

高速道路の車線選択モデルへの Recursive Logit Model の適用可能性

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○岩崎真純
 芝浦工業大学 正会員 岩倉成志
 (株)道路計画 正会員 野中康弘

1. 背景・目的

都市間高速道路の片側3車線区間単路部において、渋滞発生直前の車線利用率は一般に、追越車線に偏重することが知られている。この結果、第1・第2走行車線の交通容量に余裕があるにもかかわらず、追越車線の車群中で減速波が生じ、最終的に全車線に渋滞が波及する。

既存研究では、追越挙動を記述した車線変更モデルが多く提案されているが、希望速度を満たした車両は左車線へ復帰するモデル構造であり、実際のドライバの復帰挙動を表現できていない課題がある。

本研究では、追越行動の意思決定と復帰行動の意思決定に主眼を置いた車線変更モデルを構築する。そのため、一定の区間の車線選択行動を経路選択行動に見立てた新しい考え方を提案する。このモデルのベースは Fosgerau¹⁾が提案する Recursive Logit Model(以下、RL モデルとする)であり、従来の Logit Model の選択肢列挙の必要がない特徴を有する。

2. データ概要

国土技術政策総合研究所が整備した1秒毎の車両の走行位置を把握可能な車両軌跡データを用いる。対象区間は東名高速道路(下り線)の21.7kp~22.7kpとする。本研究では、渋滞発生直前の追越車線利用の偏重に着目するため、対象時間は渋滞発生直前の6時30分から7時までとし、この時間帯に車線変更を行った67台を抽出した。

3. RL モデル適用の考え方

RL モデルはリンクベースの LOS 情報のみで選択肢集合を形成できる。選択可能性のあるリンク情報と選択結果の経路の情報さえあれば、選択モデルが構築できる。従って、本研究の車線選択モデルへの適用のように、選択肢が膨大になる場合でもパラメータが比較的容易に求められる。リンクの設定は、図1のように車線上に20mピッチでノードを設定し、各リンクを走行するドライバの車両軌跡が図1に示

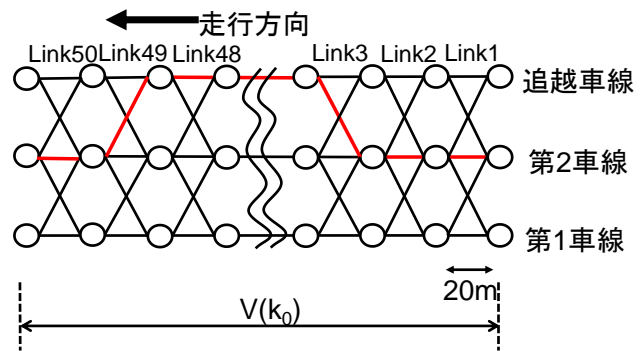


図1 RL モデルを用いた車線選択モデル図

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)で求めることができる。

$$\sigma = \{k_i\}_o \quad (1)$$

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

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

ここで、 v : リンクの即時効用、 V^d : 終点ノード d までの価値関数、 μ : スケールパラメータである。なお、ノードの価値関数 $V^d(k)$ は、Bellman 方程式を利用してリンク情報のみで算出できる。

4. 車線選択モデルの構築

4-1. モデルの設定

モデルの説明変数は車両軌跡データの解析と既存研究を参考に右車線変更要因と左車線変更要因を選定した。なお、復帰行動の意思決定を考慮するため、第2走行車線と追越車線の要因に後方車両との相対速度である「後方速度差」を組み込む。また、データの制約上、自車と周辺車両との距離は車尾距離で算出した。表1に組み込んだ変数を示すが、それぞれ、 v : 自車速度、 v_f : 前方車両速度、 v_{Rf} : 右車線前方車両速度、 v_{Rr} : 右車線後方車両速度、 v_r : 後方車両速度、 v_{Lr} : 左車線前方車両速度、 X : 自

車の走行位置, X_{Rf} : 右前方車両の走行位置, X_{Rr} : 右後方車両の走行位置, X_{Lf} : 左前方車両の走行位置, X_{Lr} : 左後方車両の走行位置, $L_1 \sim L_3$: 各車線の選択肢固有変数である。

4-2. パラメータ推定結果

各車線の変数とパラメータの推定結果を表 1 に示す。「右車線速度差 θ_3 」と「右車線ギャップ θ_6 」以外のパラメータで符号の整合性を確認できた。復帰行動の意思決定を説明する変数である「後方速度差」は正となり、後方車両に比べ自車の速度の方が速い場合、第 2 走行車線・追越車線を選択し続ける結果となり、左車線への復帰が鈍化することを示した。

尤度比は 0.17 と有意な結果とは言い難いが、車線選択モデルへの RL モデルの適用検討を深化する価値があると考えられる。

4-3. モデルの再現性

次に実績経路とモデル経路(効用最大経路)の重複率からモデルの再現性を考察する。再現性のチェック方法は、実績と推定リンクの重複率、車線変更は実績に対してモデル推定値が車線変更地点の前後 40m 以内で再現していれば的中とした。

モデルの再現結果を表 2 に示す。全サンプルの実績経路とモデル経路の経路重複率は 57% と低く、また車線変更の的中率は、右・左車線変更共に極めて低い結果となった。これは、モデルの結果が同一車線を走行し続けることにより車線変更を行わない車両が多いためである。そのため、車線変更要因の再検討を重ね、モデルの精度向上を図りたい。

4-4. 感度分析結果

「後方速度差」と「前方速度差」の感度分析結果を図 2 に示す。「後方速度差」では、後方車両が 10km/h 速い時、追越車線の選択確率が 10% となる。一方、自車の方が 10km/h 速い時、追越車線の選択率が 70% となった。これは、後方車両からの煽りがない場合、追越車線を走行し続けることを示す。

また、「前方速度差」では、前方車両の方が 10km/h 速い時、第 2 走行車線の選択確率が一番高くなり、自車速度の方が速くなるにつれ、追越車線の選択確率が高くなる結果となった。このことから、第 2 走行車線を走行中のドライバーが希望速度を維持するべく、自分の希望速度より遅い前方車両を追い越すために追越車線へ偏重していくことがわかる。

表 1 パラメータ推定結果

変数名	変数式	選択肢固有設定			パラメータ
		L1	L2	L3	
θ_1 前方速度差(km/h)	$v - v_f$	○	○		-0.069
θ_2 右車線後方速度差(km/h)	$v - v_{Rr}$	○	○		-0.00050
θ_3 右車線速度差(km/h)	$v_{Rf} - v_f$	○	○		0.0011
θ_4 後方速度差(km/h)	$v - v_f$		○	○	0.16
θ_5 左車線速度差(km/h)	$v_f - v_{Lf}$		○	○	0.00040
θ_6 右車線ギャップ(km)	$(X_{Rf} - X) + (X - X_{Rr})$	○	○		1.00E-23
θ_7 左車線ギャップ(km)	$(X_{Lf} - X) + (X - X_{Lr})$		○	○	-2.00E-23
θ_8 前方車尾距離(km)	$X_f - X$			○	-8.00E-23

L(0)=-577.2 L(θ)=-480.2 $\rho^2=0.17$

表 2 モデルの再現性

経路重複率	右車線変更の的中率	左車線変更の的中率
57%	35.5%	10%

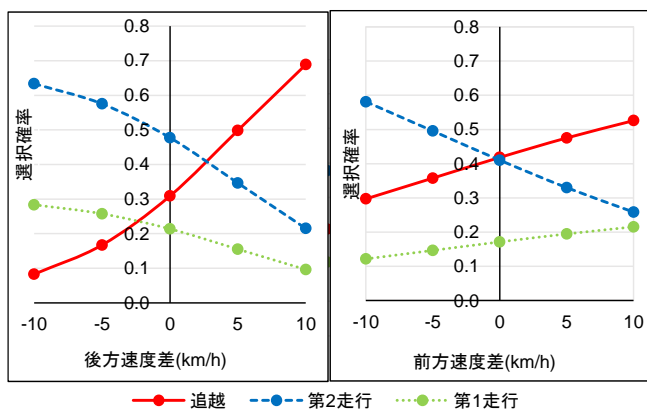


図 2 感度分析結果

5. まとめ

本研究では、高速道路の追越車線に利用率が偏重する要因を記述するために、従来にはない手法の提案として車線選択モデルへの RL モデルの適用を試みた。モデルの精度を向上する必要があるが、復帰行動の意思決定を表現した変数「後方速度差」のパラメータから、後方車両からの煽りがなければ、右車線を走行し続ける結果となり、追越車線に利用率が偏重することを示した。

今後の課題として、リンク LOS の欠測データの補完方法や、ドライバーの進行先の状況は本稿では完全情報としているが、実際は、それは不明確であり、不確実性下での将来効用(価値関数)の設定を検討する必要がある。

参考文献

1) Mogens Fosgerau et al. : A link based network route choice model with unrestricted choice set, Transportation Research Part B, Vol.56, pp.70-80, 2013

謝辞: 本研究を行うにあたって、国土技術政策総合研究所の方々に貴重なデータをご提供して頂きました。心より感謝申し上げます。