

IV-326

ドライバーの認知所要時間の確率構造に関する実証的研究

(株)大林組	正会員	林 成卓
京都大学大学院	正会員	藤井 聡
京都大学大学院	正会員	北村 隆一
阪神高速道路公団		大窪 剛文

1. はじめに

道路交通システムについての種々の政策をより効果的に実施するためには、個々のドライバーの意思決定をできるだけ忠実に再現するモデルが必要であると考えられる。個々のドライバーは、主観的に予想している所要時間（以下、認知所要時間）に基づいて経路選択行動を行っていることは自明であろうし、認知所要時間がドライバーにとって確率変数であることも間違いないであろう。そして、その確率分布（以下、認知所要時間分布）が、走行経験や道路属性や個人属性などの様々な条件によって異なったものとなることも考えられる。したがって、認知所要時間の確率構造を理解することを目指すことは、交通計画に非常に意義のある試みであると考えられる。

本研究では、この認識のもと、被験者が面接官の意図を理解するまでに十分な時間をかけて繰り返し説明することができる面接調査を実施し、いくつかの仮定を設けた上でドライバーの認知所要時間分布、ならびに、その分布と種々の要因との関係を観測することを目指す。そして、得られた情報を解析することで、認知所要時間の確率構造を実証的に分析する。

2. 認知所要時間分布に関する仮定

2.1 基本的仮定

ドライバーは精度の差こそあれ、どのリンクに対しても何らかの所要時間を予想することができる。つまり、ドライバーはネットワーク上の全てのリンクに対して潜在的に認知所要時間分布を形成しているものと考えられる。そして、これらの認知所要時間は互いに相関を持つものと考えられる。また、認知所要時間は非負の数である。これらの点を考慮して、本研究では、認知所要時間を正数の打ち切り変数とみなした上で、多変量正規分布に従うものと仮定した。

また、出発時に形成されているであろう認知所要時間分布は状況や個人によって異なるとともに、経路途上で走行経験を重ねるごとに、あるいは、情報を取得することで徐々に変化していくものと考えられる。この点を考慮するために、本

研究では、認知所要時間分布を個人属性や道路属性、あるいは情報や経験の条件付き分布として表現することとした。

2.2 出発時点における認知所要時間

多変量正規分布は、各変数の平均と標準偏差、ならびに、全ての変数の組み合わせの相関係数を規定することによって特定化される。一方、出発時点での認知所要時間分布はリンク属性、個人属性、および、分析者からは未知の要因によって影響を受けているものと考えられる。これらから、本研究では出発時点の多変量正規分布を特定化するために、以下の式を仮定した。

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{B}\mathbf{Y}_i + \mathbf{\Gamma}\mathbf{X}_i + \boldsymbol{\zeta}_i \quad (1)$$

$$\rho_{ij} = \frac{e^{(\mathbf{y}_i \mathbf{z}_{ij} + \xi_{ij})} - 1}{e^{(\mathbf{y}_i \mathbf{z}_{ij} + \xi_{ij})} + 1} \quad (2)$$

ここに、 $\mathbf{Y}_i$ はリンク i の認知所要時間の平均と標準偏差を要素とするベクトル、 $\mathbf{B}, \mathbf{\Gamma}$ はパラメータ行列、 $\mathbf{X}_i$ は外生変数ベクトル（リンク i の属性、個人属性）、 $\boldsymbol{\zeta}_i$ は誤差ベクトル、そして、 ρ_{ij} はリンク i, j の認知所要時間の相関係数、 $\mathbf{y}$ はパラメータベクトル、 $\mathbf{z}_{ij}$ は外生変数ベクトル（リンク i, j の関係を表す指標、個人属性）、 ξ_{ij} は誤差項である。

2.3 経路途上での認知所要時間の逐次的変化

多変量確率変数の中の一つの変数の値が条件として与えられた場合、その他の確率変数の分布は、その与えられた値を条件とした条件付き分布となる。本研究では、この性質によって、認知所要時間分布に実走行経験が及ぼす影響、すなわち、実走行経験による経路途上での認知所要時間分布の逐次的変化を表現できるものと考えた。そして、多変量正規分布の性質に基づいて、リンク k を走行して実所要時間 $\tilde{t}_k$ を取得した場合、リンク i の認知所要時間分布の平均 $m_i^{k(\tilde{t}_k)}$ と標準偏差 $s_i^{k(\tilde{t}_k)}$ 、ならびにリンク i, j の認知所要の共分散 $v_{ij}^{k(\tilde{t}_k)}$ を以下のように定式化した。

$$m_i^{k(\tilde{t}_k)} = m_i + \frac{\tilde{t}_k - m_k}{(s_k)^2} v_{ik} \quad (3)$$

$$s_i^{k(\tilde{t}_k)} = \sqrt{(s_i)^2 - \frac{(v_{ik})^2}{(s_k)^2}} \quad (4)$$

$$v_{ij}^{k(\tilde{t}_k)} = v_{ij} - \frac{v_{ik} \cdot v_{kj}}{(s_k)^2} \quad (5)$$

キーワード：認知所要時間、経路選択行動、面接調査

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: 075-753-5136ax: 075-753-5916）

ここに、 m_i, m_k, s_i, s_k はそれぞれリンク k を走行する直前のリンク i, k の認知所要時間分布の平均、標準偏差であり、 v_{ij}, v_{ik}, v_{kj} はリンク k を走行する直前のリンク i, j, k 間の認知所要時間分布の共分散である。

2.4 所要時間情報による認知所要時間の変換

未走行の道路区間についての情報版等による所要時間情報（以下、これを単に所要時間情報と呼称する）は実走行経験とは異なり、ドライバーがその情報を完全に信頼しているとは考えられないため、前節の定式化を行なうことが得策とは言えない。そこで、本研究では、所要時間情報が認知所要時間分布に及ぼす影響を、以下のような形で定式化することとした。

$$\mathbf{M}^{\text{info}} = (1 - w_m) \mathbf{M} + w_m \mathbf{M}' \quad (6)$$

$$\mathbf{V}^{\text{info}} = (1 - w_v) \mathbf{V} + w_v \mathbf{V}' \quad (7)$$

ここに、 $\mathbf{M}^{\text{info}}, \mathbf{V}^{\text{info}}$ は所要時間情報が与えられたときの認知所要時間分布の平均ベクトルと分散共分散行列、 $\mathbf{M}', \mathbf{V}'$ は所要時間情報を条件として与えた場合の認知所要時間分布の平均ベクトルと分散・共分散行列（式(3) (4) (5)で定式化）、 $\mathbf{M}, \mathbf{V}$ は情報が与えられる直前の認知所要時間分布の平均ベクトルと分散・共分散行列、 w_m, w_v はドライバーの情報に対する態度を表わすウェイトである。ここで、 w_m, w_v は個人属性に依存し、かつ、互いに相関を持つものと考え、以下のように定式化する。

$$\mathbf{W} = \mathbf{B}\mathbf{W} + \mathbf{\Gamma}\mathbf{X} + \boldsymbol{\zeta} \quad (8)$$

ここで $\mathbf{W}$ は w_m, w_v を要素とするベクトル、 $\mathbf{B}, \mathbf{\Gamma}$ はパラメータベクトル、 $\mathbf{X}$ は外生変数ベクトル、 $\boldsymbol{\zeta}$ は誤差ベクトルである。

この定式化では、情報が与えられていない道路区間の認知所要時間分布に所要時間情報が及ぼす影響を考慮できる点が一つの特徴である。

3. ドライバーの認知所要時間に関する面接調査の実施

上記の式(1) (2) (8)に含まれる未知パラメータを推定するために事業所ベースと居住地ベースで抽出した大阪市周辺での自動車トリップ実経験をもつ 121 名の被験者を対象に面接調査を実施した。この調査では、4 つの道路区間を利用頻度別にランダムに抽出した上で、1) それらの認知所要時間分布、2) ある一つの道路区間を走行した場合のその他の 3 道路区間の認知所要時間分布、3) ある 1 つの道路区間に所要時間情報が提供されている場合の 4 道路区間の認知所要時間分布、4) 個人属性等、を一人あたり 20～60 分程度の時間をかけて観測した。認知所要時間分布の観測方法としては、各道路区間に対して「早ければ何分」「遅ければ何分」という 2 つの値で回答をもらった。そして図-1 に示したように、それらの値を超過しない（超過する）確率が一定値 $\alpha\%$ であり、かつ、認知所要時間分布が正規分布であるという仮定のもと、その平均と標準偏差を算定した。この方法に基づいて、1) の回答から $\mathbf{Y}_i$ を求めた。そして、1) と 2) の回答からは相関係数に関するパラメータベクトル $\boldsymbol{\gamma}$ を、1) と 2) と 3) の回答からはウェイト $\mathbf{W}$ に関するパラメータベクトル $\mathbf{B}, \mathbf{\Gamma}$ をそれぞれ推定した。なお、推定方法の詳細については紙面の都合上省略する。

被験者の認知所要時間の確率密度関数

図-1 認知所要時間の観測方法

表-1 相関係数の未知パラメータ $\boldsymbol{\gamma}$ の推定結果¹⁾

変数名	Parameter	T値
交通流シミュレーションで再現した相関係数 ²⁾	0.11	(1.10)
両リンク間の中点間の距離(km)	-0.02	(-13.47)
リンク方向逆ダミー ³⁾	-0.31	(-1.05)
リンク利用頻度共に少ダミー ⁴⁾	-0.63	(-2.47)
自動車をほとんど利用しない場合1のダミー変数	0.82	(3.25)
21:00～6:00までのトリップの場合1のダミー変数	-0.69	(-2.51)
定数項	1.20	(6.08)

sample size=334, L(0) = -936.05, L(B) = -883.15, $\chi^2=105.79$

¹⁾ 面接調査における観測誤差を仮定した上で最尤推定法を用いて推定

²⁾ 京阪神地域の幹線平面街路・高速街路ネットワークデータと平成 3 年度パーソントリップデータに基づいて、KV 曲線を仮定した動的シミュレータ¹⁾を用いて算定

³⁾ リンク ij の方向ベクトルの傾角が $130^\circ \sim 230^\circ$ の場合 1 のダミー変数

⁴⁾ リンク ij の双方を「ほとんど利用しない」と回答している場合 1 のダミー変数

4. 推定結果

式(2)の相関係数の定式化に含まれる未知パラメータの推定結果を表-1 に示す。式(1) (8)の推定結果については発表時に示す。この結果より、リンク同士の幾何的な関係やドライバーの運転頻度、あるいは、走行時刻によって認知所要時間の相関係数が異なること等が分かった。

5. おわりに

本研究では、認知所要時間分布についての性質を記述する理論モデルを提案した上で、そのモデル内の未知パラメータを推定するために面接調査を実施し、推定計算を行なった。当然ながら、このモデル以外のモデル化も可能であり、この点についてより検討を加える必要があるが、本研究では認知所要時間の確率構造に関する実証分析の基礎的研究と位置づけられるものと考えられる。

(参考文献)

1) 藤井 聡, 奥嶋政嗣, 菊池輝, 北村隆一: Event-Based Approach に基づく簡便なマイクロ動的交通流シミュレータの開発: 生活行動と動的交通流を考慮した実用的な交通政策評価手法の構築を目指して, 第 53 回年次学術講演会講演概要集 IV, 印刷中, 1998.