

# ISO 26262 のための多様な二輪車事故に基づいた シビアリティ評価手法に関する検討

Research on Severity Class Evaluation Based on Various Crash Situations Involved with Motorcycles  
for ISO 26262

新井 勇司 \*1

Yuji ARAI

長谷川 信 \*2

Makoto HASEGAWA

張 替 毅 \*1

Takeshi HARIGAE

## 1. はじめに

自動車の電気/電子システムの機能安全国際規格として、ISO 26262 が 2011 年 11 月に制定された<sup>1)</sup>。現状は乗用車（四輪車）を対象とした規格であるが、次期改定では二輪車も適用範囲に含まれる予定であり、今後、二輪車においても乗用車と同様に ISO 26262 に準拠した開発が求められるようになると思われる。

ISO 26262 では電気/電子システムの機能不全のふるまいによって引き起こされるリスクを少なくとも社会的に許容できるレベルに抑えるために、安全要求の定義に ASIL (Automotive Safety Integrity Level) が用いられている。ASIL は「シビアリティ；S」、「コントローラビリティ；C」、「エクスポージャ；E」の 3 つの尺度による評価から決定される。それらの一つであるシビアリティは、危険事象にともなう運転者や他の交通関係者への潜在的な傷害リスクを S0 から S3 の 4 段階のクラスで、衝突形態と衝突物、速度といった要素から論理的根拠に基づいて見積もる必要がある。しかしながら、二輪車は車体の質量や構造、乗員保護デバイスの装備、事故の際の傷害形態が四輪車とは異なり、四輪車におけるシビアリティ評価を流用することができないため、二輪車特有のシビアリティの評価が必要である。

シビアリティを評価するための基礎データとして、四輪車の場合は、事故データに加えて、すでに確立された各種衝突試験法に基づく豊富な試験データの活用が考えられる。一方、二輪車におい

ては、世界的にも二輪車の乗員保護性能を適正に評価する衝突試験法は確立されておらず、試験による評価は困難なため、事故データを基本としたシビアリティ評価を構築する必要がある。

日本における事故データとしては、一名以上の死傷者が発生した全ての交通事故を対象とした全国交通事故統計データ（マクロ事故データ）<sup>2) 3)</sup>と、公益財団法人交通事故総合分析センターが特定地域において調査し、詳細な傷害データの収集や衝突速度の解析などを行っているマイクロ事故データ<sup>3)</sup>が知られている。先の研究<sup>4)</sup>では、一般道路でのマクロ事故データの活用を基本に、マイクロ事故データの解析結果の一部も活用したシビアリティの評価手法を構築し、事故類型別にシビアリティクラスの境界速度を設定した二輪車用のシビアリティテーブルを世界に先駆けて作成した。しかしながら、同研究では多種多様な二輪車事故のなかで、いくつかの代表的な事故類型のみシビアリティクラスを推定したものである。また、事故データは死傷事故に限定されるため、無傷クラス (S0) の推定には至っていない。

そこで、本研究ではさらに有用なシビアリティテーブルを作成するため、事故類型を拡充するとともに、事故データからは導出が困難な S0 を事故データ以外から推定する方法について検討した。さらに、高速道路での速度別の傷害状況について、一般道路と比較した結果を踏まえ、二輪車単独事故を対象とした高速道路用のシビアリティテーブルを作成した。

\*1 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部

\*2 一般財団法人日本自動車研究所 ITS研究部

\*本資料は各著作権規則に基づく SAE2016-32-0057/ JSAE20168057  
の転載である

## 2. シビアリティ評価の基本的な考え方

シビアリティの評価に必要な衝突形態、衝突物、速度の要素として、マクロ事故データでは事故類型という項目が衝突形態や衝突物に相当する。速度に関しては、衝突速度の記載はなく、事故回避行動をとる直前の速度、いわゆる、危険認知速度が使われている。そこで、先の研究<sup>4)</sup>では、マクロ事故データの傷害程度別事故件数から10 km/h区分の危険認知速度別に死亡率、死亡・重傷率および軽傷率をそれぞれ算出し、表1の定義に基づいて、シビアリティクラスの境界速度を設定する手法を構築した。次にその手法に基づいて、一般道路でのマクロ事故データを用いて、事故類型別にシビアリティクラスを割り当てた危険認知速度によるシビアリティテーブルを作成した。さらに、ミクロ事故データから危険認知速度と衝突速度の相関性を調査したうえで、危険認知速度を衝突速度に変換したシビアリティテーブルを作成した。

表1 定量化したシビアリティクラスの定義<sup>4)</sup>

シビアリティクラス	S0	S1	S2	S3
傷害なし		軽度および中程度の傷害	重傷および生命を脅かす傷害(生存の可能性がある)	生命を脅かす傷害(生存がはっきりとしない)、致命的な傷害
マクロ事故データにおける傷害程度	軽傷率<10%	軽傷率≥10%かつ死亡・重傷率<10%	死亡・重傷率≥10%かつ死亡率<10%	死亡率≥10%

死亡率: 死亡事故件数/事故件数×100 (%)  
 死亡・重傷率: (死亡+重傷事故件数)/事故件数×100 (%)  
 軽傷率: 軽傷事故件数/事故件数×100 (%)

本研究では、さらに有用なシビアリティテーブルを作成するため、以下の追加検討を行うこととした。

### 2.1 一般道路での事故データを用いたシビアリティテーブル作成のための検討

#### (1) 事故類型(衝突部位)の拡充

先の研究<sup>4)</sup>では、一般道路でのマクロ事故データの活用を基本に、ミクロ事故データの解析結果の一部も活用して、二輪車が関与する代表的な事故類型を対象としたシビアリティテーブルを作成した。しかしながら、二輪車事故の形態は多種多様なため、さまざまな事故類型を対象としたシビアリティテーブルが望ましい。そこで、本研究では、先の研究<sup>4)</sup>で作成したシビアリティテーブル

に、表2においてオレンジ色で強調した事故類型(衝突部位)を追加する。

表2 シビアリティテーブルの構成

事故類型	二輪車衝突部位	四輪車衝突部位	シビアリティクラス				
			S0	S1	S2	S3	
対歩行者 <sup>1)</sup>	前面	TBD	To be det	≤10	≤40	>40	
対自転車 <sup>1)</sup>	前面	TBD	TBD	≤20	≤60	>60	
対四輪車	正面衝突 <sup>3)</sup>	前面	TBD	≤20	≤90	>90	
	追突 <sup>1)</sup>	前面	後面	TBD	≤20	≤80	>80
	追突 <sup>2)</sup>	後面	前面	TBD	≤50	≤90	>90
	出会頭 <sup>3)</sup>	前面	前面				
		前面	側面	TBD	≤30	≤60	>60
		側面	前面	TBD	≤10	≤60	>60
	左折時 <sup>1)</sup>	前面	側面				
		側面	側面				
	右折時 <sup>3)</sup>	前面	前面				
		側面	側面				
追越追抜時 <sup>1)</sup>	側面	側面					
二輪車単独 <sup>1)</sup>	工作物または駐車車両	前面	TBD	≤10	≤50	>50	
	転倒	側面	TBD	≤40	≤60	>60	

1) 二輪車衝突速度、2) 四輪車衝突速度、3) 相対衝突速度  
 TBD: To be determined

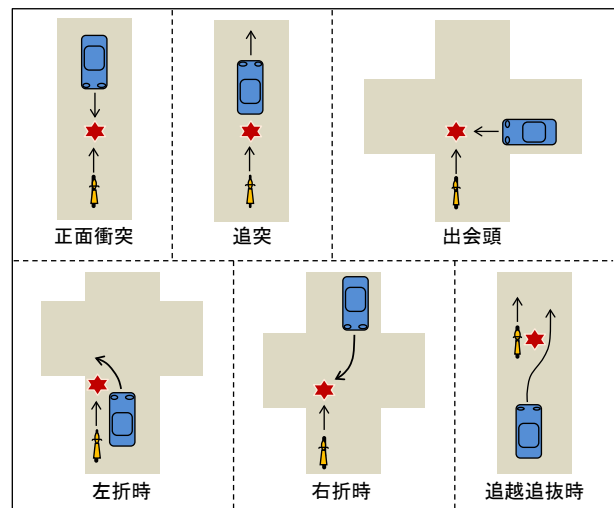


図1 対四輪車の事故類型(衝突形態の例)

#### (2) 二輪車単独事故の軽傷データの補完

二輪車単独事故においては、事故データに反映されないと考えられる軽傷事故件数を補完する必要があるため、先の研究<sup>4)</sup>では、二輪車単独の事故形態に近いと考えられる対四輪車の一部のマクロ事故データから二輪車単独の軽傷事故件数を類推する方法を検討した。本研究では、使用する対四輪車の事故類型を拡充し、表2において紫色で強調したそれぞれの事故類型でのS1に応じた速度レベルを再検討する。

### (3) S0 導出に関する検討

検討に使用したマクロ事故データは死傷者の発生した人身事故が対象であり、死傷者の発生していない物損事故を含んでいないため、S0 の判定が困難である。そのため、事故データ以外の方法から、表 2 で灰色で強調したそれぞれの事故類型での S0 に応じた速度レベルを検討する。

## 2.2 高速道路用シビアリティテーブル

高速道路は一般的に複数の走行車線を有し、また、付帯設備においても一般道路と異なる。そこで、高速道路での二輪車単独事故による危険認知速度別の傷害状況について、一般道路と比較し、高速道路用のシビアリティテーブルの必要性について検討する。

## 3. 一般道路での事故データを用いたシビアリティテーブル作成のための検討

### 3.1 シビアリティクラスの境界速度パラメータの選定

先の研究<sup>4)</sup>において、車両相互事故に対してシビアリティクラスの境界速度を設定する際には、事故類型や衝突部位に応じた速度パラメータを選択する必要があることがわかった。そこで、シビアリティテーブルに新たに追加する事故類型（衝突部位）に対して、危険認知速度と死亡・重傷率の関係について分析を行った。分析には 2003 年から 2012 年に発生した一般道路におけるマクロ事故データを用い、二輪車乗員（運転者および同乗者）はいずれもヘルメット着用（離脱なし）を対象とした。また、傷害との関係性をより判定し易くするため、分析には 60 km/h (10 km/h 区分) 以下の速度域で、かつ、事故件数が 30 件以上あるデータを対象とした。ここでは、例として、対四輪車の出会頭（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）、右折時（二輪車前面×四輪車前面）、左折時（二輪車前面×四輪車側面）、および追越追抜時（二輪車側面×四輪車側面）の事故における危険認知速度別（10 km/h 区分）の死亡・重傷率をそれぞれ図 2 から図 5 に示す。

図 2、図 3 に示すように、出会頭と右折時の事故では、二輪車と四輪車の速度の増加にともなっ

て死亡・重傷率は高くなる傾向がみられ、両車の危険認知速度が傷害の大きさに寄与していることがわかる。

一方、左折時（図 4）と追越追抜時（図 5）の事故においては、二輪車の危険認知速度が高くなるにつれて、死亡・重傷率は高くなる傾向がみられるものの、四輪車の危険認知速度においては、速度の大きさによらず、死亡・重傷率に大きな変化はみられない。このように、対四輪車の左折時と追越追抜時の事故では、二輪車側の危険認知速度が傷害の大きさに寄与していることがわかる。

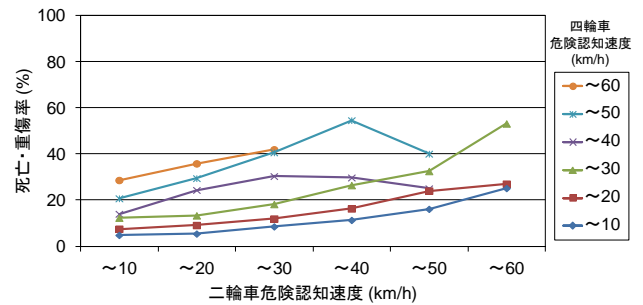


図 2 対四輪車の出会頭事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）における危険認知速度別の死亡・重傷率

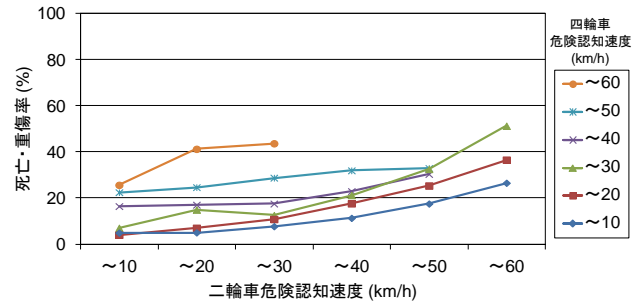


図 3 対四輪車の右折時事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）における危険認知速度別の死亡・重傷率

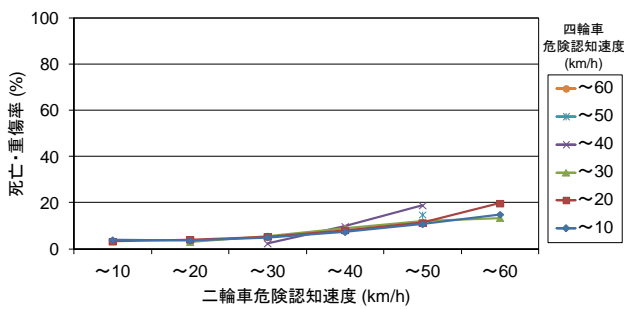


図 4 対四輪車の左折時事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車側面）における危険認知速度別の死亡・重傷率

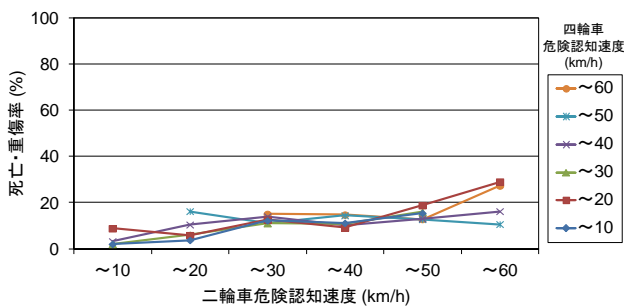


図 5 対四輪車の追越追抜時事故（衝突部位：二輪車側面×四輪車側面）における危険認知速度別の死亡・重傷率

### 3.2 二輪車単独事故の軽傷データの補完

先の研究<sup>4)</sup>では、二輪車単独事故は対四輪車の事故類型に比べて低速域での死亡・重傷率が著しく高く、そのため低速域から高いシビアリティクラスが割り当てられる結果を示した。その要因として、二輪車単独事故は他の事故類型に比べて軽傷事故件数が非常に少ないことがわかった。これは、軽微な傷害程度の単独事故の場合、事故当事者による警察への事故報告がなされない可能性が高いためと考えられる。そこで、本研究では事故データに反映され難いと考えられる二輪車単独の軽傷事故件数について、対四輪車の事故データから類推する方法を引き続き検討することとした。具体的には、二輪車単独の事故形態に近い対四輪車の事故類型を選定し、その軽傷/重傷事故件数の比を二輪車単独の重傷事故件数に乗じることで二輪車単独の軽傷事故件数を補完することとした。なお、補完には2003年から2012年に発生した対四輪車のマクロ事故データを用いた。

工作物または駐車車両との衝突による二輪車単

独では、多種多様な構造形状による固定障害物への衝突が考えられる。そこで、これら固定障害物への衝突形態を勘案し、四輪車側の危険認知速度が10 km/h以下で、かつ、以下の対四輪車の事故類型（および衝突部位）のデータ（ヘルメット着用（離脱なし）の運転者の傷害データ）を用いて軽傷事故件数を補完することとした。

- ・正面衝突（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）
- ・追突（衝突部位：二輪車前面×四輪車後面）
- ・出会頭（衝突部位：二輪車前面×四輪車側面）

表3は、上記の対四輪車の事故類型から、工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故の軽傷データを補完した結果を示したものである。表3に示すように、補完前では低速域からS2であったのに対し、補完後は低速域でS1が割り当てられ、S1とS2の境界速度は30 km/hとなっている。

表 3 工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故の軽傷データ補完結果

二輪車危険認知速度 (km/h)	補完前			補完後					
	死亡	重傷 「①」	軽傷 「②」	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス	軽傷/重傷 (補正係数) 「①×②」	軽傷事故件数 「①×②」	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
~10	0	27	72	27.3	S2	22.0	594	4.3	S1
~20	2	83	223	27.6	S2	17.5	1,452	5.5	S1
~30	16	289	603	33.6	S2	9.8	2,828	9.7	S1
~40	44	481	914	36.5	S2	6.7	3,218	14.0	S2
~50	89	548	833	43.3	S2	4.2	2,325	21.5	S2
~60	96	522	566	52.2	S2	3.2	1,658	27.2	S2

②: 対四輪車事故データ(軽傷事故件数/重傷事故件数)使用

転倒による二輪車単独事故での負傷の大半は路面との衝突によるものと考えられる。そこで、転倒時の事象に近いと考えられる対四輪車の事故形態として、以下の事故類型（および衝突部位）を選定した。加害部位は路面で、かつ、二輪車と四輪車の相対速度（速度差）が±10 km/hになる組み合わせのデータを用いて軽傷事故件数を補完することとした（例えば、表4に示すように、二輪車単独で危険認知速度が30 km/h超40 km/h以下(表中の(D))では、二輪車が30 km/h超40 km/h以下、四輪車が20 km/h超50 km/h以下のデータ(表中の(d))を使用)。

- ・追突（衝突部位：二輪車前面×四輪車後面）
- ・追突（衝突部位：二輪車後面×四輪車前面）

表 4 補完で使用する対四輪車事故のデータ

二輪車単独事故		対四輪車事故								
二輪車危険認知速度 (km/h)		二輪車危険認知速度 (km/h)	四輪車危険認知速度 (km/h)							
			~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	
~10	(A)	~10	(a)							
~20	(B)	~20	(b)							
~30	(C)	~30	(c)							
~40	(D)	~40	(d)							
~50	(E)	~50	(e)							
~60	(F)	~60	(f)							

表 5 は転倒による二輪車単独事故の軽傷データを補完した結果を示したものである。補完前では低速域から S2 であったのに対し、補完後はいずれも低速域で S1 が割り当てられ、S1 と S2 の境界速度は 40 km/h となっている。

表 5 転倒による二輪車単独事故の軽傷データ補完結果

二輪車危険認知速度 (km/h)	補完前				補完後				
	死亡	重傷「①」	軽傷	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス	軽傷/重傷 (修正係数)「②」	軽傷事故件数「①×②」	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
~10	2	415	787	34.6	S2	78.5	32,572	1.3	S1
~20	0	680	1,732	28.2	S2	15.2	10,336	6.2	S1
~30	4	1,041	2,869	26.7	S2	15.2	15,808	6.2	S1
~40	15	1,173	3,482	25.4	S2	11.3	13,233	8.2	S1
~50	22	893	2,286	28.6	S2	7.4	6,615	12.2	S2
~60	35	635	1,375	32.8	S2	5.1	3,260	17.0	S2

②: 対四輪車事故データ(軽傷事故件数/重傷事故件数)使用

### 3.3 S0 導出に関する検討

検討に使用したマクロ事故データは死傷者の発生した人身事故が対象であり、死傷者の発生していない物損事故を含んでいないため、S0 の判定が困難である。そこで、事故データ以外の方法から S0 導出の可能性を検討するため、二輪車の運転資格者を対象としたアンケートを実施し、二輪車低速域（20 km/h 以下）での「単独衝突」と「単独転倒」の実態について調査した。主な調査項目は以下のとおりである。

- ・危険認知速度
- ・二輪車乗員のけがの有無
- ・医療機関での治療の有無
- ・けがが完治するまでの日数

単独衝突では 62 件、単独転倒では 449 件の回答が得られたアンケート調査の結果をもとに、危

険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をそれぞれ表 6、表 7 に示す。なお、傷害の大きさは、マクロ事故データの傷害スケールの定義に基づき、軽傷は「30 日未満で完治」、重傷は「30 日以上で完治」とした。また、医療機関での治療を受けていない場合での負傷に関しては、OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) の IRTAD (International Road Traffic Accident Database) の定義を参考にし、無傷として処理することとした。

表 1 のシビアリティクラスの定義に基づいて、危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果、単独衝突、単独転倒ともに S0 が導出され、単独衝突では 20 km/h 以下、単独転倒では 10 km/h 以下で S0 が割り当てられた。単独衝突では単独転倒とは異なり、10 km/h 超 20 km/h 以下でも S0 を示し、軽傷率が 3.0% で、10 km/h 以下の場合 (3.4%) とほぼ同じ値を示す結果となっている。単独衝突に関する回答結果によると、その多くが縁石やガードレールへの接触で、また、縁石等の固定障害物への接触あるいは衝突はあったものの、転倒に至らなかったケースが 10 km/h 超 20 km/h 以下の速度域でも散見された。このように、単独衝突では転倒に至らないことによって、10 km/h 超 20 km/h 以下でも S0 が導出されたと考えられる。

表 6 単独衝突における危険認知速度別のシビアリティクラス

二輪車危険認知速度 (km/h)	損傷程度別件数				軽傷率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
	無傷	軽傷	重傷	計			
~10	27	1	1	29	3.4	3.4	S0
~20	31	1	1	33	3.0	3.0	S0
計	58	2	2	62	3.2	3.2	

表 7 単独転倒における危険認知速度別のシビアリティクラス

二輪車危険認知速度 (km/h)	損傷程度別件数				軽傷率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
	無傷	軽傷	重傷	計			
~10	356	5	1	362	1.4	0.3	S0
~20	73	9	5	87	10.3	5.7	S1
計	429	14	6	449	3.1	1.3	

### 3.4 危険認知速度によるシビアリティテーブル

ここでは、先の研究<sup>4)</sup>で構築したシビアリティクラスの境界速度の設定方法を基本に、前述の検討結果を踏まえた危険認知速度によるシビアリティテーブルを作成する。具体的には、表2の事故類型（衝突部位）に対し、マクロ事故データの傷害程度別事故件数から10 km/h区分の危険認知速度別に死亡率、死亡・重傷率および軽傷率をそれぞれ算出し、表1の定義に基づいて危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てることとした。なお、シビアリティテーブルの作成には二輪車が関与した2003年から2012年における一般道路でのマクロ事故データ（二輪車乗員（運転者および同乗者）はいずれもヘルメット着用（離脱なし））を使用した。

#### (1) シビアリティクラスの境界速度パラメータの選定

表8は各事故類型（衝突部位）で適用する速度パラメータを示したものである。対四輪車の事故においては、前述の危険認知速度と死亡・重傷率の関係についてマクロ事故データを用いた分析から得た知見をもとに、事故類型や衝突部位に応じた速度パラメータを用いることとした。

表8 対四輪車の各事故類型（衝突部位）で適用する速度パラメータ

事故類型(衝突部位)	速度
対四輪車 正面衝突	$V_R$
追突(二輪車前面×四輪車後面)	$V_{MC}$
追突(二輪車後面×四輪車前面)	$V_C$
出会頭	$V_R$
左折時	$V_{MC}$
右折時	$V_R$
追越追抜時	$V_{MC}$

$V_{MC}$ : 二輪車速度,  $V_C$ : 四輪車速度,  $V_R$ : 相対速度

2車両間での速度の大きさによって傷害リスクが変化する正面衝突、出会頭および右折時事故では、2車両間での相対的な危険認知速度を用いた。事故直前での2車両の進行方向を考慮し、正面衝突と右折時事故では相対する進行、出会頭では直交する進行を想定して、それぞれ式(1)、式(2)より相対速度を求めた。

$$V_R = V_{MC} + V_C \quad (1)$$

$V_R$ : 相対危険認知速度

$V_{MC}$ : 二輪車の危険認知速度

$V_C$ : 四輪車の危険認知速度

$$V_R = \sqrt{V_{MC}^2 + V_C^2} \quad (2)$$

正面衝突、右折時事故での相対危険認知速度は、両車の危険認知速度の和をとったものである。具体的には2車両間でのそれぞれの危険認知速度（10 km/h区分で100 km/h以下）の組み合わせにおいて、2車両の危険認知速度の和から最小値と最大値を算出し、10 km/h区分の相対危険認知速度で分類することを勘案し、相対危険認知速度はそれらの中央値をとることとした。なお、出会頭においても同様の手法を適用した。以下に相対危険認知速度の具体的な算出例を示す。

例)  $V_{MC}$  (10 km/h 区分) = ~ 60 km/h  
 $V_C$  (10 km/h 区分) = ~ 30 km/h

< 正面衝突, 右折時事故 >

最小値:  $50+20=70$  (km/h)

最大値:  $60+30=90$  (km/h)

中央値:  $(70+90)/2=80$  (km/h)

⇒10 km/h 区分の相対危険認知速度の~80 km/h に分類

< 出会頭事故 >

最小値:  $\sqrt{50^2 + 20^2} = 53.9$  (km/h)

最大値:  $\sqrt{60^2 + 30^2} = 67.1$  (km/h)

中央値:  $(53.9+67.1)/2=60.5$  (km/h)

⇒10 km/h 区分の相対危険認知速度の~70 km/h に分類

## (2) シビアリティクラスの境界速度の設定

基本的には先の研究<sup>4)</sup>と同様に 10 km/h 区分の速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をもとに、シビアリティクラスの境界速度を判定するが、以前の方法からの変更点として、速度別で事故件数が 50 件に満たないデータは除外して判定することにした。シビアリティのクラスは危険認知速度の上昇にともなって段階的に高くなるケースばかりでなく、事故件数そのものが少ない事故類型や、高い速度域でのデータ数が少ないことなどにより、シビアリティクラスの境界速度の判断が困難なケースがある。そのため、事故件数自体が少ない速度域でのデータから算出された死亡率や死亡・重傷率の有意性等を考慮し、速度別で事故件数が 50 件に満たないデータは除外して判定することとした。さらに、それによって S3 が導出されない事故類型(衝突部位)においては、高速域での危険事象をシナリオとした H&R (Hazard analysis & Risk assessment) 実施の可能性を考慮し、便宜的に事故件数が 50 件に満たない速度域を S3 とみなすこととした。

加えて、二輪車単独事故については以下の方法で各クラスの境界速度を判定する。

- ・ S2 と S3 の境界速度は二輪車単独事故の元のデータから判定する。
- ・ S1 と S2 の境界速度は事故データに反映し難いと考えられる軽傷事故件数を前述の方法により補完した結果に基づいて判定する。
- ・ S0 と S1 の境界速度は前述のアンケート調査から得られた結果に基づいて判定する。

前述の方法に基づいて、危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた例を以下に示す。なお、ここでは事故件数が 50 件未満の速度域においても、シビアリティクラスを割り当てた結果を参考までに示すこととする。

対四輪車の出会頭、右折時、追越追抜時の事故について、危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をそれぞれ表 9 から表 11 に示す(表中灰色の部分: 事故件数が 50 件未満)。相対危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた出会頭(衝突部位: 二輪車前面×四輪車前面)

では、表 9 に示すように、各クラスの境界速度は、S1 が 30 km/h 以下、S2 が 30 km/h 超 70 km/h 以下、S3 が 70 km/h 超と見積られる。一方、右折時事故(衝突部位: 二輪車前面×四輪車前面)では、表 10 に示すように、S1 が 30 km/h 以下、S2 が 30 km/h 超 80 km/h 以下、S3 が 80 km/h 超と見積られる。二輪車の危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた追越追抜時の事故(衝突部位: 二輪車側面×四輪車側面)においては、表 11 に示すように、各クラスの境界速度は、S1 が 20 km/h 以下、S2 が 20 km/h 超 70 km/h 以下となり、S3 は事故件数が 50 件に満たない 70 km/h 超の速度域と判定されることとなる。

表 9 対四輪車の出会頭事故(衝突部位: 二輪車前面×四輪車前面)における危険認知速度別のシビアリティクラス

相対危険認知速度(km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率(%)	死亡・重傷率(%)	シビアリティクラス
~10	0	40	825	0.0	4.8	S1
~20	0	182	3,119	0.0	5.8	S1
~30	7	1,061	10,929	0.1	9.7	S1
~40	24	1,266	9,118	0.3	13.9	S2
~50	24	942	4,466	0.5	21.1	S2
~60	29	448	1,577	1.8	28.4	S2
~70	15	177	439	3.4	40.3	S2
~80	10	56	91	11.0	61.5	S3
~90	5	11	20	25.0	55.0	S3
~100	0	2	6	0.0	33.3	S2
100超	0	0	0	-	-	-

表 10 対四輪車の右折時事故(衝突部位: 二輪車前面×四輪車前面)における危険認知速度別のシビアリティクラス

相対危険認知速度(km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率(%)	死亡・重傷率(%)	シビアリティクラス
~10	0	50	1,019	0.0	4.9	S1
~20	1	209	4,278	0.0	4.9	S1
~30	4	759	10,057	0.0	7.5	S1
~40	16	1,410	12,474	0.1	11.3	S2
~50	51	1,890	10,890	0.5	17.4	S2
~60	69	1,562	6,243	1.1	25.0	S2
~70	67	962	2,817	2.4	34.1	S2
~80	54	410	848	6.4	48.3	S2
~90	39	159	300	13.0	53.0	S3
~100	19	44	64	29.7	68.8	S3
100超	10	23	50	20.0	46.0	S3

表 11 対四輪車の追越追抜時事故（衝突部位：二輪車側面×四輪車側面）における危険認知速度別のシビアリティクラス

二輪車危険認知速度 (km/h)	元データ					シビアリティクラス
	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	
~10	0	14	391	0.0	3.6	S1
~20	1	55	810	0.1	6.8	S1
~30	6	139	1,115	0.5	12.5	S2
~40	7	132	1,079	0.6	12.2	S2
~50	5	84	585	0.9	14.4	S2
~60	7	52	253	2.8	20.6	S2
~70	4	16	70	5.7	22.9	S2
~80	6	15	45	13.3	33.3	S3
~90	0	5	12	0.0	41.7	S2
~100	2	3	7	28.6	42.9	S3
100超	1	2	4	25.0	50.0	S3

工作物または駐車車両との衝突と、転倒による二輪車単独事故について、二輪車の危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をそれぞれ表 12, 表 13 に示す。なお、同表は、元データに加え、軽傷データの補完、およびアンケート調査から得られた結果を併記したものである。工作物または駐車車両との衝突（衝突部位：二輪車前面）では、表 12 に示すように S0/S1 の境界速度はアンケート調査から 20 km/h, S1/S2 が軽傷データの補完から 30 km/h, S2/S3 が元データから 60 km/h と判定されることとなる。一方、転倒（衝突部位：二輪車側面）では、S0/S1 が 10 km/h, S1/S2 が 40 km/h, S2/S3 が 80 km/h と判定される（表 13）。

表 12 工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故（衝突部位：二輪車前面）における危険認知速度別のシビアリティクラス

二輪車危険認知速度 (km/h)	元データ					シビアリティクラス	シビアリティクラス	シビアリティクラス
	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)			
~10	0	27	99	0.0	27.3	S2	S1	S0
~20	2	85	308	0.6	27.6	S2	S1	S0
~30	16	305	908	1.8	33.6	S2	S1	
~40	44	525	1,439	3.1	36.5	S2	S2	
~50	89	637	1,470	6.1	43.3	S2	S2	
~60	96	618	1,184	8.1	52.2	S2	S2	
~70	64	351	618	10.4	56.8	S3		
~80	81	265	391	20.7	67.8	S3		
~90	28	58	80	35.0	72.5	S3		
~100	53	123	155	34.2	79.4	S3		
100超	31	48	62	50.0	77.4	S3		

表 13 転倒による二輪車単独事故（衝突部位：二輪車側面）における危険認知速度別のシビアリティクラス

二輪車危険認知速度 (km/h)	元データ					シビアリティクラス	シビアリティクラス	シビアリティクラス
	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)			
~10	2	417	1,204	0.2	34.6	S2	S1	S0
~20	0	680	2,412	0.0	28.2	S2	S1	S1
~30	4	1,045	3,914	0.1	26.7	S2	S1	
~40	15	1,188	4,670	0.3	25.4	S2	S1	
~50	22	915	3,201	0.7	28.6	S2	S2	
~60	35	670	2,045	1.7	32.8	S2	S2	
~70	26	283	720	3.6	39.3	S2		
~80	32	176	381	8.4	46.2	S2		
~90	14	42	92	15.2	45.7	S3		
~100	21	69	142	14.8	48.6	S3		
100超	10	35	54	18.5	64.8	S3		

表 14 は危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をもとに、表 2 の事故類型（衝突部位）別にシビアリティクラスの境界速度を設定したシビアリティテーブルを示したものである。なお、対歩行者、対自転車、および対四輪車は S0 を「TBD」(To be determined) とした。シビアリティ評価の実運用に向けた課題の一つとして、対四輪車等における S0 導出の可能性について、その必要性を含めて検討が必要であると考えられる。

表 14 危険認知速度によるシビアリティテーブル

事故類型	二輪車衝突部位	四輪車衝突部位	シビアリティクラス				
			S0	S1	S2	S3	
対歩行者 <sup>1)</sup>	前面		TBD	≤20	≤50	>50	
対自転車 <sup>1)</sup>	前面		TBD	≤30	≤70	>70	
対四輪車	正面衝突 <sup>3)</sup>	前面	TBD	≤20	≤100	>100	
	追突 <sup>1)</sup>	前面	TBD	≤30	≤100	>100	
		後面	TBD	≤50	≤100	>100	
	追突 <sup>2)</sup>	後面	前面	TBD	≤30	≤70	>70
		前面	前面	TBD	≤30	≤70	>70
		前面	側面	TBD	≤30	≤70	>70
	出会頭 <sup>3)</sup>	側面	前面	TBD	≤20	≤70	>70
側面		側面	TBD	≤40	≤70	>70	
左折時 <sup>1)</sup>	側面	側面	TBD	≤40	≤60	>60	
	側面	側面	TBD	≤30	≤80	>80	
右折時 <sup>3)</sup>	前面	前面	TBD	≤30	≤80	>80	
	前面	側面	TBD	≤30	≤80	>80	
	側面	前面	TBD	≤20	≤90	>90	
追越追抜時 <sup>1)</sup>	側面	側面	TBD	≤20	≤70	>70	
	側面	側面	TBD	≤20	≤30	≤60	>60
二輪車単独 <sup>1)</sup>	工作物または駐車車両	前面	≤20	≤30	≤60	>60	
	転倒	側面	≤10	≤40	≤80	>80	

1) 二輪車危険認知速度, 2) 四輪車危険認知速度, 3) 相対危険認知速度

### 3.5 衝突速度によるシビアリティテーブル

ここでは、先の研究<sup>4)</sup>と同じ方法により、二輪車が関与したマイクロ事故データ（1993 年から 2012 年）の分析から得た危険認知速度から衝突速度への変換係数を用いて、衝突速度に変換した場合のシビアリティテーブルを作成する。具体的な作成方法については、二輪車は 0.8、四輪車は 0.9 の係数（図 6）を用いて、マクロ事故データの危



危険認知速度を衝突速度に変換後、前節の危険認知速度の場合で行った方法を適用し、傷害程度別事故件数から10 km/h区分の衝突速度別に死亡率などの傷害リスクをそれぞれ算出し、シビアリティクラスの割り当てを行った。

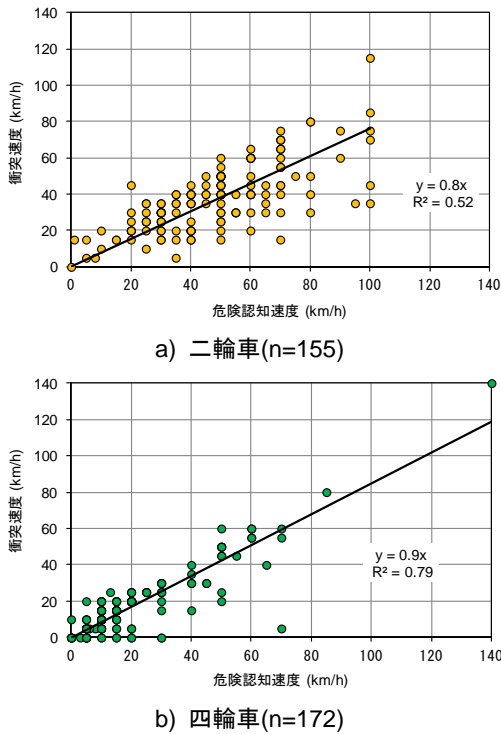


図 6 危険認知速度と衝突速度の関係<sup>4)</sup>

シビアリティクラスの境界速度のパラメータとして、二輪車速度を適用する事故類型（対歩行者など）では、マクロ事故データの10 km/h区分の危険認知速度別に二輪車の変換係数0.8を用いて衝突速度に変換し、その中央値から10 km/h区分の衝突速度で分類する。以下に具体的な算出例を示す。なお、四輪車速度を適用する事故類型においては、四輪車の変換係数0.9を適用する。

例)  $V_{MC}$  (10 km/h 区分) = ~ 60 km/h

二輪車の衝突速度：40~48 (km/h)  
 中央値：(40+48)/2= 44 (km/h)  
 ⇒10 km/h 区分の衝突速度の~50 km/h に分類  
 相対速度を適用する事故類型においては、二輪車と四輪車の変換係数からそれぞれ衝突速度に変

換し、相対危険認知速度の場合と同じ手法で10 km/h 区分の速度別にシビアリティクラスを割り当てた。以下に相対衝突速度の具体的な算出例を示す。なお、SAE J2980<sup>5)</sup>で示されている乗用車のシビアリティ評価の考え方では、速度パラメータに有効衝突速度 ( $\Delta V$ ) が使われている。 $\Delta V$  は衝突開始から衝突相手物と同一速度になるまでの速度変化量であり、四輪車においては傷害の大きさと関連性があるとされている。一方、四輪車のような客室はなく、衝突時に車体から乗員が離脱することが多い二輪車に対しては、傷害の大きさを  $\Delta V$  と関連づけるのは難しいと考えられる。

例)  $V_{MC}$  (10 km/h 区分) = ~ 60 km/h  
 $V_C$  (10km/h 区分) = ~ 30 km/h

<正面衝突、右折時事故>

二輪車の衝突速度：40 ~ 48 (km/h)  
 四輪車の衝突速度：18 ~ 27 (km/h)  
 相対衝突速度の最小値：40+18= 58 (km/h)  
 相対衝突速度の最大値：48+27=75 (km/h)  
 中央値：(58+75)/2= 66.5 (km/h)  
 ⇒10 km/h 区分の相対衝突速度の~70 km/h に分類

<出会頭事故>

二輪車の衝突速度：40 ~ 48 (km/h)  
 四輪車の衝突速度：18 ~ 27 (km/h)  
 相対衝突速度の最小値： $\sqrt{40^2 + 18^2} = 43.9$  (km/h)  
 相対衝突速度の最大値： $\sqrt{48^2 + 27^2} = 55.1$  (km/h)  
 中央値：(43.9+55.1)/2=49.5 (km/h)  
 ⇒10 km/h 区分の相対衝突速度の~50 km/h に分類

表1の定義に基づいて、衝突速度別にシビアリティクラスを割り当てた例として、表15に対四輪車の右折時事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）、表16に工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故（衝突部位：二輪車前面）の結果を示す。なお、事故件数が50件未満の速度域（表中の灰色の部分）においても、シビアリティクラスを割り当てた結果を参考までに示すこ

ととする。

衝突速度別にシビアリティクラスを割り当てた右折時事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）では、表 15 に示すように、各クラスの境界速度は、S1 が 30 km/h 以下、S2 が 30 km/h 超 70 km/h 以下、S3 が 70 km/h 超と見積もられる。一方、工作物または駐車車両との衝突（衝突部位：二輪車前面）では、S0 がアンケート調査から 20 km/h 以下、S1 は該当なし、S2 は 20 km/h 超 50 km/h 以下で、S3 が 50 km/h 超と判定されることになる。

表 15 対四輪車の右折時事故（衝突部位：二輪車前面×四輪車前面）における衝突速度別のシビアリティクラス

相対衝突速度 (km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
～10	0	50	1,019	0.0	4.9	S1
～20	1	209	4,278	0.0	4.9	S1
～30	4	759	10,057	0.0	7.5	S1
～40	16	1,410	12,474	0.1	11.3	S2
～50	112	3,239	16,145	0.7	20.1	S2
～60	70	1,111	3,617	1.9	30.7	S2
～70	57	464	1,015	5.6	45.7	S2
～80	41	167	319	12.9	52.4	S3
～90	26	58	84	31.0	69.0	S3
～100	3	10	28	10.7	35.7	S3
100超	0	1	4	0.0	25.0	S2

表 16 工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故（衝突部位：二輪車前面）における衝突速度別のシビアリティクラス

二輪車衝突速度 (km/h)	元データ					シビアリティクラス	シビアリティクラス	アンケート結果
	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)			
～10	0	27	99	0.0	27.3	S2	S1	S0
～20	18	390	1,216	1.5	32.1	S2	S1	S0
～30	44	525	1,439	3.1	36.5	S2	S2	
～40	89	637	1,470	6.1	43.3	S2	S2	
～50	96	618	1,184	8.1	52.2	S2	S2	
～60	145	616	1,009	14.4	61.1	S3		
～70	28	58	80	35.0	72.5	S3		
～80	53	123	155	34.2	79.4	S3		
80超	31	48	62	50.0	77.4	S3		

表 17 は衝突速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果をもとに、表 2 の事故類型（衝突部位）別にシビアリティクラスの境界速度を設定したシビアリティテーブルを示したものである。なお、表中における「-」は、「該当なし」であることを表している。

表 17 衝突速度によるシビアリティテーブル

単位: km/h

事故類型	二輪車衝突部位	四輪車衝突部位	シビアリティクラス				
			S0	S1	S2	S3	
対歩行者 <sup>1)</sup>	前面	側面	TBD	≤10	≤40	>40	
対自転車 <sup>1)</sup>	前面	側面	TBD	≤20	≤60	>60	
対四輪車	正面衝突 <sup>3)</sup>	前面	TBD	≤20	≤90	>90	
		後面	TBD	≤20	≤80	>80	
	追突 <sup>1)</sup>	前面	TBD	≤20	≤60	>60	
		後面	TBD	≤50	≤90	>90	
	追突 <sup>2)</sup>	前面	TBD	≤20	≤60	>60	
		後面	TBD	≤30	≤60	>60	
	出会頭 <sup>3)</sup>	前面	TBD	≤30	≤60	>60	
		側面	TBD	≤10	≤60	>60	
	左折時 <sup>1)</sup>	前面	側面	TBD	≤30	≤60	>60
		側面	側面	TBD	≤30	≤50	>50
右折時 <sup>3)</sup>	前面	前面	TBD	≤30	≤70	>70	
	前面	側面	TBD	≤30	≤70	>70	
	側面	前面	TBD	≤20	≤80	>80	
	側面	側面	TBD	≤10	≤60	>60	
二輪車単独 <sup>1)</sup>	工作物または駐車車両	前面	≤20	-	≤50	>50	
	転倒	側面	≤10	≤30	≤60	>60	

1) 二輪車衝突速度、2) 四輪車衝突速度、3) 相対衝突速度

#### 4. 高速道路用のシビアリティテーブル作成のための検討

高速道路は一般的に複数の走行車線を有し、また、付帯設備においても一般道路と異なる。そこで、高速道路用のシビアリティテーブルの必要性について検討するため、道路環境が異なる高速道路と一般道路での二輪車単独事故による危険認知速度別の傷害状況について比較、分析した。分析には 2003 年から 2012 年に発生したマクロ事故データを用い、二輪車は高速道路でも走行可能な排気量が 125 cm<sup>3</sup>超で、二輪車乗員（運転者および同乗者）はいずれもヘルメット着用（離脱なし）を対象とした。

図 7 は工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故の危険認知速度別（20 km/h 区分）の死亡率を示したものである。図 7 に示すように、危険認知速度別の死亡率は、60 km/h 以下では一般道路と高速道路で同じ傾向にあるが、それ以降は差がみられ、高速道路のほうが低い傾向にある。図 8 には転倒による二輪車単独事故の危険認知速度別の死亡率を示す。転倒による危険認知速度別の死亡率は、60 km/h 以下では一般道路と高速道路で同じ傾向にあるが、それ以降は差がみられ、高速道路のほうが低い傾向にある。

このように一般道路と高速道路での二輪車単独事故の死亡率を比較した結果、高速道路での工作物または駐車車両と衝突、および転倒ではともに 60 km/h 超の高速域において死亡率が一般道路と比較して低い傾向がみられており、これらの事故

類型では一般道路と異なるシビアリティテーブルの必要性が示唆された。

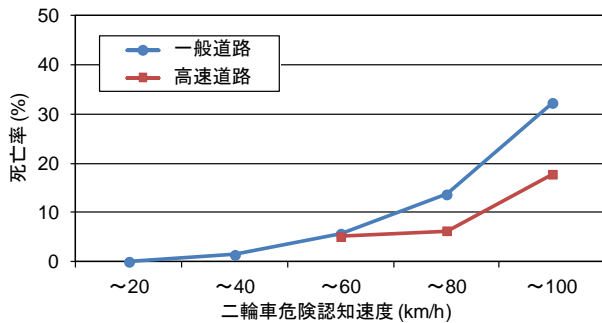


図 7 工作物または駐車車両との衝突による二輪車単独事故の危険認知速度別の死亡率

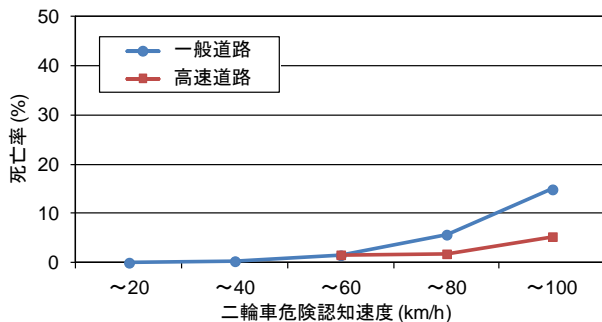


図 8 転倒による二輪車単独事故の危険認知速度別の死亡率

上記分析の結果を踏まえ、二輪車単独事故による高速道路用のシビアリティテーブルを作成する。作成の方法については、一般道路の場合と同様に、傷害程度別事故件数から危険認知速度別に死亡率と死亡・重傷率をそれぞれ算出し、表 1 の定義に基づいて速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果から各クラスの境界速度を判定する。なお、使用するデータは 2003 年から 2012 年に高速道路で発生した二輪車のマクロ事故データ（二輪車乗員（運転者および同乗者）はいずれもヘルメット着用（離脱なし））とし、高速道路上での法定最低速度（50 km/h）や速度範囲が一般道路より大きいことを考慮して、速度は 40 km/h 超からの 20 km/h 区分での傷害程度別事故件数を使用した。

表 18 は二輪車単独事故での工作物または駐車車両との衝突、ならびに、転倒について、二輪車危険認知速度別にシビアリティクラスを割り当て

た結果を示したものである。また、これらの結果をもとに、作成した危険認知速度によるシビアリティテーブルを表 19 に示す。

表 18 高速道路での二輪車単独事故における危険認知速度別のシビアリティクラス

a) 工作物または駐車車両との衝突

二輪車危険認知速度 (km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
40超~60	7	63	138	5.1	45.7	S2
~80	13	113	206	6.3	54.9	S2
~100	28	109	157	17.8	69.4	S3
~120	7	24	33	21.2	72.7	S3
~140	2	4	6	33.3	66.7	S3
~160	2	3	4	50.0	75.0	S3
160超	0	0	0	-	-	-

b) 転倒

二輪車危険認知速度 (km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
40超~60	2	39	124	1.6	31.5	S2
~80	3	63	169	1.8	37.3	S2
~100	10	69	188	5.3	36.7	S2
~120	1	26	49	2.0	53.1	S2
~140	1	4	5	20.0	80.0	S3
~160	1	1	1	100.0	100.0	S3
160超	1	1	1	100.0	100.0	S3

表 19 二輪車単独の高速道路用の危険認知速度によるシビアリティテーブル

事故類型		二輪車衝突部位	シビアリティクラス			
			S0	S1	S2	S3
二輪車単独 <sup>1)</sup>	工作物または駐車車両	すべて			40<V≤80	>80
	転倒	すべて			40<V≤100	>100

1) 二輪車危険認知速度

表 20 は二輪車単独事故での工作物または駐車車両との衝突、ならびに、転倒について、衝突速度別にシビアリティクラスを割り当てた結果を示したものである（なお、危険認知速度から衝突速度への変換は、一般道路の場合と同じ方法を適用し、二輪車の変換係数 0.8 を使用）。また、これらの結果をもとに、作成した衝突速度によるシビアリティテーブルを表 21 に示す。

表 20 高速道路での二輪車単独事故における衝突速度別のシビアリティクラス

a) 工作物または駐車車両との衝突

二輪車衝突速度 (km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
40超~60	20	176	344	5.8	51.2	S2
~80	28	109	157	17.8	69.4	S3
~100	7	24	33	21.2	72.7	S3
~120	4	7	10	40.0	70.0	S3
120超	0	0	0	-	-	-

b) 転倒

二輪車衝突速度 (km/h)	死亡事故件数	死亡・重傷事故件数	事故件数	死亡率 (%)	死亡・重傷率 (%)	シビアリティクラス
40超~60	5	102	293	1.7	34.8	S2
~80	10	69	188	5.3	36.7	S2
~100	1	26	49	2.0	53.1	S2
~120	2	5	6	33.3	83.3	S3
120超	1	1	1	100.0	100.0	S3

表 21 二輪車単独の高速道路用の衝突速度によるシビアリティテーブル

単位: km/h

事故類型	二輪車衝突部位	シビアリティクラス			
		S0	S1	S2	S3
二輪車単独 <sup>1)</sup>	工作物または駐車車両	すべて		40<V≤60	>60
	転倒	すべて		40<V≤80	>80

1) 二輪車衝突速度

5. まとめ

電気/電子システムの機能安全国際規格 ISO 26262 の次期改定による二輪車への適用に向けて、多様な二輪車事故に基づいたシビアリティ評価に関する検討を行った。主な検討内容とその結果を以下に整理して示す。

1. 事故データに反映され難いと考えられる二輪車単独の軽傷事故件数について、対四輪車の事故データから類推する方法を検討した。具体的には二輪車単独の事故形態に近い対四輪車の事故類型を選定し、その軽傷/重傷事故件数の比を二輪車単独の重傷事故件数に乗じることで二輪車単独の軽傷事故件数を補完した。その結果、補完前では低速域から S2 であったのに対し、補完後は低速域で S1 が導出された。
2. 事故データ以外から S0 導出の可能性を検討するためにアンケート調査を実施した結果、二輪車の単独衝突では 20 km/h 以下、単独転倒では 10 km/h 以下で S0 が導出された。

3. 上記の分析、検討結果を反映するとともに、事故類型を拡充した危険認知速度によるシビアリティテーブルを一般道路でのマクロ事故データを用いて作成した。また、二輪車が関与したマイクロ事故データの分析から得た危険認知速度から衝突速度への変換係数を用いて、衝突速度に変換した場合のシビアリティテーブルを作成した。

4. 高速道路での傷害状況について一般道路と比較した結果を踏まえ、二輪車単独事故を対象とした高速道路用のシビアリティテーブルを作成した。

6. おわりに

本研究では実運用でのシビアリティ評価に資するため、多様な事故形態を勘案した二輪車用のシビアリティテーブルを作成した。

今後は同テーブルの完成度をさらに高めるため、対四輪車等における S0 導出について、事故データ以外のデータの活用を含めて検討が必要である。

参考文献

- 1) The International Organization for Standardization (ISO) : Road Vehicles – Functional Safety, ISO 26262, Nov. 2011.
- 2) National Police Agency : <http://www.npa.go.jp>, May 2016.
- 3) Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis : <http://www.itarda.or.jp>, May 2016.
- 4) Arai, Y., Hasegawa, M., and Harigae, T. : Research on Method for Classifying Injury Severity Using Motorcycle Accident Data for ISO 26262, SAE Technical Paper 2015-32-0714, 2015.
- 5) SAE International Surface Vehicle Recommended Practice : Considerations for ISO 26262 ASIL Hazard Classification, SAE Standard J2980, May 2015.