

実効旅行時間に基づく出発時刻・経路選択行動モデル*

Departure Time / Route Choice Model Based on Effective Travel Time*

内田 敬**

By Takashi UCHIDA**

1. はじめに

道路自動車交通を対象とした交通管理政策を評価するための出発時刻・経路選択モデルを考える。ここでは、既に自動車に乗ってトリップを開始しているドライバーを対象とした政策、例えば流入制御や情報提供による交通管制や、混雑度に基づく料金制を想定する。モデルで対象とするドライバーは、機関選択やトリップの取り止めを選択肢として持たないものとする。また、トリップ目的は明確に定まっており、目的地への到着時刻にはある種の制約（遅刻ペナルティ）があると仮定する。

上記の問題設定で、ドライバーの出発時刻・経路選択行動を予測するモデルとして、実効旅行時間モデルを提示する。実効旅行時間モデルは、ドライバーが、旅行時間に関する主観的な知識（知覚旅行時間分布）に基づいて行動決定していること、遅刻ペナルティと旅行時間費用のトレードオフを考慮することを仮定したモデルである。このモデルでは、知覚旅行時間分布、遅刻ペナルティ、時間価値が重要な要素である。本研究ではこれらパラメータを、実際の交通行動に関するアンケートデータから推定する。予測モデルを目指しているため、集計レベルでの適用性、簡潔性を重視してモデル化、パラメータ推定を行なう。そして、推定されたモデルの適用性を、時間帯別経路選択率の予測の適合度で検証する。

上記の一連の手順は、既に概略ながら実施しており¹⁾、現在、より詳細な検討を進めているところである。本稿では、モデルの基本的な考え方、パラメータ推定の方法、適用性の検証方法に関して概説する。具体的な数値等は会場で資料配布を予定している。

* キーワーズ：交通行動分析，経路選択，交通管理

** 正員，京都大学博士(工学)，京都大学工学部交通土木工学教室
(606-01 京都市左京区吉田本町，TEL/FAX 075-753-5135)

2. 実効旅行時間モデル²⁾

(1) 仮定

ある集団としてのドライバーの出発時刻・経路選択行動をモデル化する。次の仮定を置く。

- 1) ドライバーは、時刻 t_0 に出発したときの経路 r の旅行時間 t の分布 $f(t|t_0, r)$ に関して、全ての t_0 、 r に対して主観的知識（知覚旅行時間分布）を持つ。
- 2) 目的地に到着する時刻に関する何らかの制約があり、それが行動に及ぼす効果は金銭タームで計量された遅刻ペナルティ γ に依存する。
- 3) 旅行時間と遅刻ペナルティのトレードオフを考慮して行動決定する。

(2) 費用最小化行動としてのモデル化

出発時刻・経路選択行動を次式に示す一般化費用の最小化行動としてモデル化する。

$$L = \beta(t_d - t_0) + \gamma F(t_d | t_0, r) + C \quad (1)$$

$$F(t_d | t_0, r) = \int_{t_0}^{t_d} f(t | t_0, r) dt \quad (2)$$

ここに、 t : 旅行時間(分)

t_0 : 出発時刻(分)

t_d : 到着制約時刻(分)

$f(t | t_0, r)$: 知覚旅行時間分布（密度関数）

β : 時間価値(円/分)

γ : 遅刻ペナルティ(円)

C : 通行料(円)

ここで更に、出発時刻の選択の幅（時間帯）よりも十分に長い時間帯において $f(t | t_0, r)$ は一定、すなわち、到着制約時刻が与えられれば、それに対応する出発時間帯 T_0 において、

$$f(t | t_0, r) = f(t | T_0, r) \quad \forall t_0 \in T_0 \quad (3)$$

と仮定する。このとき、経路 r における最適出発時刻 $t_0^*(t_d, r)$ は、式(1)を t_0 に関して微分して得られる

次式の関係を満たす。ただし、知覚旅行時間分布 $f(t|t_0, r)$ は微分可能で $t \rightarrow \infty$ において $f \rightarrow 0$ とする。

$$f(t_d - t_0^*(t_d, r) | T_0, r) = \beta / \gamma \quad (4)$$

式(4)は、到着制約時刻 t_d (およびそれに対応する出発時間帯 T_0) が与えられると、経路 r を利用する場合の出発時刻が β / γ によって定まることを意味している。経路の選択に関しては、それぞれの経路において最適な出発時刻を選択したときの一般化費用を最小にする経路を選択する離散選択問題としてモデル化できる。すなわち、

$$L(t_0^*, r^*) = \min \{ \beta t_e + \gamma \int_{t_e}^{\infty} f(t | T_0, r) dt + C \} \quad (5)$$

$$t_e = t_d - t_0^*(t_d, r) \quad (6)$$

を満たす (t_0^*, r^*) が選択されるものとする。ここに t_e は、遅刻ペナルティを考慮したときの費用最小化行動の結果、当該トリップのために費やすこととされた時間長であることから実効旅行時間と呼ばれる²⁾。

式(4)、(5)に示される出発時刻・経路選択行動モデルでは t_e が重要であることから、この行動モデルを実効旅行時間モデルと呼ぶ。実効旅行時間モデルは、ドライバーの行動特性を表すパラメータとして、知覚旅行時間分布 $f(t | T_0, r)$ 、遅刻ペナルティ γ 、時間価値 β を持つ。交通管理政策を表現する変数としては、通行料 C のみを明示的に含むが、知覚旅行時間分布を交通管理政策と関連付けて考えることも可能である。

3. 知覚旅行時間分布の特定化

実効旅行時間モデルのパラメータを実際のトリップに関する活動データから推定する。利用した経路、出発時刻、到着時刻、到着予定時刻、到着制約時刻、およびトリップ目的等のトリップ属性ならびに個人属性に関する個人ベースのアンケート調査データ³⁾を用いる。

最終的なモデルの利用目的は集計レベルでの適用であるから、パラメータ推定もドライバーを可能な限り集約して一般的な結果を得ることを目標とする。

まず、知覚旅行時間分布 $f(t | T_0, r)$ に関して以下の手順を行なう。

- 1) 到着制約時刻に対応する出発時間帯を設定する。

出発時間帯 T_0 × 経路 r に基づいてドライバーをセ

グメント化する。

- 2) 各セグメントごとに知覚旅行時間分布 $f(t | T_0, r)$ を1つ特定化する。このとき、ドライバー間のトリップ長の違いを除去するため、分布の平均を1とする正規化を回答データに施す。次式に示す見積誤差の分布を求める。

$$[\text{見積誤差}] = \frac{[\text{到着予定時刻}] - [\text{到着時刻}]}{[\text{到着予定時刻}] - [\text{出発時刻}]} \quad (7)$$

各セグメントに1つ得られた見積誤差分布を知覚旅行時間分布の観測として取り扱う。見積誤差分布を個々のドライバーの平均旅行時間でスケール調整すれば知覚旅行時間分布が与えられるものとする。

次に、遅刻ペナルティ γ 、時間価値 β に関しては、調査データから実効旅行時間を算出することができるので、上の手順で得られた知覚旅行時間分布を用いると式(4)より β / γ の形でその値を推定することができる。個々の値は、実効旅行時間モデルに適用したときの選択結果に関する適合度を指標として、繰返し計算により求めることが可能である。遅刻ペナルティや時間価値は、ドライバー属性・トリップ属性により異なるであろう。これらを考慮したセグメント化を必要に応じて行なう。

4. 出発時刻・経路選択モデルの適用

パラメータ推定に用いる調査データは、複数時点における回答から成る。そこで、パラメータ推定用と検証用データに、調査時点に基づいて分割して、時間的な移転性に関する適合度を検証する。

また適用例として、実効旅行時間モデルが持つ政策変数である通行料 C や知覚旅行時間分布の平均値、分散を変化させた場合の交通量への影響を数値計算によって示す。

参考文献

- 1) 松下見, 内田敬, 飯田恭敬: 知覚旅行時間分布を考慮した出発時刻経路選択行動の分析, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集4, pp.844-845, 1994.
- 2) 飯田恭敬, 内田敬: リスク対応行動を考慮した道路網経路配分, 土木学会論文集, No.464/IV-19, pp.63-72, 1993.
- 3) 飯田恭敬, 内田敬, 中原正顕, 廣松幹雄: 交通情報提供下の経路選択行動のパネル調査, 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.7-12, 1993.