

希望走行速度決定モデルを用いたISAによるドライバー集団の負担推計方法の提案

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 昌 康裕

1. はじめに

近年、欧州を中心にISA(Intelligent Speed Adaptation)が注目されている。ISAは、主にGPSとデジタルマップを用いて、走行している道路区間の速度上限値を取得し、ドライバーが自発的に、もしくは車両が強制的に上限速度を超えないように制御するシステムである。我が国においてもISAを導入することで、交通安全性の向上、特に死亡・重症事故の低減が期待される。一方で、ISAはドライバーの利便性や交通流の円滑性を抑制するものでもある。従ってISAの検討に際しては、安全性と利便性のトレードオフ関係を考慮した上で総合的な議論を行うべきである。しかしながら、速度と交通安全性の関係に着目した研究は多くあるものの、強制的な速度制御によるドライバーの負担に着目した研究はあまり見られない。

そこで本研究では、安全性と利便性を考慮した知覚総コスト最小化原理に基づいて、ある道路環境条件下における個々のドライバーの希望走行速度決定モデルを構築し、それをを用いて強制速度制御によるドライバーの負担推計方法を提案する。さらに希望走行速度決定モデルを希望走行速度分布へと拡張し、単純な交通流シミュレーションにより、ISAによるドライバー集団の負担の推計を試みる。

2. 方法

(1) 個々のドライバーの希望走行速度決定モデル

本研究では、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総コスト TC_i を(1)式で与える。(1)式右辺第1項は知覚安全性コスト AC_i を表しており、道路幅員等の道路環境条件ベクトル $\mathbf{E}$ の関数である A_i と走行速度 v によって規定される(図-1参照)。ここで、 α, β はパラメータである。(1)式右辺第2項は知覚利便性コスト DC_i を表しており、ドライバーの時間価値 w と走行速度 v によって規定される(図-1参照)。そしてドライバー*i*は、知覚総コスト TC_i が最小となる最適速度 v_i^* ((2)式)を希望走行速度として

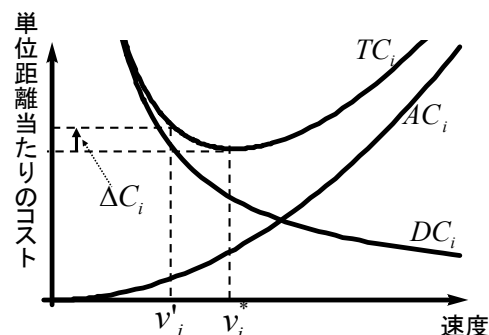


図-1 希望走行速度決定と速度制御による負担の概念

選択していると考え(図-1参照)。

$$TC_i(v, \mathbf{E}, w) = A_i \cdot v^\beta + \frac{w}{v}, \quad (A_i = \mathbf{E}' \cdot \boldsymbol{\alpha}, \beta \geq 1) \quad (1)$$

$$v_i^* = \arg \min [TC_i(v, \mathbf{E}, w)] = \left(\frac{w}{\beta \cdot A_i} \right)^{\frac{1}{\beta+1}} \quad (2)$$

ここで、ドライバー*i*は当該道路環境条件下において v_i^* を希望走行速度と考えているのに対し、道路環境条件が変わらずに速度 v_i' に強制的に下げられた場合の単位距離あたりの負担は(3)式の TC_i 増加量 ΔC_i によって表すことができる(図-1参照)。

$$\Delta C_i(v_i', \mathbf{E}, w) = \left(A_i \cdot v_i'^\beta + \frac{w}{v_i'} \right) - \left(A_i \cdot v_i^{*\beta} + \frac{w}{v_i^*} \right) \quad (3)$$

(2) 希望走行速度分布への拡張と推定

(1)式において、 A_i は速度が1単位変化したときの知覚利便性コストの変化に対する知覚安全性コストの変化の重みを規定する変数であると考えることができる。利便性に対する安全性の重みは個人によって異なると考えられるため、 A_i を確率変数と考えると、希望走行速度も確率変数となり、その分布が希望走行速度分布となる。その際、 $f_A(A_i | \boldsymbol{\alpha}, \mathbf{E}, \zeta)$ は A_i のp.d.fであり(ζ は分散に関するパラメータ)、その期待値は、道路環境条件によって規定されるとする。ここで、変数変換により v_i^* のp.d.fは、(4)式で表すことができる。

$$f_v(v_i^* | \boldsymbol{\alpha}, \mathbf{E}, \zeta) = f_A(g^{-1}(v_i^*)) \cdot \left| \frac{dg^{-1}(v_i^*)}{dv_i^*} \right| \quad (4)$$

キーワード 交通安全, ISA, 速度制御, 希望走行速度, 知覚総コスト

連絡先 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 TEL: 0532-44-6833 FAX: 0532-44-6831

ただし $g^{-1}(v_i^*)$ は(2)式の逆関数である。また、 A_i の分布形に対数正規分布を仮定すると、 A_i が非負となる上に、 v_i^* の分布が対数正規分布となるため有用である。

これで、実際の観測データを用いてパラメータ α, β, ζ を推定した上で、速度制御の有無別に交通流シミュレーションを行い、算出された知覚総コスト(単位距離当りの知覚総コストの積上げ)の差をとることでISAによるドライバー集団の負担の推計を行うことができる。なお、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 et al.¹⁾による方法を用いる。すなわち、観測データを検閲されたデータ(Censored Data)と考え、(5)式で示される尤度関数を最大化するパラメータを求める。ただし、 N 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、 $F_{v^*}(\bullet)$ は v_i^* の c.d.f である。

$$L(\alpha, \zeta) = \prod_{i=1}^N [f_{v^*}(v_i | \alpha, \mathbf{E}, \zeta)]^{1-\delta_i} \cdot [1 - F_{v^*}(v_i | \alpha, \mathbf{E}, \zeta)]^{\delta_i} \quad (5)$$

3. 適用例

本手法の簡単な適用例として、愛知県豊橋市内県道31号線(片側1車線幹線道路)の1地点2方向において観測されたデータを用いて、希望走行速度分布モデルのパラメータの推定を行い、さらに、単純な交通流シミュレーションによってISAによるドライバー集団の負担推計を試みる。観測データは平日の10:30~11:00のものである。観測結果およびパラメータ推定結果を表-1に示す。なお、車頭時間3秒以内を追従状態とした。両方向の道路環境条件は変わらないため、ほぼ同じ希望走行速度分布が推計されているのが分かる。

次に、塩見ら²⁾を参考に「各車両は先行車両に追いつくまで希望走行速度を維持するが、車頭時間が3秒以下になった時点以降、その車頭時間を維持しつつ先行車両の走行速度と等しい速度で走行する」という仮定をおき、長さ1kmの片側1車線道路を対象に、単純な交通流シミュレーションを行った。車両の発生は、平均車頭時間が観測データ(約6秒)に合うように、3秒~9秒の間で一様分布に従うとした。また、観測データから推定した A_i の分布に従い、各車両にそれぞれ A_i の値を設定した。これにより、(2)式から車両ごとに希望走行速度が設定されるとともに、(1)式を用いて、ある走行速度における知覚総コストを算出することができる(ただし、 $w=2400$ 円、 $\beta=1$ に固定)。

表-1 観測結果および希望走行速度分布の推定結果

方向		東から西	西から東
観測データ	サンプル数	404	387
	平均車頭時間(sec)	5.8	6.4
	観測速度の平均(km/h)	53.8	54.2
	観測速度の標準偏差(km/h)	8.8	6.1
	追従率	0.51	0.54
推定結果	A_i の期待値	0.63	0.62
	ζ	0.256	0.262
	最終対数尤度	848.6	884.3
算出値	希望走行速度の期待値(km/h)	63.3	63.9

※ $w=2400$ 円、 $\beta=1$ に固定

表-2 シミュレーションによる知覚総コストの算出結果

	知覚総コスト (円)	知覚総コスト増加量 (円)	増加割合 (%)
ISA 無	78462	-	-
上限 60km/h	78493	31	0.0
上限 50km/h	80094	1632	2.1
上限 40km/h	85862	7394	9.4

表-2にISA無しの場合及びISAにより車両走行速度が様々な上限値に制御された場合に算出された知覚総コストを示す。なお追従走行時は強制的に速度を抑制されていると考え、同様に(1)式で知覚総コストを算出した。また、発生車両台数は1000台とした。表-2より、速度上限値が低くなるにつれ、知覚総コスト増加量は急激に大きくなっている。増加割合でみると、上限40km/hでも9.4%と一見小さいように思われる。しかし、実数7394円が約100分(1000台×平均車頭時間6秒)における負担と考えると、観測データの条件に近い10時~16時に限定しても、1年間で74円×3600分×365日=約9700万円となり、非常に大きいことが分かる。

4. おわりに

本研究では、個々のドライバーの希望走行速度決定モデルを希望走行速度分布に拡張することで、強制速度制御によるドライバー集団の負担推計方法を提案した。その結果、上限速度が低くなるにつれ、ドライバー集団の負担は急激に大きくなることが分かった。今後は、複数地点による観測データを用いてより詳細な分析を行っていくとともに、安全性への効果も踏まえ、総合的な検討を行っていく。

参考文献

- 1) Botma H., P. Bovy.: Free Speed Distribution at Arterial Highways: Estimation Approaches, The Proceedings of 9th WCTR, 2001.
- 2) 塩見康博, 吉井稔雄, 北村隆一: 希望走行速度分布に基づく車群台数分布推定手法, 交通工学, Vol. 45, pp. 58-67, 2010.