

知覚総コスト最小化原理に基づく希望走行速度選択モデルの提案

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 松尾 幸二郎
豊橋技術科学大学大学院 正会員 廣島 康裕

1. はじめに

道路交通上の利便性や安全性、交通流特性等を分析するにあたって、各種道路交通環境条件と希望走行速度やその分布との関係を明らかにしておくことは重要である。従来から、希望走行速度やその分布が道路交通環境条件と関連するということが指摘されてきたものの、それがどのようにして決定されるかの議論はあまりされてこなかった。しかしその背景にはなんらかの行動原理が介在しているはずである。もし効用や知覚コストという概念を用いた行動原理に基づき希望走行速度決定メカニズムが議論されるならば、なんらかの道路交通環境改善を行った場合のドライバーの希望走行速度選択挙動の予測ができることに加え、それに伴うドライバーの便益やコストを推定し、道路交通環境改善策の評価に組み込むことができる可能性がある。

そこで本研究では、知覚安全性と知覚利便性を考慮した知覚総コスト最小化原理に基づき、ある道路交通環境条件下におけるドライバーの希望走行速度選択モデルを構築する。さらに、道路交通環境条件の異なる複数の両側2車線道路において観測されたデータを用いてモデルパラメータの推定を試みる。

2. 希望走行速度選択モデル

(1) 希望走行速度選択モデルの定式化

本研究では、知覚総コスト最小化によって希望走行速度が選択されるとするモデル(図-1 参照)を構築する。まず、地点 n においてドライバー i がある速度で自由走行する際の単位距離あたりの知覚安全性コスト AC_{ni} は道路幅員等の道路交通環境条件ベクトル $\mathbf{E}_n$ と走行速度 v によって規定され、速度が増加するにつれて知覚安全性コストも増加すると考える。一方、単位距離あたりの知覚利便性コスト DC_i は、ドライバー i の時間価値 w_i と走行速度 v によって規定され、走行速度が減少するにつれて知覚利便性コストが増加すると考える。そして、ドライバー i は AC_{ni} と DC_i の和である知覚総コスト TC_{ni} が最小となる最適自由速度、すなわち希望走行速度 v_{ni}^* を

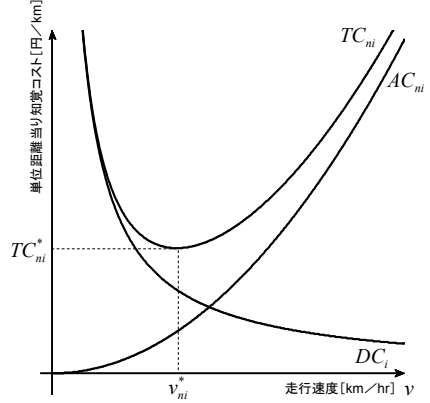


図-1 希望走行速度選択モデルの概念

選択していると考ええる。

以上の概念に基づき本研究では、希望走行速度選択モデルを以下のように特定化する。

$$TC_{ni} = AC_{ni} + DC_i = A_{ni} \cdot v^\beta + \frac{w_i}{v}, \quad (1)$$

$$A_{ni} = \left(\alpha_0 \cdot \prod_k E_{nk}^{\alpha_k} \right) \times \varepsilon_i, \quad (2)$$

$$w_i = W \cdot \prod_m z_{im}^{\gamma_m}. \quad (3)$$

ここで A_{ni} は、知覚利便性コストに対する知覚安全性コストの重みを規定する変数であり、ドライバーによって異なると考えられるため、本稿では確率変数とし、その期待値は道路交通環境条件 $\mathbf{E}_n$ の乗法モデルとして表されるとしている。 ε_i は期待値1の確率誤差項である。また時間価値は確率変数とせず、平均的な時間価値 W を基準として、ドライバー i の属性 z_{im} の乗法モデルで表されるとしている。 $\alpha_k, \beta, \gamma_m$ はパラメータである。そして、 TC_{ni} を最小化する希望走行速度は以下のように表される。

$$v_{ni}^* = \arg \min(TC_{ni}) = \left(\frac{w_i}{\beta \cdot A_{ni}} \right)^{\frac{1}{\beta+1}}. \quad (4)$$

A_{ni} は確率変数なので、その関数である希望走行速度 v_{ni}^* も確率変数となり、その分布が希望走行速度分布となる。ここで、 ε_i の分布形を対数正規分布とす

ると、 A_{ni} が非負となり、かつ希望走行速度分布も対数正規分布 (v_{ni}^* も非負) となるため有用であることから、本稿では ε_i を対数正規分布と仮定している。

(2) パラメータ推定方法

実際は追従走行中のドライバーの希望走行速度は観測できないため、本研究では Botma & Bovy¹⁾ による推定方法を用いる。すなわち、追従走行車両の速度データを Censored Data と考え、以下に示される尤度関数を最大化するパラメータを求める。

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^I \left[f_V^*(v_i | E_{ni}, z_i, \theta) \right]^{1-\delta_i} \cdot \left[1 - F_V^*(v_i | E_{ni}, z_i, \theta) \right]^{\delta_i} \quad (5)$$

ただし、 I は観測車両台数、 v_i は観測車両 i の走行速度、 δ_i は車両 i が自由走行状態であれば 0、追従走行状態であれば 1 を取るダミー変数、 θ はパラメータベクトル ($\alpha_k, \beta, \gamma_m$) である。 $f_V^*(\cdot)$ および $F_V^*(\cdot)$ はそれぞれ v_{ni}^* の $p.d.f$ および $c.d.f$ である。

3. ケーススタディ

(1) 観測調査およびデータの概要

提案した希望走行速度選択モデルを現実のデータに適用するため、観測調査を行った。対象地点は、豊橋市内の両側 2 車線道路もしくはそれよりも規模の小さい道路 19 地点 (36 方向) とし、信号交差点の影響の無い単路部において、ビデオカメラを用いて各車両の速度と車頭時間、車種等を取得した。自由走行状態か追従走行状態かの判断に関しては種々の方法が考えられるが、本研究では車頭時間 4 秒以下の車両を追従走行状態にあると判断した。

(2) パラメータ推定結果

パラメータ推定結果を表-1に、観測された車両のうち車群に属さず独立に走行していた車両の走行速度平均とモデルによる推定値との関係を図-2示す。なおここでは、基準となる平均的な時間価値 W を 3000 円/時、 β を 1 に固定して推定している。また、乗法モデルであるため、ダミー変数は 1 もしくは 2 をとる変数としている。

まず図-2から、モデルの適合度が高いことが分かる。次に表-1を見ると、知覚安全性コストに関する説明変数の内で最も影響の大きいのは「車道幅員」であり、幅員が広がる程ドライバーの知覚安全性コストは減少することがわかる。また、住区エリアおよび商業エリアの方が郊外に比べて知覚安全性コストが高いことが分かる。これは住区エリアや商業

表-1 希望走行速度選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	t値	速度弾力性
定数	α_0	1.88	11.7
車道幅員 [m]	α_1	-1.10	-12.3
路肩 (左) 幅員 [m]	α_2	-0.23	-17.8
歩道 (左) ダミー	α_3	-0.13	-3.02
住区エリアダミー	α_4	0.51	7.78
商業エリアダミー	α_5	0.47	10.6
歩行者交通量 [人/時]	α_6	0.082	10.3
車種 (大型) ダミー	α_7	0.10	1.88
車種 (軽) ダミー	α_8	0.069	2.11
通勤時間帯ダミー (7:00 ~ 9:00)	γ_1	0.35	8.78
分散に関するパラメータ	ζ	0.39	44.4
サンプル数	2214	調整済み ρ^2	0.16

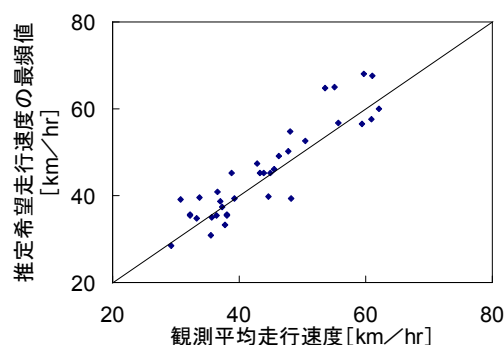


図-2 観測走行速度の平均とモデル推定値との関係

エリアでは、郊外に比べ一般に見通しが悪い、歩行者の飛び出し等が多い。また車両特性 (車種ダミー) は知覚安全性に関連していると解釈した。一方、知覚利便性コストに関しては、「通勤時間帯ダミー」のパラメータが有意で正值である。これは通勤時間帯のドライバーが比較的急ぐ傾向にあるために、時間価値が平均的に高くなっているためだと考えられる。通勤時ドライバーの時間価値は通常時の 1.28 倍程度と算出された。

4. おわりに

本研究では、知覚総コスト最小化原理に基づきドライバーの希望走行速度選択モデルを構築し、道路交通環境条件の異なる複数地点における観測データを用いて、モデルのパラメータを推定した。その結果、本モデルが一定の適用性を有していることが確認できた。

参考文献

- 1) Botma, H. and Bovy, H.L.P.: Free Speed Distribution at Arterial Highways: Estimation Approaches, *Proceedings of 9th WCTR Conference in Korea*, 2001.