

混合交通流における離散選択型二輪車挙動モデルの構築

Discrete choice models of motorcycles behaviour in mixed traffic flow

花守 輝明*

Teruaki HANAMORI

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに

東南アジアの多くの国では、オートバイ（以下、二輪車）が多用されている。近年ではモータリゼーションの進展に伴い四輪車が普及しつつあり、二輪車と四輪車が混在して走行している状況が多く見受けられる。二輪車と四輪車では、車体の大きさや挙動が大きく異なるため、両者が混在すると複雑な交通状況を生み出し、危険性の増大や交通流円滑性の低下が懸念される。

交通形態が異なれば、導入すべき道路整備、道路施策が異なるのは当然である。よって、先進国の様に四輪車中心の交通流を想定して設計された道路整備、施策運用を、二輪車が多数を占める混合交通流に導入するのは適切ではない。しかしながら、混合交通流において、交通需要を計算する際に二輪車を四輪車換算で扱っていたり、二輪車を四輪車と同様の挙動としてシミュレーションされていたりするなど、二輪車の特徴を考慮した上で交通動態を適切に予測する手法は確立していない。

そこで本研究では、二輪車と四輪車が混在した交通流の交通動態を的確に把握し、施策導入及び設計変更等による流動の変化を事前に評価するために、車両の速度や方向、他の二輪車や四輪車の影響を考慮した二輪車挙動モデルを構築する事を目的とする。

2. 調査概要及び車両軌跡データの取得

二輪車挙動モデルを構築する前段として、交通流の撮影を行い、撮影したビデオデータから車両軌跡を抽出した。調査地点は、1)二輪車と四輪車が混在した交通が見られること、2)ビデオカメラの設置が可能なこと、3)バス停など交通流を妨げる施設が近隣に存在しないこと、を条件に選定した。軌跡データの抽出に関しては、大型車の混入の少ないサイクルを抜き出し、0.1秒間隔で車両座標を取得した。画面座標系から現地平面座標系へと変換し、さらに座標取得の際の誤差を修正するため、平滑化スプラインを行った上で、軌跡データを取得した。

3. 二輪車挙動モデルの定式化

本研究では、Antonini et al.^[1]が提案した離散選択モデルをベースとしてモデルを構築する。二輪車は、ある瞬間ごとに図1で示す15個の離散空間選択肢から次の移動先を選択すると仮定する。モデルは5つのネスト構造を仮

定した Cross Nested Logit (CNL)モデルを採用した。具体的には、速度に関するネストとして、“等速”、“加速・減速”の2つのネスト、方向に関するネストとして“左旋回”、“直進”、“右旋回”の3つを設定した。

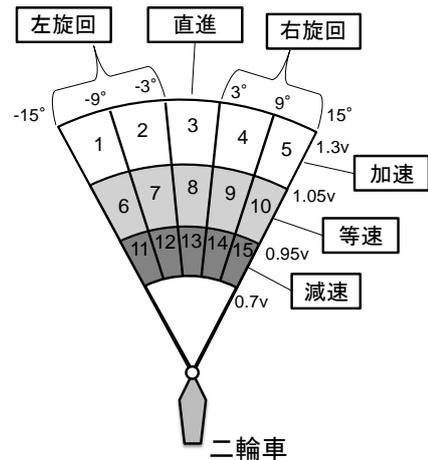


図1 選択肢空間とネスティング

選択肢 i の効用関数を以下のように設定した。

$$V_i = I_L \beta_{dir,L} \theta_{dir} + I_R \beta_{dir,R} \theta_{dir} \tag{1}$$

$$+ I_L \beta_{des,L} \theta_{des} + I_N \beta_{des,N} \theta_{des} + I_R \beta_{des,R} \theta_{des} \tag{2}$$

$$+ I_a \beta_{v,a} \left(\frac{v}{v_{max}}\right)^{\lambda_{ACCDEC}} + I_d \beta_{v,d} \left(\frac{v}{v_{max}}\right)^{\lambda_{ACCDEC}} \tag{3}$$

$$+ I_a \beta_{ml,a} D_{ml}^{\lambda_{Dm}} \Delta v_{ml} \cos \Delta \theta_{ml} + I_d \beta_{ml,d} D_{ml}^{\lambda_{Dm}} \Delta v_{ml} \cos \Delta \theta_{ml} \tag{4}$$

$$+ I_a \beta_{cl,a} D_{cl}^{\lambda_{Dc}} \Delta v_{cl} \cos \Delta \theta_{cl} + I_d \beta_{cl,d} D_{cl}^{\lambda_{Dc}} \Delta v_{cl} \cos \Delta \theta_{cl} \tag{5}$$

$$+ I_N \beta_{y,N} \frac{y}{W} + I_R \beta_{y,R} \frac{y}{W} \tag{6}$$

$$+ \beta_{am} \min\left(\frac{d_{ik}}{d_{max}}\right)^{\lambda_{am}} + \beta_{ac} \min\left(\frac{d_{ik}}{d_{max}}\right)^{\lambda_{ac}} \tag{6}$$

項(1)は、二輪車が頻繁な方向転換を避け、現在の進行方向を維持して走行する性質を示す。 I_L , I_R は左旋回及び右旋回ネストに帰属する場合に1、しない場合は0となる変数、 θ_{dir} は現在の進行方向と各選択肢空間の中心座標との偏角を表す。ドライバーは、現在の進行方向からの大きな方向転換を避ける傾向にあるので、 θ_{dir} の値が大きいほど負の効用が大きくなる。よって、 $\beta_{dir,L}$, $\beta_{dir,R}$ の2つのパラメータはともに負と予想される。

項(2)は、目的地を目指して進行する性質を表す。 I_N は直進ネストに帰属する場合に1、しない場合は0となる変

数である。ここでは、車道と平行に交通流が進行する方向を目的地方向として規定する。 θ_{des} は、各選択肢空間の中心座標と目的地方向との偏角を表す。 θ_{des} が大きいほど目的地方向からの乖離が大きくなるので、 $\beta_{des,L}$, $\beta_{des,N}$, $\beta_{des,R}$ は負の値になる事が予想される。

項(3)は、加減速に関する性質を表す。 v は現在の走行速度、 v_{max} は観測された速度における最高速度、 I_a 並びに I_d はそれぞれ、加速ネスト、減速ネストに帰属する場合に1、しない場合は0となる変数である。 v が大きくなるほど、加速しにくく、減速しやすいと考えられるため、 $\beta_{v,a}$ は負、 $\beta_{v,d}$ は正の符号となるものと考えられる。

項(4)は、先行車両を追従する性質を表す。 D_{ml} , D_{cl} , Δv_{ml} , Δv_{cl} , $\Delta \theta_{ml}$, $\Delta \theta_{cl}$ は、それぞれ先行二輪車、四輪車との距離、先行車両と自車両との相対速度、先行車両の速度ベクトルと選択肢空間中心座標へのベクトルとの偏角の絶対値を表す。ここでは、相対速度を自車両の速度から先行車両の速度を引く事で算出している。よって、 Δv_{ml} , Δv_{cl} が正の値で大きいほど、先行車両に近づくため、減速すると考えられ、逆に、 Δv_{ml} , Δv_{cl} が負の値で小さいほど、先行車両との距離が開き、加速しようとする。したがって、 $\beta_{ml,a}$ 及び $\beta_{cl,a}$ は負となる事が予想され、 $\beta_{ml,d}$ 及び $\beta_{cl,d}$ は正になる事が予想される。

項(5)は、ベトナムが右側通行である事を考慮し、交通ルールのもと道路の右側を通行しやすい性質を表す。 y は、車両から車道右端までの距離、 W は車線幅員を表す。 y が大きいほど右側へ進むようとする効用が大きくなるため、 $\beta_{y,R}$ の符号は正になるものと考えられる。

項(6)は、周辺車両との挙動を先読みした上で、周辺車両との接触や極端な近接状況避ける性質を表す。 $\frac{d_{ik}}{d_{max}}$

は、各選択肢の中心座標と周辺車両の先読み時間後の到達位置との近接度合いを表す指標である。この値が大きいほど他の車両と安全な距離を保つことができると考えられるので、 β_{am} 及び β_{cm} は、正值になると考えられる。

4. 推定結果と検証

本研究では、加速・減速ネストのパラメータを1.0に固定した上で推定を行った。表1より、選択肢数が15個と比較的多いにも関わらず、修正尤度比 ρ^2 値が0.525と高い事から、モデルの適合度として良好であるといえる。また、推定されたパラメータは、 $\beta_{cl,a}$, $\beta_{cl,d}$ を除いて有意となり、 $\beta_{v,d}$ を除き、全てのパラメータで期待通りの符号を有している事が確認された。さらに、推定したネストパラメータ μ は、すべて1より有意に大きく、かつ互いに異なる値を示しており、ネスティングの有効性が確認できる。

表1 パラメータ推定結果

パラメータ名称	推定値	t-値	p-値	
$\beta_{dir,L}$	-7.95	-7.28	0.00	**
$\beta_{dir,R}$	-14.4	-8.68	0.00	**
$\beta_{des,L}$	-7.12	-9.57	0.00	**
$\beta_{des,N}$	-12.8	-15.07	0.00	**
$\beta_{des,R}$	-14.4	-15.48	0.00	**
$\beta_{v,a}$	-2.7	-17.53	0.00	**
$\beta_{v,d}$	-3.53	-22.73	0.00	**
$\beta_{ml,a}$	-1.25	-3.89	0.00	**
$\beta_{ml,d}$	1.24	4.82	0.00	**
$\beta_{cl,a}$	-0.397	-0.99	0.32	
$\beta_{cl,d}$	0.34	1.2	0.23	
$\beta_{y,N}$	2	12.1	0.00	**
$\beta_{y,R}$	2.46	8.04	0.00	**
β_{am}	1.57	3.24	0.00	**
β_{ac}	3.66	4.76	0.00	**
μ_{CON}	1.7	8.99	0.00	**
μ_{LEFT}	4.2	3.87	0.00	**
μ_{NORMAL}	2.19	7.08	0.00	**
μ_{RIGHT}	2.48	4.3	0.00	**
サンプル数	7126			
初期尤度	-19297			
最終尤度	-9162			
ρ^2 値	0.525			

** : 1%有意

図2, 図3に、選択結果の再現性を2つのケースで検証したものを示す。ケース1は推定に用いたものと同じデータセットを用い、ケース2では別のデータセットを作成し、再現性の検証を行った。両ケースともに観測結果と推定結果はほぼ同様の頻度分布を示す事が確認された。

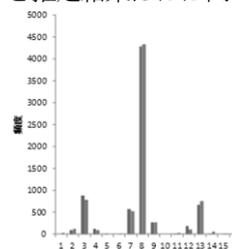


図2 再現性(ケース1)

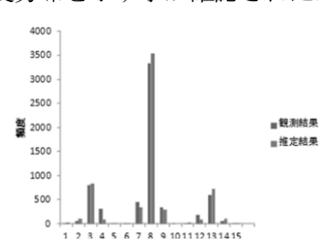


図3 再現性(ケース2)

5. おわりに

本研究では、二輪車特有の挙動を踏まえた離散選択型モデルを構築した。モデル推定の結果、モデルの適合度は高く、ネスティングの有効性も示された。また、グラフから選択結果の妥当性及びパラメータの移転性が読み取れたものの、これに関しては、より詳細な分析が必要であるといえる。今後は本モデルをもとに、混合交通流の車両の挙動を1台1台のレベルでシミュレートする交通マイクロシミュレーションを開発する事が望まれる。

参考文献

[1]Antonini, G., Bierlaire, M., and Weber, M. : Discrete choice models of pedestrian walking behavior, Transportation Research Part B, Vol.40, No.8, pp.667-687, 2006

修士論文指導教員

宇野伸宏准教授, 嶋本寛講師, 塩見康博助教