

高速道路単路部の車線利用率平準化対策に向けた車線変更モデルの性能評価

建設工学専攻
土木計画研究

ME16012 岩崎 真純
指導教員 岩倉 成志

1. 背景・目的

都市間高速道路単路部では交通需要が増加するにつれて追越車線に交通量が偏り、交通集中渋滞が発生する。図-1 に示すように同じ交通量レベルでも追越車線の利用率は変動し、追越車線に過度に偏重する非効率な空間占有状態が存在する。また、交通量が比較的少ない状況でも追越車線に過度に偏重し渋滞する場合と、交通量が多い状態で走行車線と均衡し渋滞しない場合がある。高速道路の効率的な運用を図るには、追越車線への過度な交通量偏重を是正する必要がある。そのため、交通量レベルごとの車線利用率の変動を再現可能な車線変更モデルの構築が必要となる。

本研究では、2車線区間における既存の車線変更モデルをレビューし、交通量レベルごとの変動に着目してその性能を比較検証する。また、車線利用率の平準化を念頭に、既存モデルを用いて追越車線への過度な交通量偏重を是正する対策案を検討する。さらに、3車線区間への拡張を企図した新たなモデルの提案として Recursive Logit Model(以下、RL モデル)を車線選択モデルへ適用することを試みる。

2. 性能評価に用いる車線変更モデルのレビュー

性能評価に用いる3つのモデルについて追越挙動、車線復帰挙動、隣接車線の状況判断に着目して概説する。

中村モデル(中村英樹ほか,2004)の追越挙動は、自車の走行速度が希望速度を満たさず、かつ前方車両との車間距離が短いときに実行される。車線復帰挙動は、自車の走行速度が希望速度を満たしているときに実行される。隣接車線の状況判断はギャップを用いている。

田中モデル(田中敦ほか,2006)の追越挙動は、追従走行状態かつ自車の希望速度と前方車両の相対速度により実行され、車線復帰挙動は自由走行状態のとき実行される。隣接車線の状況判断はギャップを分解した前・後方ラグを用いることで、より安全な状況下で実行される。

一方、近藤モデル(近藤啓介ほか,2007)の追越挙動は、自由走行時と追従走行時のモデルに分け、自由走行時は

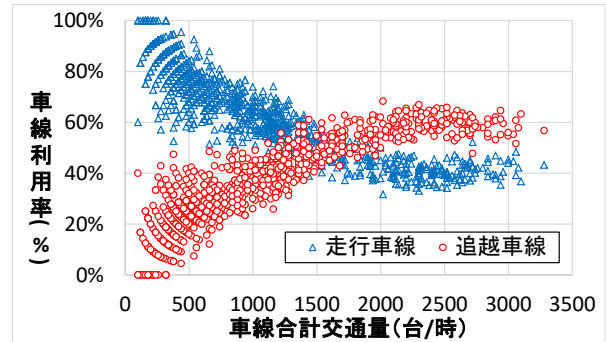


図-1 車線利用率と交通量の関係¹⁾

表-1 データ概要

	片側2車線区間	片側3車線区間
対象区間	東北自動車道(下り線) 上河内SA-矢板IC	東名高速道路(下り線) 大和サグ部
対象日時	2014年9月23日(火・祝) 8:04-12:04	2011年8月17日(月) 6:30-7:00
観測台数	6877台	2618台

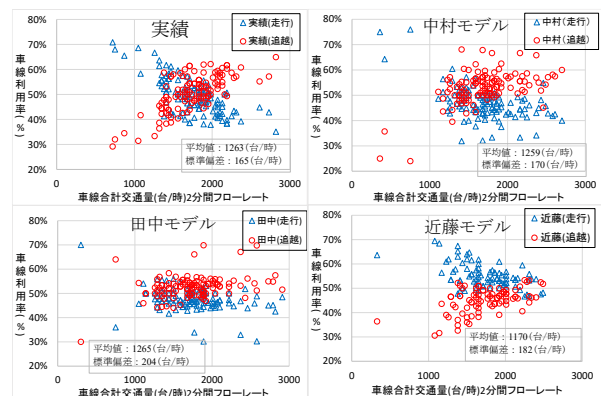


図-2 シミュレーション結果

前方車両との車間距離を相対速度で除した TTC(Time To Collision)用いており、追従走行時は右車線前方車両との TTC により実行される。車線復帰挙動は、後方車両との TTC により実行される。隣接車線の状況判断は前・後方ラグを用いている。

3. 車線変更モデルの性能評価

性能評価は、表-1 に示す東北自動車道の3断面から取得したビデオデータを用いる。上流断面で観測された車両をシミュレーションで発生させ、下流断面で観測された実績データとの再現性を比較する。各車両の希望速度は車種別に与え、普通車は平均値 108.0km/h、標準偏差 13.1km/h、大型車はそれぞれ 85.1km/h、7.9km/h とする。

交通量と車線利用率のシミュレーション結果と 2000

～3000 台レベル時の追越車線交通量の平均値・標準偏差を図-2 に示す. 交通量が増加するにつれ追越車線の利用率が増加する傾向がみられた. また, 交通量が 2000 ～3000 台レベル時の追越車線の交通量のばらつきに着目すると中村モデルが最も再現性の高い結果となった.

4. 車線利用率平準化のケーススタディ

性能評価の結果から中村モデルを用いてケーススタディを行う. 希望速度の標準偏差が 1.5σ 以上の車両のみ右車線変更を可能とする規制案を検討し, 結果を図-3 と図-4 に示す. 交通量が増加するにつれ車線利用率が 50% に近づき, 最大交通量が 300 台増加した. 希望速度遅い車両が追越車線を走行しないことで効率的に活用できていることが分かる.

5. 車線選択モデルへの RL モデルの適用可能性

従来の車線変更モデルは, 車線変更する瞬間の効用のみで構築されたモデルが多く, 先の走行状況を先読みしたドライバの挙動を考慮できていない課題がある. 一方, RL モデルは将来の効用を加味することができ, 数秒先を予測したドライバの挙動を記述することができる.

RL モデルの構築には表-1 に示す東名高速道路のビデオデータを用いる. サンプル数は車線変更した 67 台を抽出した. RL モデルはリンクを設定する必要があるため, 車線上に 20m ピッチでノードを設定し, ドライバの走行軌跡が図-5 に示す赤い線の場合, 起点から終点までのリンク k の状態遷移であるパス σ は式(1)で表される. パス σ の選択確率 $P(\sigma)$ は式(2)で表され, 起点から終点 d までの価値関数 $V^d(k)$ は式(3)で表される.

$$\sigma = \{k_i\}_0^l \quad (1)$$

$$P(\sigma) = e^{-\frac{1}{\mu} V(k_0)} \prod_{i=0}^{l-1} e^{\frac{1}{\mu} v(k_{i+1}|k_i)} \quad (2)$$

$$V^d(k) = \begin{cases} \mu \ln \sum_{a \in A} \delta(a|k) e^{\frac{1}{\mu} (v(a|k) + V^d(a))} & \forall k \in A \\ 0 & \forall k = d \end{cases} \quad (3)$$

ここで, v : リンクの即時効用, μ : スケールパラメータである.

各車線の変数とパラメータ推定結果を表-2 に示す.

「右車線速度差 03」と「右車線ギャップ 06」以外のパラメータにおいて符号の整合性を確認した. 尤度比は 0.22 と有意な結果が得られた. モデルの再現性は経路重複率が 72%, 右・左車線変更地点の的中率はそれぞれ 54%, 30%となり, モデルの再現性に課題が残る.

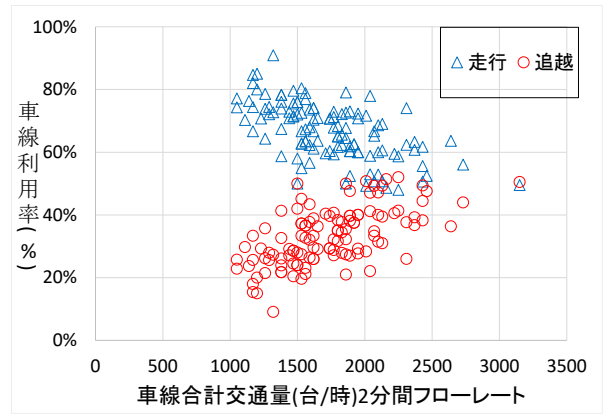


図-3 ケーススタディ結果

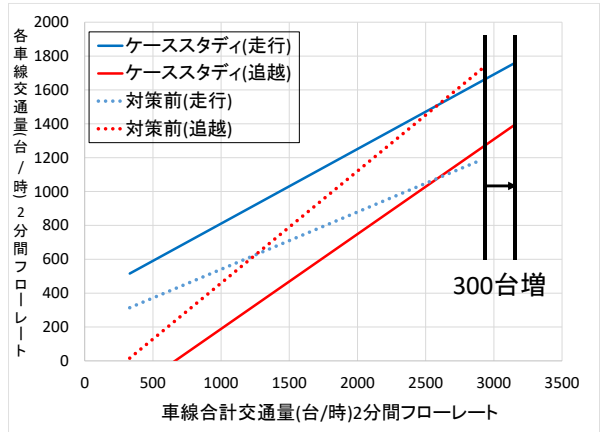


図-4 各車線の交通量変化

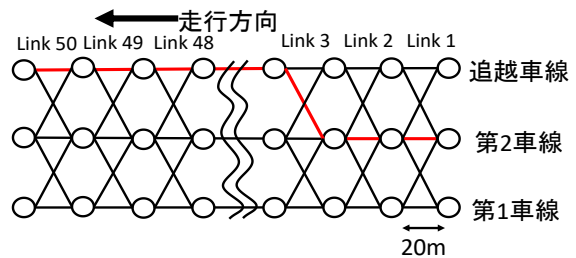


図-5 RL モデルを用いた車線選択モデル

表-2 パラメータ推定結果

変数名	変数式	選択肢別変数			パラメータ
		L1	L2	L3	
θ_1 前方速度差(km/h)	$v - v_f$	○	○		-0.131
θ_2 右車線後方速度差(km/h)	$v - v_{Rr}$	○	○		-0.067
θ_3 右車線速度差(km/h)	$v_{Rf} - v_f$	○	○		0.0003
θ_4 後方速度差(km/h)	$v - v_r$		○	○	0.041
θ_5 左車線速度差(km/h)	$v_f - v_{Lf}$		○	○	0.00072
θ_6 右車線ギャップ(m)	$\{(X_{Rf} - X) + (X - X_{Rr})\}$	○	○		0.00059
θ_7 左車線ギャップ(m)	$\{(X_{Lf} - X) + (X - X_{Lr})\}$		○	○	-0.00056
θ_8 前方車尾距離(m)	$X_f - X$		○	○	-0.00081
		L(0)=-55214.2 L(0)=-43067.1 $\rho^2=0.22$			

6. まとめ

本研究では, 車線変更モデルの性能評価とケーススタディを行い, 希望速度の高い車両のみを車線変更可能とすることで車線利用率の平準化がされた. また, 車線選択モデルへの RL モデルの適用可能性を示唆した.

謝辞: 多大なるご指導を頂きました野中康弘連携大学院客員教授に厚く御礼申し上げます.

参考文献

- 1) 中村圭佑, 高屋雄太, 清田裕太郎, 石田貴志, 野中康弘, 高速道路の車線利用特性の関する微視的考察, 土木計画学・講演集, Vol. 50, 2014