

個人の生活行動再現を目的とした活動時間決定に関する分析

○株式会社間組 正会員 川村 俊
 京都大学大学院 正会員 菊池 輝
 東京工業大学大学院 正会員 藤井 聡

1. はじめに

近年、車両流入規制などの道路交通政策を行うにあたり、その効果を適切に予測するために、交通シミュレーションの存在が欠かせないものとなると同時に、その再現性の向上がますます重要な課題となっている。現在までさまざまな交通シミュレーションモデルが研究開発されてきたが、その一つに PCATS (Prism-Constrained Activity-Travel Simulator)¹⁾があり、これまで数々の適用事例が報告されている²⁾³⁾。PCATS の内部においては、個人の1日は自由活動時間帯と固定活動時間帯に分類されるものと仮定し、固定活動時間帯では活動内容、場所、時間帯の活動要素は予め決められており、個人の自由意思ではそれらの要素を変更することは不可能であるものと仮定している。一方、自由活動時間帯では、個人の自由意思で活動及び移動の各要素を決定することが可能であると考えられ、その要素として、Ⅰ．活動内容、Ⅱ．交通機関と目的地の組み合わせ、Ⅲ．活動時間及び継続に関するもの、の3つがある。この3つの要素の中でⅢの活動時間及び継続に関するものの決定は、他2つの要素の決定に多大な影響を及ぼしており、この要素の再現性がシミュレーション全体の再現性を大きく支配するものとなっている。すなわち、シミュレーションモデルによって交通需要予測を行うことは、活動内容の選択予測、および交通機関と目的地の選択予測を行うことであると同時に、活動時間の予測を行うことに他ならない。

このような背景から、本研究は、個人の活動時間の再現方法に関する分析を行うことによって、シミュレーションにおける個人の生活行動の再現性を向上させることを目的とする。

2. 既存の研究

活動時間モデルには、現在まで Hazard Based Duration Model⁴⁾ が用いられてきたが、このモデルを用いたシミュレーションでは、実際の観測値よりも活動時間が短

い活動が多数推定されるといった問題点があった²⁾。本研究ではこの問題点の解消を目的として次章で二つのモデルを定式化する。両モデルの共通点は、それぞれの自由活動開始時点において、自由活動の続行／終了の離散選択が導入されていることである。

3. モデルの定式化

本研究で用いたモデルは以下のように定式化される。

① Split Population Survival Model(以下、SPSM)

T を活動時間予算として、以下のような尤度関数を考える。

$$F(t) = \begin{cases} P_{all} + (1 - P_{all}) \int_T^\infty fr(\tau) d\tau & : \text{if } (t = T) \\ (1 - P_{all}) fr(t) & : \text{if } (0 \leq t < T) \end{cases}$$

ここに、 P_{all} は時間予算 T 全てを一つの自由活動に費やす確率であり、以下のようにロジットモデルに基づいて定式化した。

$$P_{all} = \frac{\exp(V_{all})}{\exp(V_{all}) + 1} = \frac{\exp(B_{all} X_{all})}{\exp(B_{all} X_{all}) + 1}$$

B_{all} : パラメータベクトル

X_{all} : 説明変数ベクトル

一方、 $fr(t)$ としては、以下の4つの分布形を仮定し、それぞれを適用してモデル推定を行う。

- (ア) 指数分布
- (イ) 対数正規分布
- (ウ) 対数ロジスティック分布
- (エ) ワイブル分布

② 時間配分モデル

このモデルも SPSM と同様、時間予算 T 全てを一つの自由活動に費やすか否かの離散確率 P_{end} を以下のようなロジットモデルで定式化し、

キーワード：交通政策評価、交通需要予測、活動時間予測、シミュレーション

連絡先（〒606-8501 京都市左京区吉田本町京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻、tel：075-753-5136、fax：075-753-5916）

$$P_{end} = \frac{\exp(B_{end} X_{end})}{\exp(B_{end} X_{end}) + 1}$$

B_{end} : パラメータベクトル

X_{end} : 説明変数ベクトル

その上で、時間予算 T を使って複数個の自由活動を実行する場合の、最初の活動の活動時間の確率分布関数を、以下の効用最大化の時間配分モデルを定式化し、両者を用いて活動時間の確率分布を定式化する。以下、時間配分モデル⁵⁾を説明する。

当該自由活動時間帯における、 i 番目の自由活動時間を T_i とすると、

$$T = T_m + \dots + T_n \quad (1 \leq m < n)$$

ただし、この時点では n は未定である。

この時、現在の活動の実行に伴う効用を U_1 、現在の活動以降の諸活動の実行に伴う効用を U_2 とする。そして、 U_1 、 U_2 を次のように定義する。

$$U_1 = \exp(\alpha_1 x + \varepsilon_1) \cdot \log T_m$$

$$U_2 = \exp(\alpha_2 x + \varepsilon_2) \cdot \log(T - T_m)$$

ここで、 U_1 と U_2 の和を最大化するように時間配分がなされた場合、 U_1 と U_2 の限界効用が等しくなる。

$$\frac{\partial U_1}{\partial T_m} = \frac{\partial U_2}{\partial (L - T_m)}$$

この式に、上式の関係を代入すると、

$$\ln\left(\frac{L - T_m}{T_m}\right) = \alpha_2 x - \alpha_1 x + \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

$$= \alpha x + \varepsilon$$

ただし、

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$$

$$\varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

α : パラメータベクトル

x : 説明変数ベクトル

ここで、 $\ln\left(\frac{L - T_m}{T_m}\right)$ を従属変数とする重回帰モデルとしてパラメータ推定を行い、誤差項として正規分布を仮定すると $\ln\left(\frac{L - T_m}{T_m}\right)$ の確率分布、ひいては、一つ目の活動の時間 T_m の確率分布が求められる。

4. モデル推定と再現性の確認

本研究では、アメリカ合衆国フロリダ州で調査・採取されたデータを用いてモデル推定を行った。（紙面の都合上、推定結果は講演時に報告する）

それぞれのモデルの再現性は、離散選択に関しては観測値との一致度で、活動時間に関してはモンテカルロシミュレーションによって得られた計算値と観測値との相関係数を求めることによって検証した（表1および表2参照）。なおSPSMに関しては、比較的良好な尤度の得られた対数ロジスティック分布とワイブル分布を分析対象とした。

表1 離散選択の一致度

	一致度(%)
SPSM (対数ロジスティック分布)	55.5
SPSM (ワイブル分布)	55.5
時間配分モデル	88.1

表2 活動時間の相関係数

	相関係数
SPSM (対数ロジスティック分布)	0.52
SPSM (ワイブル分布)	0.35
時間配分モデル	0.66

両モデルにおいて、時間配分モデルの方が良好な再現性が得られている結果となった。なお、SPSMの活動時間の相関係数については、対数ロジスティック分布の方がワイブル分布よりも良好な結果となった。

5. おわりに

本研究の結果、活動時間の再現性に関して、従来のパラメトリックな関数からの脱却の試みとして効用の考え方を導入した時間配分モデルにおいて高い再現結果が得られた。今後、この再現結果がPCATS全体として再現性にどのような影響を与えるのかを確認することが今後重要である。

参考文献

- 1) 藤井 聡: 交通計画におけるシミュレーション手法の適用可能性について、土木計画学研究・論文集, No.16, pp.19-34, 1999.
- 2) 飯田祐三, 岩辺路由, 菊池 輝, 北村隆一, 佐々木邦明, 白水靖朗, 中川大, 波床正敏, 藤井 聡, 森川高行, 山本俊行: マイクロシミュレーションアプローチによる都市交通計画のための交通需要予測システムの提案, 土木計画学研究・論文集, NO.17, pp.841-848, 2000
- 3) 藤井 聡, 菊池 輝, 北村隆一: マイクロシミュレーションによるCO₂排出量削減に向けた交通施策の検討: 京都市の事例, 交通工学, vol.30, No.4, pp.11-18, 2000
- 4) 大橋靖雄, 浜田知久: 生存時間解析 東京大学出版会, pp.18-24, 1995
- 5) Kitamura, R.: A model of daily time allocation to discretionary out-of-home activities and trips, *Transportation Research*, 18B(3), pp.255-266, 1984.