

IV-313 業務トリップチェーンの出発時刻選択行動の分析

東洋情報システム 正員 熊田善亮
 京都大学工学研究科 正員 山本俊行
 京都大学工学研究科 正員 北村隆一

1.はじめに

日本の都市圏においては業務目的の自動車トリップが多く、業務交通が都市交通に及ぼす影響は非常に大きいと考えられる。業務トリップは、通勤トリップとは異なり広い時間帯において発生することや、複数の目的地を持つトリップチェーンを形成する傾向が強い等の特徴を持つ。さらに、その行動原理としては、基本的に費用最小化原理が適切であると考えられる事、意思決定主体が運転者とは限らない事等が挙げられる。本研究では、トリップチェーン前後の業務活動を考慮したトリップチェーン全体の費用最小化行動を仮定した、業務トリップの出発時刻選択行動の分析を行う。

2.モデルの概要

本研究では、トリップチェーンに関する費用、およびその前後の業務活動による費用を含めた総費用 C_{total} を以下のように定式化する。

$$C_{total} = C_{time} + C_{delay} + C_{other} + C_{cost} + \xi \quad (1)$$

ただし、 C_{time} はトリップチェーンの所要時間による費用、 C_{delay} は到着時刻制約に対する遅刻確率に基づく費用、 C_{other} はトリップチェーン以外の業務活動に伴う費用、 C_{cost} は高速料金、 ξ は誤差項を表わす。そして、総費用が最小となるように、出発時刻、立ち回り順序、経路が決定されるものとする。

このうち、所要時間は出発時刻により変動する事から、所要時間による費用を以下の式で表わす。

$$C_{time} = \alpha_{time} \sum_i t(T_i, R_i) \quad (2)$$

ただし、 α_{time} は未知パラメータ、 $t(T_i, R_i)$ は i 番目のトリップの出発時刻 T_i における利用経路 R_i の所要時間を表わす。

到着時刻制約に対する遅刻確率に基づく費用としては、遅刻することによる固定費用と遅刻時間に依存する変動費用からなるものと仮定し、以下のよう

に定式化した。

$$C_{delay} = \sum_i (\beta_{delay1} X_{delay1} \int p_i(t_i) dt_i + \beta_{delay2} X_{delay2} \int t_i p_i(t_i) dt_i) \quad (3)$$

ただし、 β_{delay1} 、 β_{delay2} は未知パラメータベクトル、 X_{delay1} 、 X_{delay2} は外生変数ベクトルを表わし、

$\int p_i(t_i) dt_i$ 、 $\int t_i p_i(t_i) dt_i$ は i 番目のトリップの遅刻確

率、および遅刻時間の期待値を表わす。

トリップチェーン以外の業務活動に伴う費用は活動時間に比例するものと仮定し、以下の式で表わす。

$$C_{other} = \beta_s X_s (T_i - T_A) + \beta_e X_e (T_B - T_e) \quad (4)$$

ただし、 β_s 、 β_e は未知パラメータベクトル、 X_s 、 X_e は外生変数ベクトルを表わし、 T_A 、 T_B 、 T_e はそれぞれ業務開始時刻、業務終了時刻、最終トリップの終了時刻を表わす。

また、高速料金は以下の式で表わす。

$$C_{cost} = \sum_i C_{costi} \quad (5)$$

ただし、 C_{costi} は i 番目のトリップの高速料金を表わす。

ここで、それぞれのトリップ開始時刻 T_i は以下の式で表わされる関係を持つ。

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 + t(T_1, R_1) + t_{fx}(1) \\ T_3 &= T_2 + t(T_2, R_2) + t_{fx}(2) \\ &\vdots \\ T_{i+1} &= T_i + t(T_i, R_i) + t_{fx}(i) \\ &\vdots \end{aligned} \quad (6)$$

ただし、 $t_{fx}(i)$ は i 番目の目的地における業務時間(固定と仮定)を表わす。式(6)より、全てのトリップ開始時刻はトリップチェーンの最初の出発時刻の関数として表わすことが可能である。

3.未知パラメータの推定¹⁾

総費用が最小となる出発時刻が満たす必要条件は

キーワード：業務交通、トリップチェーン、出発時刻選択

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5136, Fax: 075-753-5916

以下の式で表わされる。

$$\frac{\partial C_{total}}{\partial T_1} = 0 \quad (7)$$

式(7)に、式(1)から(5)を代入し、両辺を $(-\alpha_{time})$ で除することによって以下の式を得る。

$$\begin{aligned} & \sum_i \frac{\partial t(T_i, R_i)}{\partial T_1} \\ &= \sum_i \left(\beta'_{delay1} X_{delay1} \frac{\partial \int p_i(t_i) dt_i}{\partial T_1} + \beta'_{delay2} X_{delay2} \frac{\partial \int t_i p_i(t_i) dt_i}{\partial T_1} \right) \\ &+ \beta'_s X_s - \beta'_e X_e \frac{\partial T_e}{\partial T_1} \end{aligned} \quad (8)$$

ただし、 $\beta' = \beta / -\alpha_{time}$ とする。最小二乗法を式(8)に適用することにより、各未知パラメータの推定を行う。

次に、 α_{time} の推定に際しては、誤差項 ξ が経路毎に独立で同一なガンベル分布に従うと仮定することにより、ロジットモデルの枠組みを用いて推定を行う。ロジットモデルにおける効用関数 U は以下の式で表わされる。

$$U = -C_{total} = \alpha_{time} (\hat{C}'_{time} + \hat{C}'_{delay} + \hat{C}'_{other}) + C_{cost} + \xi \quad (9)$$

ただし、 $\hat{C}'$ は最小二乗法により得られた推定値を表わす。

4. 事例分析

本研究では、1998年に神戸市周辺における道路網整備の影響評価を目的として実施されたアンケート調査によって得られたデータを用いた分析を行う。

調査は、阪神高速道路7号北神戸線利用者に対して手渡し配布、郵送回収にて実施された。調査票回収数は939枚で回収率は12.5%であった。本研究では、このうちトリップ目的が業務活動であり、回答に不備のない227サンプルを用いた分析を行う。

式(8)による推定結果を表-1に示す。表-1より、モデルの全体的な適合度は低いものの、物資輸送を伴うトリップや到着時刻制約数が多いトリップほど遅刻確率に対する費用が高くなる事が示された。高速利用可能ダミーは、実際には一般道を利用しているものの、そのODには代替経路として利用可能な高速道路が存在することを表わすダミー変数であり、そのようなトリップを含む場合には、当該トリップ以前のトリップにおいて予想以上の時間を費やした

表-1 式(8)による推定結果

変数	推定値	t 値
β'_{delay1} 高速利用可能ダミー	0.000622	1.56
β'_{delay2} 物資輸送ダミー	-0.127	-1.38
到着時刻制約数	-0.0701	-3.68
β'_s トリップ総時間	-0.0178	-5.71
混雑時刻帯出発ダミー	-0.0649	-2.79
定数項	-0.0332	-1.63
β'_e トリップ数	-0.0696	-8.54

サンプル数：227, $R^2 = 0.299$

場合、遅刻を回避するために所要時間の短縮が可能な高速道路の利用が可能であるため、遅刻確率に基づく費用が小さくなることを示している。

また、ロジットモデルによる推定結果より、1時間あたりの時間費用 α_{time} は3,140円と推定された。

5. モデルの挙動確認

ここでは、推定に用いたサンプルから取り出したケースに対して、構築したモデルを用いて利用経路、トリップ順序を変更した場合の総費用を算出し、モデルの挙動を確認する。用いたケースは、2つの立ち回り先を持つ3トリップからなるトリップチェーンであり、全てのトリップで高速道路を利用、2つめの立ち回り先に対して到着時刻制約を持つというものである。実際の出発時刻は13時30分である。総費用の算出結果を表-2に示す。

表-2 総費用算出結果

	総費用	出発時刻
実際に利用した経路	¥24,572	13時35分
順序を変更した場合	¥26,191	13時05分
一般経路に変更した場合	¥25,676	13時00分

表-2より、実際に利用した経路が最も総費用が低く、その他の場合には、到着時刻制約等により出発時刻が30分程度早められる等の結果が得られた。

6. おわりに

本研究では、業務トリップを対象として、到着時刻制約時刻を考慮した出発時刻選択行動モデルを構築した。今後はサンプル数の拡大によるモデルの信頼性の向上や、上位問題である配車配送問題への適用が課題である。

参考文献

- 1) 神尾亮, 山本俊行, 北村隆一: 出発時刻による所要時間の変動を考慮した貨物車交通における経路・出発時刻選択行動の分析, 第18回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 193-196, 1998.