

ドライバの危険判断推定のためのハザードの依存関係分析

加藤 理人*¹ 河野 恭之*¹ 木戸出 正継*¹

Analysis of hazard dependency for a driver's danger judgment model

Masato Katoh,*¹ Yasuyuki Kono*¹ and Masatsugu Kidode*¹

Abstract – This paper presents an analysis of hazard dependency, by which a judgment model can be deduced for a driver. While a variety of hazardous conditions are reported in automobile accidents, little studies have been done to model a certain set of judgment rules with those hazard data. We have tried to analyze a set of hazardous scenes with an AI tool, which enables to make the decision tree and classify the relations between hazards based on risk. The image of traffic situation in the cross, which was used in the analysis test, was collected from the image under running of the car in daily life by a hand work. Analysis test was conducted in which a driver participated and in which 150 traffic situations in the cross were used. As results, experimental analysis has shown some rules can be effectively found. The hazard dependency was explored based on these rules. And we examined hazard dependency by the gain ratio. Availabilities of the hazard dependency are discussed.

Keywords : hazard dependency, danger judgment, personalized model, gain ratio, decision tree

1. はじめに

ドライバが自動車を安全に走行させるためには、ドライバの運転技術、危険判断（危険となる要素を適切に判断する）能力等が重要となる。しかしながら、自動車事故の多くはドライバの誤った危険判断（思い込み等）が原因となっている^[1]。故に、ITS分野において危険警告（誤った危険判断に対する警告）による危険判断能力向上が重要な課題となっている。

危険警告を行う際は、危険度（事故の発生する可能性）の基準を定め、基準を超えた全ての対象物に対して警告を行えばよいというものではない。なぜなら、各ドライバは運転技術もさることながら、危険判断に関しても異なった能力を持っているからである。より安全で快適な交通社会を実現させるためには、各ドライバの危険判断能力を推定し、各ドライバに適した危険警告が必要になると考えている。

これまで、個人のドライバに特化した危険判断の推定に関する研究がいくつか行われてきた。國分による先行研究^[2]では、被験者と運転指導員の危険判断の差を欠落という形で表現し、個々のハザード（事故の可能性を高める対象や道路環境等）に対する各ドライバの危険判断を推定をしている。これは、ドライバ教育の観点から一定な精度が得られている。しかしながら実際の運転では、ドライバは時々刻々と変化する交

通状況の中で、複数のハザードを総合的に判断し、危険判断していると我々は考えている。すなわち、ある場面にある複数のハザードが相互に関連してその場面の危険度が判断されていると考えられる。

本研究はドライバの危険判断を精度よく推定するため、ハザードの依存関係分析を目的とする。本研究で対象とする走行場面はハザードの存在している交差点及びその付近に限定した。交通事故の中で最も危険であると考えられる交通死亡事故の発生状況^[3]を図1、図2に示す。データより、交通事故の多くが交差点及びその付近で発生していることが見て取れる。また、ハザードの依存関係分析を行うにあたって、対象とする走行場面にはハザードの存在が不可欠である。

今回ハザードの依存関係を分析するにあたって、様々な走行場面のビデオを被験者に提示し、各被験者が各場面に危険性の評価値を記述する危険判断実験を実施した。本稿ではハザードの依存関係分析までの内容を以下のような順序で説明を行う。第2章では危険判断実験に使用した危険判断推定データの収集について説明を行う。第3章ではハザードの依存関係分析を行うための危険判断実験について説明を行う。第4章では危険判断実験より得られたデータからハザードの依存関係分析について説明を行う。

2. 危険判断推定データの収集

2.1 走行場面の撮影条件

危険判断実験に使用する走行場面映像の撮影を行った。撮影条件を表1に示す。撮影状況は、危険判断実

*1: 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

*1: Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

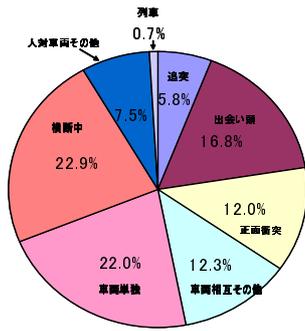


図1 平成15年度交通死亡事故発生状況
Fig.1 FatalTraffic accident situation of the occurrence in 2003.

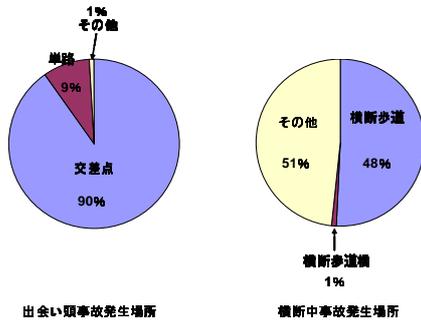


図2 平成15年度種類別交通事故発生状況
Fig.2 Traffic accident situation of the occurrence according to its place in 2003.

表1 撮影条件
Table 1 Camera condition.

撮影条件	
撮影者	1名(男性, 38歳)
天候	晴天, 曇天
時間帯	日中
撮影期間	約2ヶ月
総撮影時間	2650分
撮影走行コース設定なし(日常生活で走行している映像を撮影)	

験を行う際に、被験者に対して実際の運転時と同じような映像を提示するため、自動車のルームミラー上部にカメラを取り付け、フロントから見える映像の撮影を行った。図2にカメラの設置状況を示す。撮影に用いた装置は以下を使用した。

カメラレンズ：Canon 固定焦点レンズ PHF3.5 1.6
画角(水平×垂直)：84.9°×68.9°
カメラヘッド：ELMO C マウントマイクロ
カラーカメラ CN42H

2.2 走行場面の設定

走行中の映像から、本研究で対象とする交差点及びその付近の映像を後日、手作業により選択した。選択基準は対象物の存在する交差点及びその付近である。これは、本研究ではハザードの依存関係を分析するためである。また、同一交差点での類似映像は代表的な交差点えお選択した。これは、日常生活において撮影者が走行する場面は、同一の場面が多く、類似した映



図3 カメラ設置図
Fig.3 Camera installation.

像が多数選択されてしまうことを防ぐためである。

これらの条件により選択された交差点及びその付近の映像は延べ488場面であった。

3. 危険判断実験

3.1 ハザードの属性・属性値の設定

ハザードの依存関係分析を行うにあたってハザードの持つ属性、属性値を適切に設定しなければならない。そこで、本研究では、先行研究^[2]において、危険判断の傾向が推定でき、属性、属性値が適度な数であると考え、この属性、属性値を基本にドライバーの意見や走行場面の選択時に感じた要素などを踏まえて本研究で用いる属性、属性値と定義した。

本研究では属性を道路形状、自車行動、自車速度、対象物、対象物方向、対象物距離、対象物行動、対象物移動方向と定義した。ここで先行研究と違う項目についての理由を説明する。先行研究には周辺環境(市街地、住宅街等)という項目が設定されていたが、本研究では属性から周辺環境を削除した。これは、本研究では道路形状を交差点及びその付近に限定しているため、周辺環境という情報が交差点及びその付近での危険判断に影響しないと考えたからである。また、本研究では対象物移動方向を新たに属性に付け加えた。これは、対象物の行動とは別に、対象物の移動方向が危険判断に影響すると考えたからである。1例を挙げると、交差点を自車が直進している時、自車の進行方向に対して右方向から交差点に進入してきた自動車、左折しようとしている状況と、左方向から交差点に進入してきた自動車、左折しようとしている状況である。

道路形状に関しては交差点及びその付近に限定したが、交差点が大きく影響するものとして信号の有無及び見通しの良し悪しが必要であると考え、属性値に付け加えた。また、自車行動に関しては自車が動いている状態が静止状況に比べ、事故の可能性が高いと考えた。故に、自車行動の属性値は交差点及びその付近での自動車の主な行動である直進、右折、左折とした。対象物方向に関しては、前述したように出会い頭や歩行者の横断中が多いことから後方は削除した。対象物距離に関しては撮影した映像やドライバーの意見からす

表 2 ハザードの属性，属性値
Table 2 Attributes and their values of hazard.

属性	属性値							
	信号機・見通し良 交差点	01 56	信号機・見通し 悪交差点	14 11	信号機・見通し 良交差点	68 65	信号機・見通し 悪交差点	4 4
道路形状	直進	85	右折	29	左折	38		
自転車行動	直進	78		25		31		
自転車速度	速い	35	普通	109	遅い	6		
		30		98		6		
対象物	自動車	354	バイク	48	自転車	42	歩行者	92
		344		36		41		61
対象物方向	前方	302	左	117	右	88		
		284		112		88		
対象物距離	速い	16	少し速い	115	近い	282	ずれずれ	94
		15		112		274		92
対象物行動	直進	254	右折	98	左折	48	停止(腳踏倉む)	107
		244		88		47		105
対象物移動方向	(自転車の進行 方向と)同一	200	逆	183	右→左	35	左→右	89
		114		179		34		85



図 4 危険判断実験に使用した映像例

Fig.4 Example of image used for danger judgment experiment.

れずれ，近い，少し速い，速いの4段階とした．以上のようなことを踏まえて定義したハザードの属性，属性値を表2に示す．

3.2 実験条件，方法

前述したように，ドライバが危険判断を行う際，ドライバは時々刻々と変化する交通状況の中で，複数のハザードを総合的に判断して危険判断を行っており，ハザード間には依存関係が存在していると我々は考えている．そこで，ハザードの依存関係を分析するために危険判断実験を行った．

実験条件は以下の通りである．被験者は1名(男性：23歳，年間走行距離：約16,000 km)，実験に使用した走行映像は2.2で抽出した488場面から無作為に選択した150場面を使用した．実験に使用した映像中に登場するハザードの属性値の出現回数を表2に余せて示してある．本実験を行う際，長時間連続で行うと評価値にばらつきが生じる恐れがあると考え，今回は1回の実験で10場面(約15分程度)とし，実験間に約1時間程度の休憩時間を設けた．

実験方法は選択を行った交差点の映像を被験者に提示し，危険判断を行わせた．被験者に提示した映像の1例を図4に示す．危険判断の方法は，映像中に出てくる各対象物に対して前述したハザードの属性，属性値の評価を行ってもらい，また，各対象物の危険度(自転車と事故の起こる可能性)とすべての対象物を総合評価した危険度を0~9(0:事故の可能性0%，9:事故の可能性90%)の10段階で評価を行ってもらった．道路形状(見通しの良し悪し)，自転車速度，対象物方向，対象物距離に関してはすべて被験者の主観的評価を記入させた．なお，対象物距離に関しては時間経過に伴い，対向車(対象物移動方向が逆)等は距離が変化するので，この項目に関しては被験者の判断で対象物距離を評価する基準点(位置)を設定してもらい，この点からの各対象物までの距離を評価してもらった．今回行った危険判断実験から得られた評価の例を表3に示す．

表 3 危険判断実験の評価例

Table 3 Example of evaluating danger judgment.

道路形状	信号機・見通し良交差点	01 56	信号機・見通し悪交差点	14 11	信号機・見通し良交差点	68 65	信号機・見通し悪交差点	4 4
		直進						
自転車行動	直進							
	右折							
自転車速度	速い							
	普通							
	遅い							
対象物	自動車							
	バイク							
	自転車							
対象物方向	前方							
	左							
	右							
対象物距離	速い							
	少し速い							
	近い							
	ずれずれ							
対象物行動	直進							
	右折							
(自転車・バイク)	停止(腳踏倉む)							
対象物移動方向	(自転車の進行方向と)同一							
	逆							
	右→左							
	左→右							
危険度		1	2	4	4			
総合危険度		3						

4. ハザード依存関係の分析

4.1 危険判断実験データの処理

ハザードの依存関係分析を行うにあたり，実験に使用した150場面は対象物が1つの映像を除いた135場面とした．

ハザードの依存関係分析に用いる危険判断実験で得られたデータには，被験者が危険度を評価していない対象物が存在している．これは，被験者が対象物を見落とした，もしくはその場面において危険ではないと判断したものと推測できる．被験者が危険度を評価を行わなかった映像中に映し出されている対象物に対しては，その場面の他のハザードの評価値より属性値を類推して，属性値と危険度0を与えた．これは，ハザードの依存関係分析を行うにあたって，被験者が見落としがちなハザードの関係を見出すために必要だからである．このようにして，映像中に映し出されている対象物全てに対する属性値，危険度と，その映像場面における総合危険度を得ることができた．被験者が評価した属性値の登場回数を表1に余せて示してあ

る。上段の値は150場面中での回数で、下段の値は対象物が1つのものを除いた135場面中の回数である。

4.2 分析手法

ハザードの依存関係分析を行うために、危険判断実験より得られたデータからC4.5^[4]を用い決定木を作成した。C4.5はデータから事例を分類する決定木を学習する学習システムである。危険判断実験から得られたデータよりC4.5を用いて学習させることにより、決定木を獲得し、その結果からハザードの依存関係について考察する。

学習方法は、1つの場面における自転車に関する属性値と、2つの対象物の属性値及び危険度と、総合危険度を用いて学習させた。映像場面中において最も危険度の高い対象物をmain hazardとして選択し、他の各対象物(target hazard)との全組み合わせを作り、生成された決定木を手で分析した。なお、いくつかの場面においては最も高い危険度がつけられている対象物が複数存在している。このような場面では、最も高い危険度がつけられた対象物をそれぞれmain hazardとする組み合わせを作った。このときmain hazardではない最も高い危険度をつけられた対象物はすべてtarget hazardとした。今回の学習で使用するデータは、クラスを総合危険度、属性を自転車に関する属性値と各対象物の属性値及び危険度とした。

4.3 分析結果

学習より得られた決定木より、依存関係が存在していると思われるハザードをいくつか発見することができた。その例は自転車速度と道路形状である。すなわち今回得られた決定木で、自転車速度の属性値によって枝が分割されており、かつその大部分で、自転車速度の属性値のノードの直下に道路形状属性が数多く存在していた。このような特性を持つハザードの組み合わせを依存関係を持つハザードの候補として抽出した。更に、C4.5において事例の分割基準に使われている情報利得比^[4]を用いて依存関係を検証した。

利得比は、分割によって得られる情報量のうち、有益な部分、すなわち、クラス分類に役立つ部分の割合を示す。今回の評価では、ハザードの依存関係を定量的に評価するために、上で候補として抽出したハザード間の従属利得比を算出した。従属利得比の値が大きければ、被験者の危険判断においてこれらのハザードの関係が大きい、すなわち、ハザードの依存関係が存在していると考えられる。表4に示すように、自転車速度に対する道路形状の従属利得比は他のハザードと比較して明らかに大きい。よって、この2つのハザードには依存関係が存在していると考えられる。

表4 利得比の評価
Table 4 Evaluation of gain ratio.

A	B	gain ratio _{A(B)}
自転車速度	道路形状	1.51
自転車速度	main hazard移動方向	0.57
自転車速度	(main hazard)種類	0.55
自転車速度	main hazard行動	0.88
自転車速度	main hazard距離	0.94

5. まとめ

本論文ではドライバの危険判断を推定するためのハザードの依存関係について分析を行った。

自動車の走行中の映像を撮影し、交通死亡事故が発生しやすいと考えられる交差点及びその付近の映像を選択した。その映像を用いて危険判断実験を行った。危険判断実験より得られたデータからハザードの依存関係分析を行った。その結果、ハザードの依存関係と思われるデータを発見した。これらハザードに対して、依存関係の有無を定量的に評価するために利得比を用いて検証した。今回の分析により得られた依存関係はまだ1つであり、十分なものとはいえない。その原因としていくつかの要素が考えられる。1つは属性、属性値の設定である。今回、危険判断実験を行ったが、被験者より、道路の幅や自動車の種類(乗用車、トラック等)を危険判断要素に踏まえてよいのかという指摘があった。この点に関しては今後、どのような属性、属性値として追加するのかなどについての検討が必要である。また、ハザードの依存関係分析に使用したC4.5に関しても、クラスの値が離散値であるというデメリットがある。今後、分析ツールの検討も必要である。

今後、本研究では個人のドライバに特化したハザードの依存関係を分析するにあたり、上述したような問題について検討、改善を行いたいと考えている。また、今回の分析では2つのハザードの依存関係を分析したが、今後は、2つ以上のハザード間の依存関係についても分析していきたい。また、複数の被験者に対してもハザードの依存関係分析を行い、ドライバ教育に生かせるような、危険判断推定を行う際の、ハザードの対応付けについても検討していきたいと考えている。

6. 参考文献

- [1] 国土交通省道路局(編): ITS Hand Book 2002-2003; <http://www.its.go.jp/ITS/j- html/2002HBook/toppage/Hbook-1.html>(2005年7月現在)。
- [2] 國分, 古西, 倉橋, 梅村: ドライバーのリスク感受特性分析; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.1, pp.27-36(2003)。
- [3] 警視庁(編): 警視庁の統計 平成15年(2003年); http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/toukei/bunsoyoutoukei15/k_toukei15.html(2005年7月現在)。
- [4] Quinlan, J.R.: C4.5 Programs for Machine Learning, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA(1993). (AIによるデータ解析, 古川康一訳, トッパン, 1995.)