

車線変更時のコンフリクトを考慮した加減速挙動のモデル化

国土交通省 正会員 ○菅沼 真澄
 京都大学大学院 フェロー 飯田 恭敬
 京都大学大学院 正会員 宇野 伸宏

1. 序論

渋滞、交通事故、環境負荷の増大といった道路交通問題の解決を促す社会システムとして、ITS（Intelligent Transport Systems, 高度道路交通システム）の導入の推進がなされている。なかでも、走行支援道路システム（Advanced Cruise-Assist Highway Systems, AHS）は、依然としてその発生件数が増加傾向を示している交通事故の減少に大きく寄与するものと期待されている。

実効性の高い走行支援道路システム構築のためには、交通錯綜部の状況を再現・予測するシミュレータの活用が有効と考えられるが、運転者個々の意思決定を考慮し、車両挙動を詳述する必要がある。本研究ではシミュレータ構築に向けた基礎研究として車線変更挙動に着目し、その関連車両の加減速挙動のモデル化を試みる。

2. 車両挙動データの取得

本研究の対象地点は、図1に示す一般道の織り込み部であり、上流側では国道1号と国道161号とが合流し、下流側となる京都市側では、国道1号から京都市内の三条通に向かう府道143号線、名神高速道路京都東ICへのアクセス路が分岐する地点となっている。この織込み部における交通流観測ビデオより、走行車両の挙動を0.5秒単位で抽出したデータを用いて分析を行う。

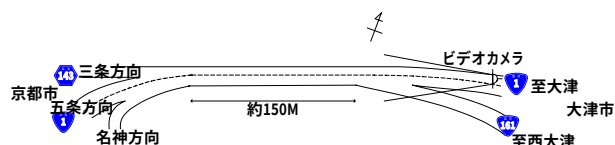


図1 ビデオ撮影地点

この織込み区間の特徴としては、交通量が多いこと、速度差が大きい密な車群同士が遭遇する機会が多いこと、目的地に応じて義務的な車線変更が必要となる車両が多数存在することが挙げられる。これらの複合的な要因があいまって、調査地点の道路区間では、車両間の交通コンフリクト（交通錯綜）が多数観測されている。

3. 加減速挙動のモデル化

3.1. モデル化対象となる加減速挙動の整理

対象区間における義務的車線変更車に起因するコンフ

リクトを、シミュレーションにより再現・予測するためには、図2の加減速挙動のうち車線変更車が行う「車線変更時加減速挙動」、および受入後方車が行う「車線変更車受入時加減速挙動」の分析・モデル化が不可欠である。

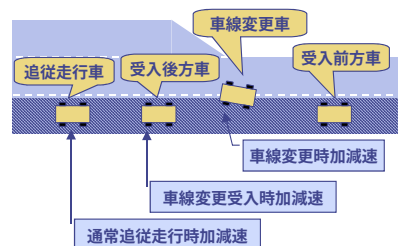


図2 モデル化対象車両挙動と関係車両呼称

3.2. 車線変更時加減速

本研究では、客観的コンフリクト指標の一つであるPICUD(Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration)を用いて車両間の潜在的衝突危険性を評価し、車線変更車と受入前方車および受入後方車との衝突危険性が高い場面を分析対象データとして抽出した¹⁾。一般的にドライバーの運転挙動は個人差が大きいためモデル化が難しいが、コンフリクトの程度が高く、運転の自由度が小さい環境では個人差の影響が相対的に小さくなると考えられる。本研究では織込み部走行車両の加減速挙動モデル化の第一段階として、衝突危険性が高い状況に着目する。

多重ファジィ推論を利用して加減速挙動のモデル化を試みる。X（車線横断）方向車間距離・受入前方 PICUD・受入後方 PICUD・受入前方車間距離・受入前方相対速度・前時刻（0.5 秒前）加速度を説明変数候補とする。この説明変数候補を対象として、加速度を特性値とした分散分析を行い、車線変更時加速度に対する変数の作用および変数間の交互作用の検証を試みた（表1）。

表1 加速度を特性値とした分散分析

要 因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値	判定
X方向車間距離 (A)	40.2	1	40.18	171.63	3.5E-23	**
受入前方PICUD (B)	268.9	2	134.44	574.21	1.7E-54	**
受入後方PICUD (C)	99.6	2	49.79	212.67	3.5E-36	**
A×B×C	57.8	4	14.44	61.69	8.0E-26	**
誤差	22.7	97	0.23			
全体	489.1	106				

**=1%有意 *5%有意

キーワード：交通安全、コンフリクト分析、加減速挙動モデル、交通流シミュレーション

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 TEL：075-753-5126

分散分析による予備的な分析を踏まえて、有意と認められた変数の組み合わせ（表2）に対して、ルールごとの加速度観測値の平均値等を参考にして試行錯誤的に「ルール構築」を行う（表3）。なお、反応遅れ時間Tは観測不可能な変数であるので、T=0.5（秒）とT=1.0（秒）の2通りを仮定している。

表2 説明変数の組合せ（車線変更時）

説明変数セット	説明変数候補	仮定反応時間(秒)
1	X方向車間距離・受入前方PICUD・受入後方PICUD	0.5
2	X方向車間距離・受入前方車間距離・受入前方相対速度	0.5
3	前時刻加速度・受入前方車間距離・受入前方相対速度	0.5
4	X方向車間距離・受入前方PICUD・受入後方PICUD	1.0
5	X方向車間距離・受入前方車間距離・受入前方相対速度	1.0
6	前時刻加速度・受入前方車間距離・受入前方相対速度	1.0

※車両間の位置関係は「車線変更車」を基準。

表3 ファジィ推論のルールの例（説明変数セット1）

X方向車間距離(A)	受入前方PICUD(B)	受入後方PICUD(C)	加速度 平均値(m/s ²)	後件部ルール
1	近い	1 危険	-1.22	2 弱い減速
1	近い	1 危険	-2.16	1 強い減速
1	近い	1 危険	-2.10	1 強い減速
1	近い	2 中立	-0.47	3 中立
1	近い	2 中立	-0.76	2 弱い減速
1	近い	2 中立	-2.16	1 強い減速
1	近い	3 安全	0.86	5 強い加速
1	近い	3 安全	1.42	4 弱い加速
1	近い	3 安全	0.47	3 中立
2	遠い	1 危険	0.31	3 中立
2	遠い	1 危険	-0.78	2 弱い減速
2	遠い	1 危険	-2.18	1 強い減速
2	遠い	2 中立	0.34	3 中立
2	遠い	2 中立	-2.00	3 中立
2	遠い	2 中立	-0.70	2 弱い減速
2	遠い	3 安全	1.01	5 強い加速
2	遠い	3 安全	1.58	4 弱い加速
2	遠い	3 安全	-0.24	3 中立

ルール構築の後に、観測加速度とファジィ推論による推定加速度との相関係数が増加するように、「メンバシップ関数のチューニング」を行う。相関係数から統計的に最適と判断されるモデルは、「(セット1) X方向車間距離・受入前方PICUD・受入後方PICUD」を説明変数とし「反応遅れ時間：0.5（秒）」とするモデルであり、加速度の推定値と観測値との相関係数は0.62であった。

表4 変数セットごとの相関係数（車線変更時）

反応遅れ時間T	変数セット	相関係数
T=0.5	セット1	0.62
	セット2	0.55
	セット3	0.55
T=1.0	セット1	0.48
	セット2	0.38
	セット3	0.39

3.3. 車線変更車受入時加減速

車線変更車受入時の受入後方車の加減速挙動をモデル化する。分析の手順は、「車線変更時加速度」と同様であり、受入後方車と車線変更車との潜在的衝突危険性が高い場面に着目する。説明変数候補の組合せを表5に示す。

表5 説明変数の組合せ（車線変更車受入時）

説明変数セット	説明変数候補	仮定反応時間(秒)
1	前時刻加速度・車線変更車車間距離・車線変更車相対速度	0.5
2	X方向車間距離・車線変更車車間距離・車線変更車相対速度	0.5
3	前時刻加速度・X方向車間距離・車線変更車PICUD	0.5
4	前時刻加速度・車線変更車車間距離・車線変更車相対速度	1.0
5	X方向車間距離・車線変更車車間距離・車線変更車相対速度	1.0
6	前時刻加速度・X方向車間距離・車線変更車PICUD	1.0

※車両間の相対関係は「受入後方車」を基準。

メンバシップ関数のチューニングプロセスを経て、統計的に最適と判断された説明変数および反応時間の組合せは、「(セット1) 前時刻加速度・車線変更車車間距離・車線変更車相対速度、反応遅れ時間：0.5（秒）」であり、その相関係数は0.53であった（表6）。

表6 変数セットごとの相関係数（車線変更車受入時）

反応遅れ時間T	変数セット	相関係数
T=0.5	セット1	0.53
	セット2	0.48
	セット3	0.52
T=1.0	セット1	0.42
	セット2	0.44
	セット3	0.46

4. 結論

本研究では一般道織込み部の車両走行挙動データを用い、ファジィ推論を活用して車線変更時および車線変更受入時の加減速挙動のモデル化を試みた。試行錯誤的なモデル構築手法ではあるが、変数選定に分散分析、ルール構築に観測データの平均値、メンバシップ関数のチューニングに相関係数を各々参考にし、推定手法の体系化を図った。今後の課題は本研究で構築した加減速挙動モデルを含むシミュレーションを構築することである。

謝辞 本研究の遂行にあたり、金沢大学高山純一先生、中山晶一郎先生より有益なご助言を多数頂戴した。記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 飯田恭敬・宇野伸宏・井坪慎二・菅沼真澄：織込み部におけるコンフリクト分析と車線変更のモデル化，第24回土木計画学研究発表会講演集，CD-ROM，2001