

車線変更意図の遷移を考慮した統合型車両走行モデルの構築

交通情報工学研究室 柳原 正実

1. はじめに

道路ネットワーク上では交通渋滞や交通事故といった問題が日々発生しており、大きな社会的損失を生んでいる。特に、高速道路における合流や車線変更と言った車両挙動は減速波を生じさせるなど、周囲に与える影響が大きく、上記の問題との関連性も大きい。その合流や車線変更に伴う問題への対策（車線利用方法の変更、ITS の活用等）を考案し、評価する為の有用なツールとして、交通マイクロシミュレーションの利用が考えられる。しかし、多くの交通マイクロシミュレーション中で用いられている車両挙動モデルは合流や車線変更を含む複雑な車両挙動を、ミクロな時々刻々の動きに関して十分に再現しきれていない。そのため、既存のシミュレーションによって、施策の誤評価が行われる可能性がある。そこで、本研究では既存のものより再現性の高いモデルの枠組みを提案する。

1950年代後半から研究されている車両挙動を表現するモデルは数多く、主に速度調整行動に関するものと、車線変更行動に関するものがそれぞれ存在する。しかし、車線変更は瞬時に起こる事象として扱われることが多く、また、2つの行動の間の関連性を考慮したものは少ない。詳細な挙動の表現には、その関連性の考慮が必要不可欠であると考えられる。Toledo, Ben-Akiva らは速度調整と車線変更を一つの尤度関数で扱うモデルとして提案し、サンプルによる推定を行っているが、依然として車線変更の扱いは一時的なものであり、推定に用いたサンプルも空間的密度が低い。本研究では、車線変更を時空間的に幅のあるものとして扱い速度調整と車線変更の関連性を考慮するモデルを提案し、詳細な軌跡データを用いてその有用性を検討する。

2. モデル

本研究では車線変更に関してドライバーが持つ意図を複数種類の「PLAN」で表す。また、速度調整行動を複数種類の「REGIME」で区分することによって、ドライバーが行っている加速度制御方法を場合分けする。本研究で考慮するPLANは、「車線維持」の段階、車線変更調整に伴う「GAP 選択」の段階、「車線変更実行」

段階の3つに大きく分けられ、それらの間の推移を考慮する。特に車線変更実行段階への推移は、当該車両が「車線上」から「中間領域（車線間の領域）」へ走行領域を移行する遷移と定義し、PLANを車線変更と密接に関連した概念として用いている。また、REGIMEは自由走行、追従走行、減速走行を考える。これらの走行の間の差異の存在が既存の研究によって示されている。図1は以上をまとめた本モデルの概念図である。

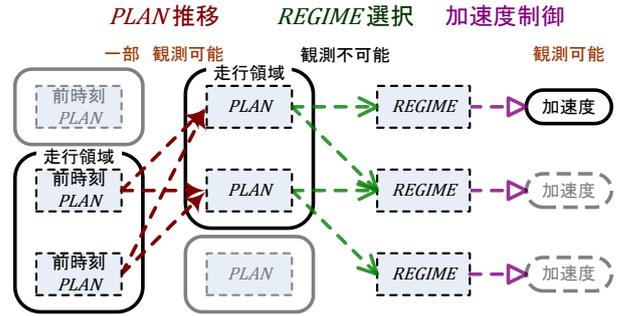


図1 車線変更意図推移と加速度制御の概念図

本モデルはPLANの推移とREGIME選択を LOGIT モデルによって表現し、加速度を線形の式で表す。そのパラメータ β は式(1)の尤度関数 $L(\beta)$ を最大化することによって求める。

$$L(\beta) = \sum_n L_n(\beta) \quad (1)$$

$$L_n(\beta) = \sum_t \ln \left(\begin{array}{l} PP(pln^{MAX}|n, t, \beta) \\ \times Pr(rgm^{MAX}|pln^{MAX}, n, t, \beta) \\ \times f(a_n(t) - a_n^{rgm^{MAX}}(t, \beta)) \end{array} \right) \quad (2)$$

$$PP(pln|n, t, \beta) = \delta_n^{pln}(t) \sum_{before} \left(\begin{array}{l} PP^{change}(pln|before, t, \beta) \\ \times PP(before|t - \Delta t, \beta) \end{array} \right) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & PP(pln^{MAX}|n, t, \beta) \\ & \times Pr(rgm^{MAX}|pln^{MAX}, n, t, \beta) \\ & = \max_{pln, rgm} \left\{ \begin{array}{l} PP(pln|n, t, \beta) \\ \times Pr(rgm|pln, n, t, \beta) \end{array} \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

式中の n, t はそれぞれ各車両と各観測時点を表し、 pln, rgm は各PLAN, 各REGIMEを表す。 $PP(pln|n, t, \beta)$ はPLANの状態確率であり、その推移を確率的に表現している。 $Pr(rgm|pln, n, t, \beta)$ はREGIMEの選択確率であり、PLANの状態確率、加速度の誤差密度関数 f との積で1観測軌跡分の尤度を表現している。 f は正規分布型の確

率密度関数であり、観測加速度 $a_n(t)$ と rgm における推定加速度 $a_n^{rgm}(t, \beta)$ との差で誤差が計算される。本研究では $a_n^{rgm}(t, \beta)$ に線形式を仮定しているため、そのパラメータは下位問題の重回帰の結果として得られる。

推定には阪神高速道路環状線、守口線合流部で取得した15分間の詳細な車両軌跡データから、計算時間の都合上、一部を抽出したものをを用いた。抽出の際、車線変更と合流のパラメータが求まるよう、双方の挙動が含まれるものを抽出した。図2はその全データをPLAN推移と関連する走行領域別に示したものである。走行領域が遷移する時点でPLANも推移すると定義しているため、図2の色が変化する時点で潜在変数としてのPLANが顕在化し、とり得るPLANが限定される。それをデルタ変数 $\delta_n^{pln}(t)$ で尤度に反映させている。 $\delta_n^{pln}(t)$ は pln がとり得るPLANと一致するとき1、それ以外は0となる変数である。

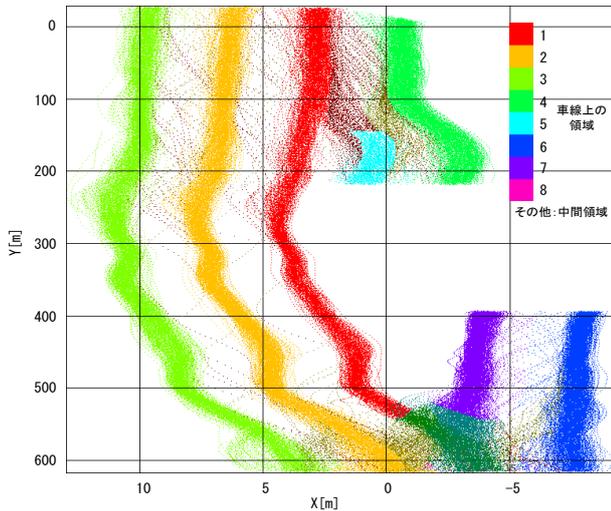


図2 車両軌跡 (走行領域別)

3. 推定結果

パラメータ推定において、ほぼ全てのパラメータが有意な値を示す結果となった。尤度比も0.47と高く説明力のあるモデルであると言える(表1)。

PLANの選択確率に関して、「GAP選択」の段階が多くなるよう推定された。これは車線変更の多いデータを用いたためであり、うまくPLAN推移が表現できると考えられる。

加速度に関して同一データで、同様の説明変数を用いて重回帰したパラメータを用いた推定結果は、図3のようになり、重回帰の R^2 値も0.167と低い値となる。一方、表1より、本モデルでは各REGIMEの重回帰について、比較的高い R^2 値が得られていることが分かる。

図4に示す加速度推定結果でも、うまく速度調整行動が区分できていると言える。残差は特に加速度の絶対値が大きい部分で改善されている。各加速度の平均値にも有意な差が確認できたので、複数のREGIMEを考慮すべきであることが示唆される。

表1 本モデル推定結果

Likelihood		Likelihood Ratio	
-8.2584E+05		0.470	
Likelihood No Info		Likelihood Ratio Adj	
-1.5594E+06		0.463	
REGIME/PLAN	Observation	R-SQRT Adj	Acc Mean
自由走行/車線維持・車線変更	249 5.28%	0.097	0.352
追従走行/車線維持	37 0.78%	0.292	-0.278
減速走行/車線維持・GAP選択	320 6.78%	0.531	-0.088
追従走行/車線変更	561 11.89%	0.050	0.041
減速走行/車線変更	28 0.59%	0.667	0.038
自由走行/直近GAP選択	0 0.00%	-	-
追従走行/直近GAP選択	1708 36.19%	0.363	-0.128
自由走行/前方GAP選択	503 10.66%	0.580	-0.765
追従走行/前方GAP選択	0 0.00%	-	-
自由走行/後方GAP選択	5 0.11%	0.000	1.772
追従走行/後方GAP選択	1308 27.72%	0.460	-0.235

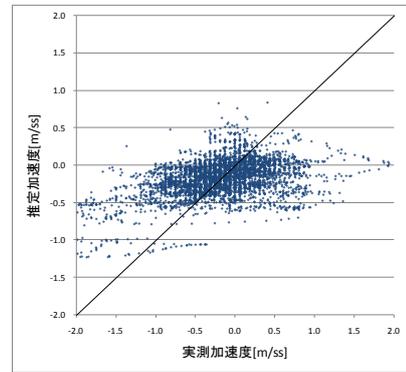


図3 重回帰推定残差

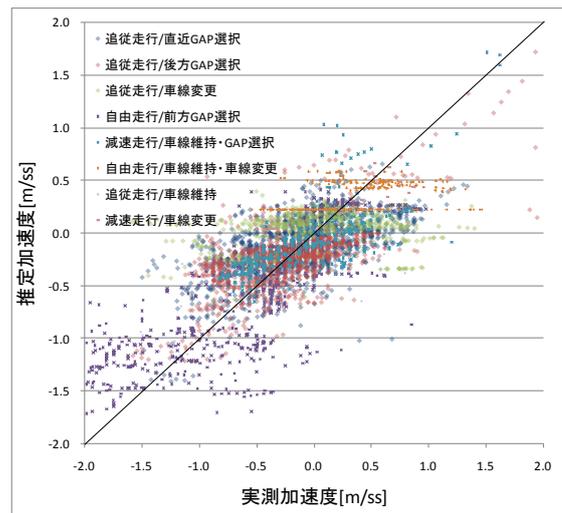


図4 本モデル推定残差

4. まとめ

本研究では高速道路合流部において、既存のモデルの再現性を高めるには速度調整方法と車線変更段階の考慮が必要不可欠であるという知見が得られた。