

一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築*

Objective Analysis of Traffic Conflict and Modeling of Vehicular Speed Adjustment at Weaving Section*

宇野伸宏**・飯田恭敬***・安原真史****・菅沼真澄*****

By Nobuhiro UNO, Yasunori IIDA, Shinji YASUHARA and Masumi SUGANUMA

1. はじめに

道路交通システムは我が国の人流・物流の多くを担っており、社会経済活動の活性化には不可欠の存在である。一方交通事故により多くの人命や財産が失われていることも厳然たる事実であり、事故原因の約8割は発見遅れや操作・判断ミス等のドライバーの人的ミスに存している。道路交通システムの安全性向上のためには、道路線形、道路案内等について一層の改善を施し、将来的には開発中の走行支援システム(AHS)等のITS技術を有効活用して、包括的な施策の適用により人的ミス自体を予防することが望まれる。そのための基礎として、道路区間の危険度を客観的・定量的に評価可能な方法論が必要となる。

上記の背景を踏まえて本研究では、1)道路利用者の感覚とも合致した、道路区間の潜在的危険度の定量的評価指標の考案、ならびに、2)錯綜部の交通流動予測のためのコンフリクトシミュレーションの開発に取り組む。1)の潜在的危険度の評価指標の考案では客観的コンフリクト指標を活用し、道路区間としての潜在的衝突危険性の評価を試みた。特に道路線形の点で自動車専用道路と比べて、より厳しい一般道路を対象に、織込み部の車線変更に起因するコンフリクトについて分析する。2)のシミュレーションの開発に向けては、多種多様な走行挙動のモデル化の必要があるが、本研究では義務的車線変更車(mandatory lane changing vehicle)の影響を被る車両(後述の受入車線後方車)の速度調整過程のモデル化を試みる。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 交通コンフリクト分析に関する既存研究

交通コンフリクト分析に関する研究は、Perkins & Harris

のTCT(Traffic Conflict Technique)の研究に端を発する¹⁾。Perkins & Harrisは、ドライバーが運転操作により事故を回避した、いわゆるニアアクシデントをコンフリクトとして記録した。この研究に続けて、Spicer²⁾、Zimmerman³⁾等が主観的なコンフリクト評価に関する研究に取り組んできた。いずれの研究に対しても、評価者によりコンフリクトの定義が異なるという、いわゆるコンフリクト評価の個人間の差異の問題が指摘されている。

一方、客観的かつ定量的なコンフリクト評価指標としては、Haywardが提唱したTTC(Time To Collision)指標が代表的である⁴⁾。TTC指標とは、例えばある車両が先行車に追従走行している時に、仮に現在の速度・進行方向を2台の車両が保った場合、追従車が先行車に追突するまでに要する時間によりコンフリクトの程度を評価する指標である。TTC指標に関しては、その定義より車間距離が接近しており追従車の速度が先行車よりわずかに速い場合に、危険性を示唆しない特性があり、利用者のコンフリクト評価と合致するか否かという点に疑問がある。

そこで、本研究では道路利用者の感覚に合致すると期待される、新たな客観的コンフリクト指標を提案する。また、コンフリクト指標は、あくまでも2台あるいはそれ以上の車両間の相互作用に基づく潜在的危険度を示した指標である。しかしながら、道路サービスの質を評価するためには、特定の車両間のコンフリクトを評価しただけでは不十分であり、道路区間としての評価が望まれる。本研究では、この点についても取り組む予定である。

(2) 錯綜部の交通挙動解析に関する既存研究

交通流錯綜部の車両走行挙動解析に関する既存研究としては、次のような研究事例を挙げることができる。喜多らは高速道路の合流部を対象にTTCを加速車線長の関数として導出し、低速合流時の潜在的事故危険度と加速車線長との関係付けを行った⁵⁾。巻上等は阪神高速道路環状線と放射路線との織込み部に着目し、航空写真ならびにビデオ画像を用いて、交通流動の解析を行い、コンフリクトの頻発する織込み区間における速度低下の原因について分析した⁶⁾。

* Keywords: 交通流, 交通安全, ITS

**正員 博士(工) 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5126, FAX: 075-753-5907)

***フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5124, FAX: 075-753-5907)

****学生員 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻

*****正員 修士(工) 国土交通省関東地方整備局

織込み部の交通シミュレーションモデルの開発に取り組んだ研究事例として、中村らの研究ならびに松本らの研究に触れておく⁷⁸⁾。中村らの研究では、車両個々の走行挙動の観測結果を踏まえて、車頭距離相対変化率という指標を用いて、その最大化により織込み部の加減速挙動のモデル化ならびにシミュレーション構築を行った。そして、織込み部からの流出交通量に基づき、モデルの再現性検証を行っている。松本らの研究では、織込み部の交通特性の多面的な分析結果を踏まえて、再現性の高いシミュレーションモデルを構築し、これを用いて織込み区間長の評価方法を開発した。

本研究は、織込み部に代表される交通錯綜部を対象とした、ミクロ交通シミュレーションモデルの開発の基礎研究に位置づけられ、主として義務的車線変更車の影響を被る受入車線後方車の加減速挙動のモデル化に取り組む。将来的に開発されるシミュレーションの特徴としては、車両間コンフリクトの頻度・程度を評価可能なシミュレーションとする点を挙げることができる。このため車間距離が非常に接近した状況にも対応可能である、受入車線後方車の加減速挙動のモデル化を試みる。

3. 車両走行挙動データの収集

(1) 調査対象地点の概要

本研究の対象地点は、国道1号（西向き）京都市山科区奈良野町付近の織込み区間である。図-1に示す通りに、当該地点では国道1号に国道161号が合流し、京都市中心部に向かう府道が直後に国道1号から分流しており、多くの交通コンフリクトが観測される。当該地点における交通流動は、図-1に示す位置に設置されたデジタルビデオカメラで記録された。調査日時は1999年5月25日（火）13時～5月26日（水）13時で、調査主体は建設省（現国土交通省）京都国道工事事務所である。そのうち5月25日15時～18時のビデオデータを分析対象とする。

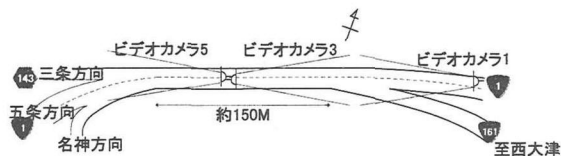


図-1 調査対象地点の概況

図-1に示すとおり国道161号から府道（三条）方向への交通は、150m弱の区間で合流・車線変更を行う必要がある。言い換えれば、この交通はドライバーが意図する目的地に向かうために、必ず車線変更を行わなければならない、いわゆる義務的車線変更(mandatory lane changing)を伴う交通とみなされ、当該区間においては、これがコンフリクトの主因の一つと考えられる。ここで調査対象

区間・日時における交通流動を概観するため、流入・流出車線別の交通量（3時間計）を表-1に示す。

表-1 流入・流出車線別交通量

			流出車線			
			国道R1		府道R143	計
			第1走行車線	第2走行車線		
流入車線	国道R1	第1走行車線	744	111	125	980
		第2走行車線	112	1797	1355	3264
		小計	856	1908	1480	4244
	国道R161		3036		410	3446
	計		5800		1890	7690

は（最低限1回の車線変更）を必要とされる車両
は（合流・最低限1回の車線変更）を必要とされる車両

1999年5月25日（火）15時～18時の3時間で、当該織込み区間を7690台の車両が通過している。いわゆる義務的車線変更を伴う交通の代表である、国道161号から流入し府道143号線に向かう交通は410台に達している。本研究では、この義務的車線変更車ならびにその直接的影響を被る受入車線後方車に着目して、図-2に示す諸量を0.5秒毎にビデオデータから抽出する。

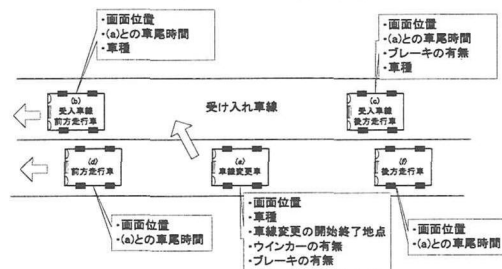


図-2 車両・車線の定義と抽出する諸量

(2) 車両走行挙動データの抽出システム

本研究ではデジタルビデオから、パソコン上で車両走行挙動データを抽出するための解析ツールを用いた。図-3は、このツールのユーザーインターフェースを示す。

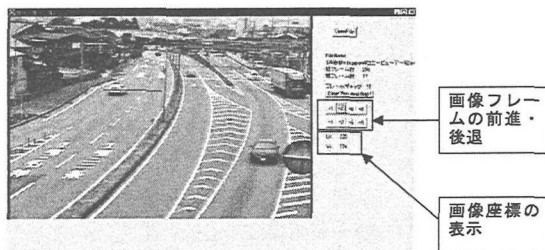


図-3 車両走行挙動データ抽出ツールの表示画面

このツールでは、ビデオデータの任意フレームを静止画像として画面上に表示可能であり、表示フレームをマウスのクリック操作により瞬時に変更可能であり、さら

に画面上の任意地点の画面座標をマウス操作により得ることができる。取得した画面座標に対して、写真測量の考え方に基づく変換式を適用することで、車両の現地座標を取得でき、速度や加速度も計算可能となる⁹⁾。なお、ある時点 t の速度は、当該時点の前後2時点までを含めた5時点(2秒間)での走行位置データを用いて、移動平均法により平滑化した形で算出した。加速度については、厳密な意味での瞬間的な加速度としてではなく、速度の変化率として計測を試みた。すなわち、2時点間の速度の差を、計測間隔の0.5秒で除して速度の変化率を求めた。

また、このツールでは画面上の任意の地点にマウスを使って線を引くことができ、この線を目印にフレーム数をカウントすることにより、最小単位1/30秒で車両間の車尾時間(車頭時間と同等の意味を持つ)も計測できる。

ここでは、図-2に示した車線変更車(a)と受入車線後方走行車(c)を例として、車尾時間の計測方法について説明する。まず、ある時点において車線変更車(a)の車尾位置に上記のマウスの機能を利用して基準線を引き、その基準線を受入車線後方走行車(c)の車尾が通過するまでの時間を画像のフレーム数をカウントして、車尾時間を計測する。これを0.5秒ごとに繰り返すことで、車線変更車(a)と受入車線後方走行車(c)の車尾時間を連続的に計測可能となる。

4. コンフリクト指標による道路区間の危険度評価

(1) 客観的コンフリクト評価指標

TTC(Time to collision)とは、もしも2台の車両がその時点での速度と進行方向を保持すると仮定した場合に、2車両の衝突までに要する時間でコンフリクトの程度を評価する指標である²⁾。ところが、TTCでは前方車両の速度が相対的に速い場合は有限な評価値としては算出できず、安定的に危険度を評価することが難しい。前方車の相対速度が多少高くても両車の距離が小さければ、前方車が急減速した時に衝突する危険性が考えられる。

このことを評価するため、本論文の著者を含む研究グループで考案した指標がPICUD(Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration, 急減速時追突危険性指標)である⁹⁾。前方車が仮に急減速を行うとした時に、後続車が反応遅れ後に急減速して、両車が停止した時の相対的な位置を表す指標である。

$$PICUD = \frac{V_1^2}{-2a} + s_0 - \left(V_2 \Delta t + \frac{V_2^2}{-2a} \right) \quad (1)$$

V_1 : 前方車の減速開始時の速度
 V_2 : 前方車の減速開始時後続車の速度
 s_0 : 前方車急減速時の車両距離

Δt : 前方車ブレーキ開始から後続車ブレーキ開始までの時間、反応遅れ時間
 a : 減速時の加速度(-3.3m/sec²と仮定)

PICUDが0以下の値を示す状況は、前方車が突然急減速することにより、後続車が同じく急減速しても衝突を回避できない可能性を示唆する。

図-4は、ある車線変更車と受入車線後方車を対象に、TTCならびにPICUDの値を推定した例を示している。この図では、ある車両が車線変更を開始してから完了するまでの挙動に着目して、TTCおよびPICUDを算出した。TTCの値は0秒近傍のコンフリクトが認められる状況から、非常に大きい値(約360秒)まで大きく変動している。この変動は車線変更車と受入車線後方車の相対速度の変動が引き起こしたものであり、相対速度が0に近づけばTTCの定義より、その値は非常に大きな値を示すためと考えられる。一方、PICUDはこの間常に0以下の値を示しており、潜在的追突危険性の高さを示唆している。

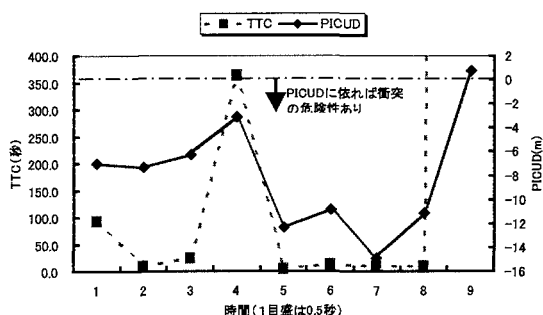


図-4 TTCとPICUDの算出例

(2) 道路区間としての危険度評価

本来、TTC、PICUDは連続する2台の車両を一組として、車両ペアに関する潜在的追突危険性を車両の位置、速度から推定する指標である。ここではTTC、PICUDを活用して、ある道路区間を単位とした定量的な危険度評価手法について検討する。

ここでは車線変更車(a)と、受入車線前方走行車(b)ならびに受入車線後方走行車(c)の間での時々刻々のTTC・PICUDを計算し、各車線変更車について、その最小値(最も危険な値)を抽出する。そして、車線変更車全てについて、このTTC・PICUDの最小値を累積頻度分布としてとりまとめる。本研究では、画像データを収集したのが3(1)で述べた国道1号・161号および府道143号線から成る織込み部のみであるため、道路区間ごとの潜在的追突危険性の差異を、ここで示した考え方で評価する代わりに、車両挙動データを抽出した15:00~18:00を15分ごとに分け、そのうちの6時間帯についての最小TTC頻度分布図(図-5)、最小PICUD頻度分布図(図-6)を作成し

た。この累積頻度分布図に基づき、ある基準値を下回る車両ペアの割合の比較により、道路区間として時間帯毎の相対的な危険度評価が可能と考えられる。

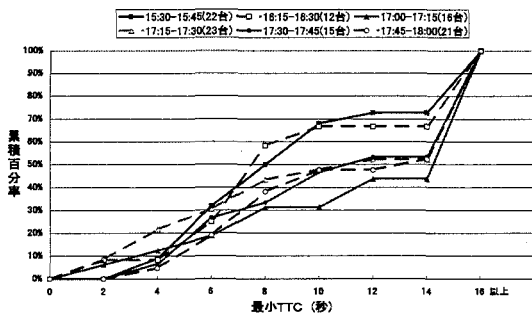


図-5 最小 TTC の累積頻度分布

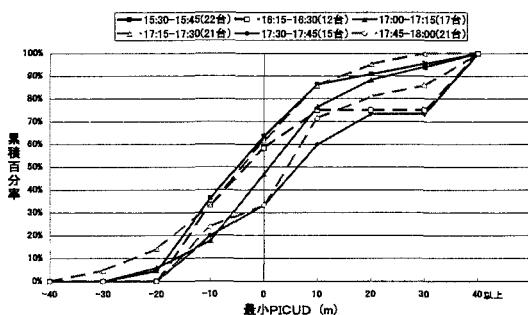


図-6 最小 PICUD の累積頻度分布

(3) PICUD が評価するコンフリクトの特性

表-2 は、TTC ならびに PICUD がある基準値以下となる割合で、潜在的な危険性を時間帯別に評価した結果を示す。人間の反応時間を考慮し TTC については 2 秒以下、ならびに安全側の評価として 4 秒以下となる累積百分率の順で評価した。PICUD については 0m 以下となる割合で評価するが、反応時間については 1 秒と 2 秒の 2 種類の評価を示す。反応時間 2 秒と仮定すると、最も潜在的危険度が高い (1 位) と判定される時間帯は、TTC・PICUD ともに 17:30～17:45 となる。相対的に危険度の低い時間帯についても、TTC・PICUD の評価は概ね一致しているが、その間に位置する状況については評価がばらつく。例えば 15:30～15:45 は PICUD では危険度 2 位と判定されるが、TTC では 4 位 (最も危険度が低い) となる。

表-2 TTC と PICUD による潜在的危険性の順位

		TTC		PICUD	
		2秒以下	4秒以下	反応時間1秒	反応時間2秒
時間帯	15:30～15:45	4位	3位	1位	2位
	16:15～16:30	2位	4位	3位	4位
	17:00～17:15	3位	2位	4位	3位
	17:15～17:30	1位	1位	2位	1位
	17:30～17:45	4位	5位	5位	6位
	17:45～18:00	4位	6位	5位	5位

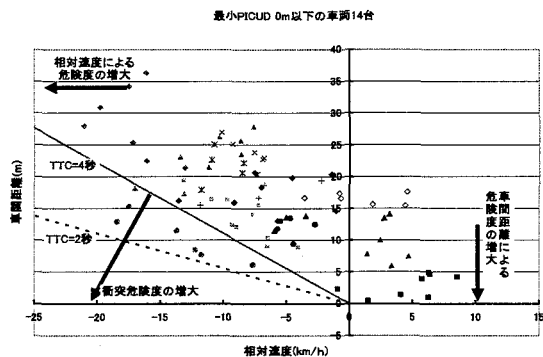


図-7 相対速度と車間距離の分布 (15:30～15:45)

図-7 は 15:30～15:45 で最小 PICUD が 0m 以下 (前方車急減速時に後続車が衝突を回避できない可能性大) となる車両を抽出し、各タイムステップでの相対速度と車間距離の関係を示している。(図中の点種は、車両毎に異なるものとした。) 原点を通る右下がりの点線と実線は、各々 TTC が 2 秒と 4 秒を表す。TTC=4 秒を示す実線と TTC=2 秒を示す点線で挟まれた領域に、いくつかの点が存在している。これらの点が表す相対速度と車間距離の関係は、PICUD で判断すると潜在的危険度が高く、なおかつ TTC で評価しても相対的に衝突の危険度が高い走行状態を示すものである。

図-7 より、TTC のみで判断すると潜在的な衝突危険性が認められる車両は多くはないが、一方では相対速度が正でも車間距離が非常に小さい車両が存在することも分かる。例えば、相対速度は正であるが、車間距離が 10m を切るような走行挙動が複数観測されている。これについては潜在的な衝突危険性は低くはないと考えられる。また道路利用者の感覚から考えても、非常にコンフリクトを実感せざるを得ない走行状況の一種と考えられる。言い換えれば、客観的なコンフリクト評価の際に、TTC に加えて PICUD を適用することで、TTC では評価し難い潜在的危険性の存在も示唆できると考えられる。

(4) マクロ交通指標とコンフリクト指標

ここでは交通量や大型車混入率等のいわゆるマクロ交通指標と、本研究で示したコンフリクト指標との関連性について検討する。図-8 は流入路線別・時間帯別の交通量である。図-9 は時間帯別の交通量と大型交通量の内訳を示す。図中[]内の数値は、前述の PICUD による危険度判定順位を表す。図-8 より単純に交通量の総量と危険度の順位を関連づけることは難しいと言える。また国道 1 号からの流入交通量の割合が高い場合に、相対的に危険度が高まる様にも見受けられるが、この段階で断定的なことを言うことはできない。また図-9 に基づき大型車混入率と PICUD による潜在的危険度の順位との関連性も調

べたが、確たる関係を見出すことはできなかった。

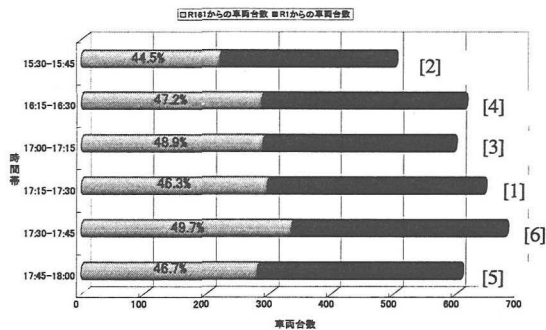


図-8 時間帯ごとの車線別交通量と危険度順位

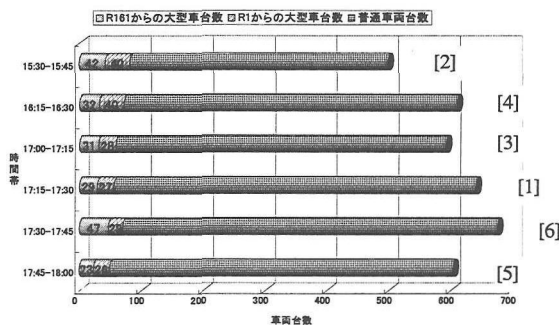


図-9 時間帯別大型車交通量と危険度順位

このような分析を試みることの動機について少し触れておきたい。デジタルビデオ等の普及やコンピュータの高性能化の進展により、本研究で提示している画像データからミクロレベルの交通流動を把握し、客観的コンフリクト分析等を実施することは、従来と比較すると容易になってきた。しかしながら、本研究で提案している手法を多様な道路区間の多数の箇所に応用することは、必ずしも実用的であるとは言いがたい。従来から検知器などにより収集されている車種別の交通量データや走行速度などのマクロ指標を用いて、交通安全上何らかの問題があると予測される箇所を予備的に抽出した上で、その抽出箇所に対して、詳細分析をするというのが当面は現実的な方法と考え、このような分析を試みた次第である。本研究での分析では、調査対象箇所が1ヶ所に限定されており、画像データからの抽出サンプル数も十分とは言えないので、現時点では断定的なことを示すことは差し控えたいが、道路特性の異なる調査箇所を増加させてマクロ交通指標とコンフリクトとの関係についてさらに分析を試みたい。

5. 速度調整のモデル化

(1) 速度調整モデルに関する既存の研究

前方車との相対的な位置関係や速度に基づき車両の挙

動を説明するモデルとしては、GMモデル¹⁰⁾¹¹⁾や米谷・佐佐木モデル¹²⁾などが代表的である。この種のモデルは、刺激-反応系のモデルであり、一般的には前方車との相対速度を刺激として、加速度を反応として出力する構造となっている。長年にわたる関連研究の蓄積もあり、各種の実証的な分析ならびに数学モデルとしての解析的な分析の成果も多数存在している。

一方、GMモデルに代表される追従モデルに対しては、主として現象分析・記述の観点から、次のような問題点も指摘されている¹³⁾¹⁴⁾。1)GMモデル等の追従モデルでは、実環境においてドライバーが無視すると考えられる微小な相対速度の変化に対しても、出力としての加速度が算出される構造となっている。2)相対速度が増加する場合でも減少する場合でも、GMモデルに代表される追従モデルでは、加減速度の絶対値が同じ値として出力される。実際の運転環境においては、ドライバーは車間距離が縮まるような相対速度の変化をより重視し、より敏感に反応し減速挙動に移る可能性が高いと考えられる。3)希望車間距離を維持するためには、仮にある瞬間における相対速度がゼロであっても、追従車両が前方車に接近したり、逆に距離を開けたりする挙動をとる場合があるが、GMモデルに代表される追従モデルでは、これらの点がうまく反映できない。

とりわけ、一般道路織込み部のように、車間距離が小さく、車両間の速度差も大きい状況では、相対速度の増減に対する車両反応(加減速度)の非対称性が、車両挙動の分析・モデル化の上で重要な要素となる。そこで、本研究ではファジィ推論を活用した、速度調節モデルの可能性について検討する。織込み部への適用ではないが、追従モデルの構築にファジィ推論を適用した研究例も多数存在している(例えば参考文献14)、15))。全般的に、GMモデル等に代表される数式で記述した追従モデルと比較しても、モデルの性能は遜色なく、上記1)~3)の問題点にも対処可能であるため、現象の説明力は高まる傾向にあると言える。

(2) モデル化の考え方

ここでは受入車線後方走行車(c)(図-2を参照のこと)の加減速挙動(速度調整過程)のモデル化を試みる。5(1)で議論を踏まえて、ファジィ推論を適用して速度調整モデルの構築を試みる。また、加減速挙動に対する影響要因としては、一般的に前車との相対速度や車間距離等が考えられるが、ドライバーはこの種の変数を基本的に言語的(linguistic)に認識する(たとえば、相対速度が非常に大きい等)と考えられるため、この点からもファジィ推論の適用は妥当とも考えられる。

加減速挙動モデルの変数として、車線変更車との相対速度・車間距離に加えて、前タイムステップからの加速

度の差を用いる。相対速度・車間距離の計測時点を t 秒とすると、被説明変数である加速度は $t+0.5$ 秒時点、説明変数の加速度の差は $t-0.5$ 秒と t 時点の差を各々対象とする。加速度の差を説明変数に加えたのは、相対速度・車間距離が同じであっても、潜在的な衝突危険度がより高まる場合と緩和傾向にある場合では、受入車線後方走行車(c)の対応が異なるという点をモデルに反映させるためである。換言すれば、速度調整モデルの再現性を高めるためには、走行挙動におけるある種の慣性（前時点が加速であれば継続して加速の可能性が高く、減速であれば減速の可能性が高い）の影響を加味する必要があると考えられる。図-10に、構築するモデルの被説明変数・説明変数間の時間的な関係を示しておく。

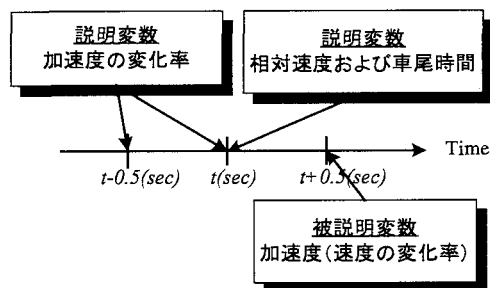


図-10 変数間の時間的な関係

加減速挙動に関しては、各ドライバーが直面する状況や個人の運転特性が影響を及ぼすと考えられる。これを単一のモデル（ファジィ推論の場合は、メンバーシップ関数と推論ルール集合）で表現することには限界がある

と考えられる。ここではコンフリクト指標（TTC および PICUD）を用いて、図-11に示すようにドライバーが直面している走行環境を大きく4つに分類する。

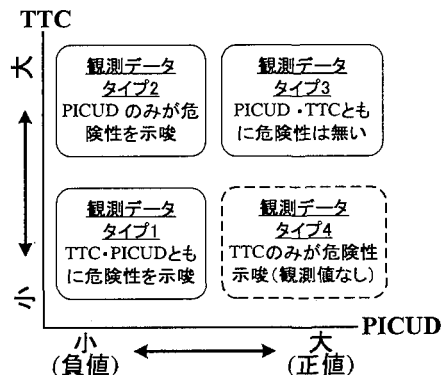


図-11 コンフリクト指標による観測データの分類

この4分類中、本研究では、1)TTC、PICUDともに危険判定されるケース（観測データタイプ1）、2)PICUDのみ危険判定されるケース（観測データタイプ2）に着目し、モデル化を試みる。これによりドライバーが直面する状況の点で比較的類似したサンプルを集めることができ、モデルの再現性向上に資する可能性が考えられる。

(3) 構築されたモデルと現象説明力

前記の説明変数を用いて、「If ..., then ...」形式のルールにまとめた結果を表-3に示す。ここでは、TTC、PICUDともに危険判定されるケースについて説明する。説明変

表-3 速度調節モデルの推論ルール（観測データタイプ1）

Rule No.	前件部の変数(説明変数)			結論
	相対速度	車尾時間	加速度の変化	加速度
1	ほぼ0	大	---	正值で大
2	ほぼ0	中	---	正值で小
3	ほぼ0	小	正	正值で小
4	ほぼ0	小	ほぼ0	負値で小
5	ほぼ0	小	負	負値で中
6	負値で小	大	---	正值で小
7	負値で小	中	---	正值で小
8	負値で小	小	正	正值で小
9	負値で小	小	ほぼ0	負値で小
10	負値で小	小	負	負値で中
11	負値で中	大	---	正值で小
12	負値で中	中	---	負値で小
13	負値で中	小	正	正值で小
14	負値で中	小	ほぼ0	負値で小
15	負値で中	小	負	負値で中
16	負値で大	大	---	正值で小
17	負値で大	中	正	正值で小
18	負値で大	中	ほぼ0	負値で小
19	負値で大	中	負	負値で中
20	負値で大	小	---	負値で大

数の各カテゴリーへの帰属度は、三角形メンバーシップ関数により表現した。また、加速度の推定には、ファジィ推論における結論の導出に一般に広く利用されるミニ・マックス重心法を用いた。なお、表-3の「加速度の変化」の欄の“—”という記号は、説明変数として加速度の変化を用いていないことを示す。

図-12 はファジィ推論による加速度の推定値と観測値の相関を示している。推定値と観測値の相関係数は 0.71 で、モデルの説明力は比較的高い。観測データタイプ 1, すなわち, TTC, PICUD とともに危険な場合については、走行の自由度がかなり制限された状況と見なすことができる。そのため、受入後方車(c)の意思決定メカニズムも類似のものとなる可能性が高いと考えられ、その結果、ここで構築したファジィ推論利用の速度調整モデルの説明力が比較的高くなったものと推察できる。

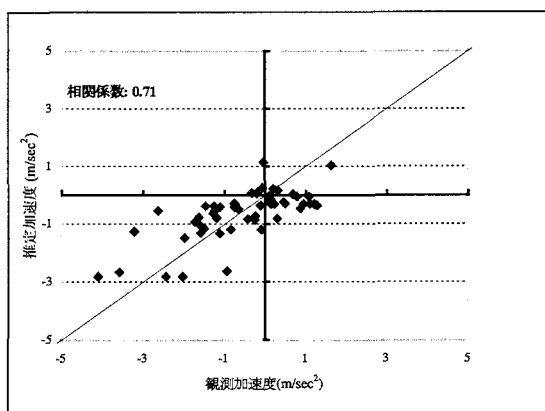


図-12 ファジィ推論結果と観測結果の散布図(タイプ1)

詳細な説明は省くが、PICUD のみ危険判定されるケース (観測データタイプ 2) では、加減速挙動モデルの説明力を十分に得ることができなかった。このケースに関する、ファジィ推論による加速度の推定値と観測値の相関関係を図-13 に示す。

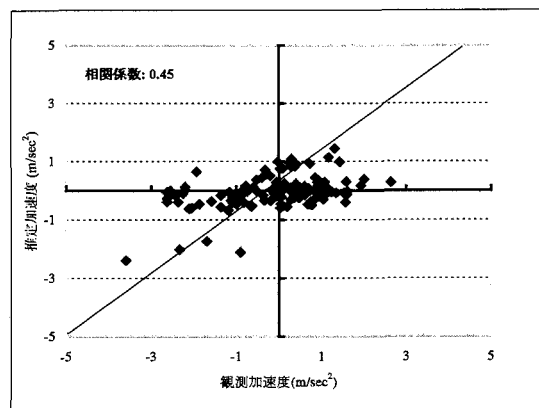


図-13 ファジィ推論結果と観測結果の散布図(タイプ2)

PICUD のみが危険と判定する走行場面は、前出の図-7 にも示したように、多種多様な状況が混在しているといえる。例えば相対速度は正值であるが、車間距離の非常に短いケースがある一方で、車間距離は非常に大きいが、相対速度が負で絶対値が大きいゆえに潜在的追突危険性が認められるケースもある。このため、ドライバーの判断にも多様性が存在しており、1組のルールセットでは十分な現象の説明ができなかったものと推測される。

6. まとめ

本研究は、次の2つのテーマから構成されている。1) 道路利用者の感覚とも合致した道路区間の潜在的危険度評価指標を、客観的コンフリクト分析の考え方を利用して考案した。2) 錯綜部の交通流動予測のためのコンフリクトシミュレーションの開発に向け、ファジィ推論を利用した受入車線後方走行車の速度調整モデルの構築を試みた。本研究では、とりわけ織込み区間における義務的車線変更車の影響を受ける、受入車線後方に着目した。分析のために利用したデータは、一般道織込み部の交通流動を記録したビデオより、写真測量の考え方等を応用して抽出した個別車両の走行挙動データである。この走行挙動データの抽出には、PC ベースのツールを用いた。本研究の成果として得られた基礎的な知見を以下に示す。

- 1) 客観的なコンフリクト評価では、直接的な衝突危険性を表す TTC を一次的な判断基準として、潜在的な危険性を表す PICUD を二次的な判断基準として、危険性の総合評価を試みる事が望まれる。とりわけ、道路利用者の感覚を考慮すると、前方車との速度差が小さい状況でも、車間距離が短い場合にはコンフリクト有りとすることが妥当と考えられる。PICUD は、このような走行状況も考慮可能なコンフリクト指標と考えられる。
- 2) 加減速挙動モデルの説明力から判断すると、TTC・PICUD により潜在的危険度が高いと判定された状況では、ドライバーの速度調整に関する意思決定が類似している可能性が考えられる。

今後の研究課題として、次の3課題を提示しておく。

- a) サンプル数を増強した上で、客観的コンフリクト分析指標を利用した道路区間の潜在的危険度評価指標とマクロ交通指標との関係性について再度詳細に分析する。
- b) PICUD のみが危険と判定された速度調整モデルの再現性向上をはかるため、説明変数の見直しおよびデータセグメンテーションの変更を試みる。
- c) 車線変更車や受入車線前方車の速度調整モデルや車線変更ギャップ選択モデルの構築を進め、コンフリクトシミュレーションへと発展させることが必要と考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、土木計画学研究委員会・道路利用の効率化及び環境負荷削減のための ITS 研究小委員会より多大なるご支援をいただいた。ビデオデータの利用では、国土交通省京都国道工事事務所ならびに機修成建設コンサルタントのご協力を得た。また、金沢大学高山純一教授より有益な助言を多数頂戴した。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) Perkins, S.R., & Harris, J.L.: Traffic conflict characteristics-accident potential at intersections, Highway Research Record, No. 225, pp.35-44, 1968.
- 2) Spicer B.R.: A pilot study of traffic conflicts at a rural dual carriageway intersection, RRL report, LR 410, 1971.
- 3) Zimmerman, G, Zimolong B., Erke H.: The development of the traffic conflicts technique in the Federal Republic of Germany, Proceedings of 1st Workshop on Traffic Conflicts, Oslo, 1977.
- 4) Hayward, J.C.: Near-miss determination through use of a scale of danger. Highway Research Record, No. 384, pp. 24-34, 1972.
- 5) 喜多秀行・久保薫寛：低速合流時の合流挙動と潜在事故危険度に関する一考察，第 12 回交通工学研究会発表論文集，pp.81-84, 1992.
- 6) 巻上安爾・豊田建・松尾武：阪神高速道路における織込み区間の交通実態と交通流解析，土木学会論文集，No.440/IV-16, pp.41-50, 1992.
- 7) 中村英樹・桑原雅夫・越正毅：織り込み区間の交通容量シ

ミュレーションモデル，土木学会論文集 No.440/IV-16, pp.51-59, 1992.

- 8) 松本健二郎・高橋秀喜・井上淳一・辻光弘：織り込み区間長評価のための交通シミュレーションモデルの開発，土木学会論文集 No. 440/IV-16, pp.61-69, 1992.
- 9) 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
- 10) Herman, R., Montroll, E. W., Potts, R. B., & Rothery, R. W.: "Traffic dynamics: analysis of stability in car following", Operation Research, Vol. 7, pp. 86-106, 1959.
- 11) Gazis, D. C., Herman, R. & Potts, R. B.: "Car following theory of steady state traffic flow", Operations Research, 7, pp. 499-505, 1959.
- 12) Kometani, E. & Sasaki, T.: "On the stability of traffic flow", Journal of Operations Research Japan, 2, 11-26, 1958.
- 13) Brackstone, M. & McDonald, M.: "Car-following: a historical review", Transportation Research, F, Vol.2, pp. 181-196, 1999.
- 14) Chakroborty, P. & S. Kikuchi: Evaluation of the General Motors based car-following models and a proposed fuzzy inference model, Transportation Research Part C, Vol.7. pp.209-235, 1999.
- 15) 大口敬・越正毅・桑原雅夫・赤羽弘和：ファジィ推論を用いた車両の追従挙動モデル，土木計画学研究・講演集，No.13, pp.221-228, 1990.

一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築

宇野伸宏・飯田恭敬・安原真史・菅沼真澄

本研究では ITS 技術利用も含めた包括的な道路交通安全施策の評価を念頭に置き、画像データより抽出した車両走行挙動データを利用しつ、1)道路区間の潜在的追突危険度の定量的評価指標の考案、2)錯綜部の交通流動予測のためのコンフリクトシミュレーションの開発に取り組む。1)では客観的コンフリクト指標を活用し、一般道織込み部を対象に道路区間としての潜在的追突危険性の評価を試みた。2)ではシミュレーション構築の基礎研究として、ファジィ推論を利用し、車線変更車の影響を被る受入車線後方車の速度調整モデルの構築を試み、コンフリクトの程度が高い状況ではモデルの現象再現性が高まることを確認した。

Objective Analysis of Traffic Conflict and Modeling of Vehicular Speed Adjustment at Weaving Section

By Nobuhiro UNO, Yasunori IIDA, Shinji YASUHARA and Masumi SUGANUMA

In order to make effective plans of comprehensive traffic safety measures including the application of ITS technology, it is important to evaluate objectively the risk of traffic accidents for road sections. The microscopic data on vehicular movements required for the analysis are extracted from video data using the image processing technique. Especially, the objective indices to evaluate traffic conflicts are used for the analysis of the risk of vehicle collision at a weaving section. As an initial stage for developing a microscopic traffic simulation, this study analyzes the speed adjustment processes of the vehicles in the lane-changing situation.