kj})} \sum_k \sum_j (x_{k,t}^{ob} - x_{k,t})^2 \quad k=1,2,3,\dots,m ; j=1,2,3,\dots,n; t=1,2,3,\dots,T \quad (3.2)$$

制約式 :

$$(3.1) \text{ 式}; \varepsilon_k > 0, \alpha_k > 0, \gamma_k > 0, \theta_k > 0; \beta_{kj} > 0 \text{ または } < 0 \text{ (説明変数の意味によって)} \quad (3.3)$$

ここに、 $x_{k,t}^{ob}$: 時点 t の観察トリップ数、 T : 観察時点の数。

4. 適用例

名古屋の市営高速度鉄道と市営バスのデータに(昭和47年から62年まで)上記のダイナミックモデルを適用する。説明要因は在籍車両数、走行キロや平均運賃とする。すべての初期値は1 また-1として収束基準は 10^{-5} を使用している。4.6回の反復で次の結果を得た(mode 1:市営バス、mode 2:市営高速度鉄道): $\varepsilon_1=1.02599$ 、 $\varepsilon_2=1.04533$ 、 $\alpha_1=0.675849$ 、 $\alpha_2=1.035$ 、 $\gamma_1=1.10029$ 、 $\gamma_2=1.07036$ 、 $\theta_1=1.10364$ 、 $\theta_2=1.09787$ 、 $\beta_{11}=0.865978$ 、 $\beta_{12}=1.02621$ 、 $\beta_{13}=-1.0726$ 、 $\beta_{21}=0.850004$ 、 $\beta_{22}=0.944551$ 、 $\beta_{23}=-1.06995$ 。総トリップを予測するため関数には $D_t=a \cdot D_{t-1}+b/t^c$ を使用している。ここに、 D_t : 時点 t の総トリップ数; a 、 b 、 c : パラメーター。最小2乗法を使用して $a=0.973037$ 、 $b=4.09382$ 、 $c=0.415857$ を得る。

表4.1は実績乗車人員数とモデルで推定した乗車人員数とを比べて示している。政策目的は市営バスの乗車人員数を増やすこととする。この政策は以下の三つのタイプに分けて考慮した。

- 1-他の交通システムの特性を変えずに、市営バスの運賃だけ下げる。
- 2-市営高速度鉄道の特性を変えずに、バスの運賃を下げて、バスの在籍車両数と走行キロを増す。
- 3-同時に市営バスと高速度鉄道の運賃を下げて両交通手段の在籍車両数と走行キロを増す。

表4.2、4.3、4.4ですべての政策タイプの具体的な代替案の例を示している。ダイナミックモデルをあらかじめ設定した計画の代替案の例に適用して得られた将来の交通手段別乗車人員数も示している。この結果により、政策タイプ2の代替案が最もよいと考えられる。その理由として、

1. 政策目的を最も満足している。
 2. 交通量が滑らかに変化している。
 3. 市営高速度鉄道の特性は変化していない。
- が挙げられる。

表4.1: 実績乗車人員数とモデルで推定した乗車人員数比。
単位: 百万人

年別	バス			高速度鉄道		
	実績	計算	差	実績	計算	差
昭和47	306.681	306.681	0	208.942	208.942	0
48	286.308	285.625	-0.683	219.456	220.089	6.633
49	308.710	309.277	0.056	257.715	259.453	1.738
50	310.283	308.624	-1.659	264.116	266.097	1.931
51	318.379	309.543	-8.834	264.864	274.069	9.205
52	308.064	303.930	-4.134	301.142	296.354	-4.788
53	282.240	284.487	2.247	301.531	298.636	-2.893
54	271.403	276.853	5.450	314.444	309.262	-5.182
55	263.181	269.534	6.353	323.924	317.753	-6.171
56	249.516	256.326	6.810	327.722	320.705	-7.017
57	239.121	232.268	-6.853	328.919	335.817	6.898
58	224.525	226.078	1.552	329.964	327.902	-2.062
59	221.017	219.168	-1.849	333.999	336.026	2.027
60	220.233	218.348	-1.885	338.202	340.249	2.047
61	220.971	218.753	-2.218	341.122	343.490	2.368
62	221.190	220.504	-0.685	347.771	348.729	0.958

表4.2: 政策タイプ1の代替案例

年別	在籍車両数		走行キロ(10^4 km)		平均運賃(円/km)		乗車人員数(10^4 人)	
	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道
昭和63年	1377	523	44.3	48.8	85	85	321.7	344.6
平成元年	1377	523	44.3	48.8	80	85	308.4	287.8
2	1377	523	44.3	48.8	55	85	211.8	248.6
3	1377	523	44.3	48.8	50	85	232.3	324.6
4	1377	523	44.3	48.8	80	85	224.4	318.8

表4.3: 政策タイプ2の代替案例

年別	在籍車両数		走行キロ(10^4 km)		平均運賃(円/km)		乗車人員数(10^4 人)	
	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道
昭和63年	1400	523	50	48.8	85	85	272.2	289
平成元年	1450	523	52	48.8	80	85	288.4	294.6
2	1500	523	58	48.8	55	85	327.2	332.8
3	1550	523	62	48.8	50	85	248.8	307.8
4	1600	523	65	48.8	80	85	288.8	288.7

表4.4: 政策タイプ3の代替案例

年別	在籍車両数		走行キロ(10^4 km)		平均運賃(円/km)		乗車人員数(10^4 人)	
	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道	バス	高速度鉄道
昭和63年	1400	523	50	48.7	85	85	272.2	290.6
平成元年	1450	527	52	48.85	80	80	288.2	295.0
2	1500	529	58	49.8	55	85	328.8	332.2
3	1550	531	62	49.13	50	85	240.6	318.2
4	1600	533	65	49.3	80	85	280.1	308.2

5. 結論

伝統的なモデル(cross-sectional model)に比べて交通需要予測のためダイナミックモデルは次の利点を持っている:

- ・環境の変化による交通需要の変化を予測することは短い期間でも長い期間でもできる。
- ・計画の代替案の連続的な時点における評価が可能となる。

以上のことから需要予測のためのダイナミックモデルはより現実的な結果を得られると思われる。

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