

歩行者の傷害程度に影響する要因の検討

吉田 伸一

要約

過去10年間、交通事故死者数は何れの状態別でも一貫して減少を続けている。状態別にみると、とくに四輪車乗車中の死者数の減少は著しく、一方、歩行中の死者数の減少が緩慢であることがわかる。その結果、平成20年の交通事故死者数に占める歩行中の構成率は約33%と状態別では最多となった。この傾向はしばらく続くと思われ、今後さらに交通事故死者数を低減するためには、歩行者の安全対策に従来以上の配慮が必要と考えられる。今回の検討では、歩行者死亡事故が発生する状況の特徴を分析し、以下のことが明らかになった。

(1) 歩行者の死亡率に影響する要因

- ① 危険認知速度の影響が大きく、危険認知速度が高いほど歩行者の死亡率は高い。危険認知速度 35km/hあたりを境に、死亡率は急激に高くなる。
- ② 歩行者の年齢の影響は危険認知速度に次いで高く、年齢が高いほど歩行者の死亡率も高い。
- ③ 人身損傷主部位が、頭顔、頸部、体幹（胸部、腹部、背部）である場合の死亡率は高い。一方、腰部の傷害による死亡率は高くはないが、後で述べるように、高齢者の場合では死亡に至ることも少なくない。
- ④ タイヤが人身加害部位となった場合の死亡率は高い。

(2) 危険認知速度、歩行者年齢、車両前面形状による死亡歩行者の傷害状況の差

- ① 危険認知速度が高くなるにつれ、頭顔と車体との衝突による傷害の構成率が高くなる。逆に、頭顔と路面の衝突による傷害の構成率は低下する。
- ② ワンボックス車の場合、危険認知速度が高くなるにつれ、体幹と車体の衝突による傷害の構成率が高くなる。
- ③ ボンネット車の場合、歩行者年齢が高くなるにつれ、腰と車体との衝突による傷害の構成率が高くなる。
- ④ 車両速度が低速でかつ12歳以下の子供の事故においては、ワンボックス車の場合、タイヤが人身加害部位であった傷害の構成率が高いという特徴がある。

(3) 死亡重傷事故につながる認知エラー要因

- ① 四輪運転者側：たとえば暗い道路環境、歩行者側の暗い色の服装、歩行者の低い姿勢（寝そべり、横臥、しゃがみこみ）などの、四輪運転者から歩行者を発見しづらい状況。漫然運転や閑散とした交通環境など。
- ② 歩行者側：走行車両の切れ目を狙っての横断や焦り、飲酒酩酊状態。

1. 目的

交通事故における死者数は順調に減っており、平成20年には5155人であった。しかしながら状態別にみると、四輪車乗車中が大きく減少しているのに比べ、二輪車乗車中、自転車乗車中、歩行中の死者数の減少は大きくないことがわかる（図1参照）。その結果、平成20年には歩行中の死者の数が、四輪車乗車中の死者数を上回り、状態別では最多の1721人、構成率にして約33%となった。交通事故死者数を今後10年でさらに半減させるためには、歩行中の死亡事故にもこれまで以上に注目することが重要であることを示している。

この報告書では、四輪車と歩行者の事故に注目し、歩行中の死亡事故が起きる状況の特徴および歩行者の傷害の特徴を分析し、歩行中の死亡事故の防止に繋げるための提言をする。

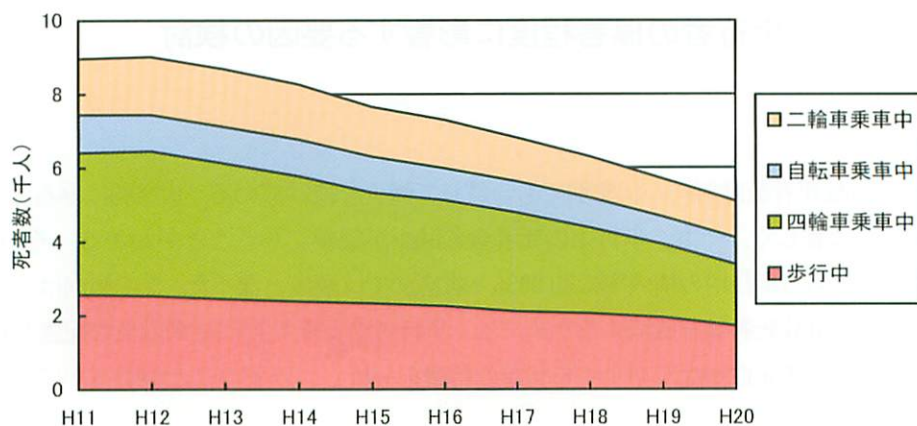


図1 状態別死者数の推移

2. 検討内容与方法

2.1 歩行者の死亡率に影響する要因の検討

各要因の影響を、他の要因の影響を排除して定量的に把握するため、目的変数を歩行者死亡率、各要因を説明変数とした重回帰分析を使用した。

$$\text{歩行者死亡率 (\%)} = \text{歩行者死者数} \div (\text{歩行者死傷者数} + \text{無傷者数}) \times 100 \quad \dots (式1)$$

取り上げる要因は、四輪車の危険認知速度、歩行者の年齢、道路線形、信号機の有無、などである。道路線形などは数値ではなく質的な変数であり、また数値で表現される危険認知速度、年齢にしても、たとえば“～10km/h”、“～24歳”と区分（以下では“カテゴリー”と呼ぶ）で指定され質的な変数である。

数値である目的変数と質的な説明変数は一般的な重回帰分析で扱えず、ここでは重回帰分析の一種である数量化I類と呼ばれる手法を使用した。事故のデータは平成4～19年の交通事故統合データである。

検討はデータの大きさ、分析の狙いも考慮し以下のように二回に分けて実施した。

(1) 検討1

説明変数は、四輪車の危険認知速度、歩行者年齢、車両前面形状、事故類型、人身損傷主部位、人身加害部位である。車両前面形状は、普通乗用車、普通貨物車（平成18年以前の定義で）において次のように定義した

ボンネット： “乗用車のクラス・セダンA～C” と “車両形状・貨物車・ライトバン” の合計

ワンボックス： “乗用車のクラス・1BOX&ミニバン” と “車両形状・貨物車・1BOX” の合計

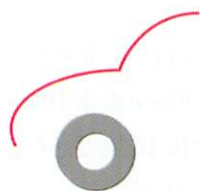


図2 ボンネット車の前面形状



図3 ワンボックス車の前面形状

歩行者の年齢区分については、研究発表会当日の『24歳以下は、もっと細かく分けるべきでは』とのご指摘に

配慮し以下のようにした。その結果、研究発表会でのスライド、配付資料の数字とは一部変更がある点をご容赦願いたい。

図4には車両前面形状別に歩行者年齢層と歩行者死者数の関係を、図5には車両前面形状別に歩行者年齢と歩行者死亡率の関係を示した。歩行者の年齢区分はこれらを参考にして、12歳以下をひとまとめ、13歳以上24歳以下をひとまとめとし、あとは25～44歳、45～64歳、65～74歳、75歳以上とした。

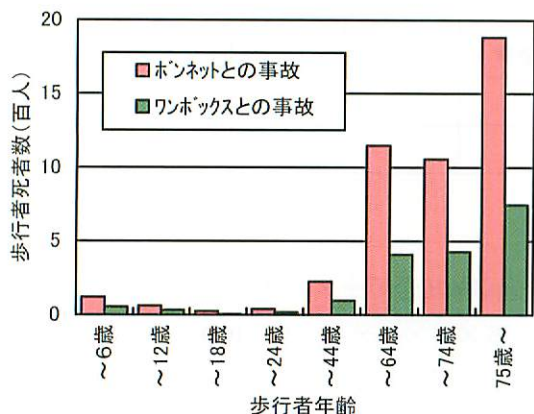


図4 歩行者の年齢別死者数H4-19

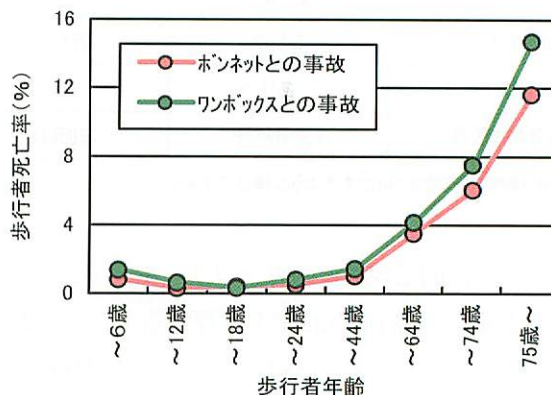


図5 歩行者の年齢別死亡率H4-19

その結果、説明変数とカテゴリーは次の表1の通りである。

表1 説明変数とカテゴリー(検討1)

説明変数 \ カテゴリー	1	2	3	4	5	6	7
危険認知速度	～10km/h	～20	～30	～40	～50	～60	～70
歩行者年齢	～12歳	～24	～44	～64	～74	75～	
車両前面形状	ボンネット	ワンボックス					
事故類型	対・背面	横断					
人身損傷主部位	頭顔	頸部	体幹*	腰部	腕部	脚部	
人身加害部位	タイヤ	車体	工作物	路面			

*1 体幹とは胸部、腹部、背部の合計である。

表1に示した説明変数ごとのカテゴリーを全てクロスさせ、交通事故統合データを用いて歩行者死者数、歩行者関与者数を集計、歩行者死亡率を計算した。この表の場合 $7 \times 6 \times 2 \times 2 \times 6 \times 4 = 4032$ 組みのデータが得られるが、母数が少ないデータ組み（実際には関与者数<10人）を除いた1151組みのデータを数量化I類処理に供した。

(2) 検討2

車両を前述のボンネットとワンボックスの合計、道路形状を単路、事故類型を横断中に限定し、道路環境の影響をみるのが目的である。ただし検討1の結果との比較ができるように、危険認知速度、歩行者年齢も説明変数として組み入れた。

その結果、説明変数は表2に示すように、四輪車の危険認知速度、歩行者年齢、事故類型（横断の場所で分けるのが狙い）、道路線形、信号機、中央分離帯施設等である。

表2 説明変数とカテゴリー(検討2)

説明変数 \ カテゴリー	1	2	3	4	5	6	7
危険認知速度	～10km/h	～20	～30	～40	～50	～60	～70
歩行者年齢	～12歳	～24	～44	～64	～74	75～	
事故類型・横断中	横断歩道	左記以外					
道路線形	右カーブ	左カーブ	直線				
信号機	あり	なし					
中央分離帯施設等	中央分離帯 ²	左記以外					

*2 歩行者の横断を物理的に阻止するような構造のもの。

表2に示した説明変数ごとのカテゴリーを全てクロスさせ、交通事故統合データを用いて歩行者死者数、歩行者関与者数を集計、歩行者死亡率を計算する。この表2の場合 $7 \times 6 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 = 1008$ 組みのデータが得られるが、母数が少ないデータ組み(実際には関与者数<10人)を除いた219組みのデータを数量化I類処理に供した。

2.2 車両前面形状、危険認知速度、歩行者年齢の歩行者傷害への影響

2.1の検討1に相当する条件において、歩行者の人身傷害主部位と人身加害部位が、四輪運転者の危険認知速度、歩行者年齢、車両前面形状(ボンネット、ワンボックスの別)によりどのように影響を受けるかを調査した。事故データは平成4～19年の交通事故統合データである。

2.3 歩行者の死亡、重傷事故につながりやすいエラーの検討

平成8～18年の交通事故例調査データを用いて、歩行者が軽傷で済まず、死亡重傷といった重大な傷害を負うに至った事故における人的要因の特徴を、四輪運転者、歩行者に分けて分析する。

『データ整理の手順』

① 事故に遭った歩行者は一つ以上の傷害を負うことが多く、交通事故例調査データには一人一人の歩行者の傷害一つ一つについて、人身傷害部位、加害部位、その傷害の重症度が記録されている。重症度はその程度に応じ6段階に分類され軽微な順に、AIS1、AIS2、AIS3、AIS4、AIS5、AIS6と表現される。

ここでは事故を、歩行者にAISが3以上の傷害のある事故、すなわち“死亡重傷事故”と、それ以外の事故、すなわち“軽傷事故”に分けた。

② 事故に関与した運転者、歩行者全員について、対象物を認知エラー(=見落とし)した要因(=理由)が複数個記録されているので、運転者、歩行者それぞれについて、認知エラーした要因の数を要因の内容別に集計し、要因の内容別の構成率を計算する。なお、構成率が5%未満の要因はひとまとめにして表示した。

3. 検討結果

3.1 歩行者の死亡率に影響する要因の検討 — 数量化I類による分析結果 —

(1) 検討1

結果は表3のように定数項(表の右肩に表示)、および各説明変数のカテゴリー別にカテゴリースコアとして与えられる。定数項、カテゴリースコアの意味は次ページの式2を参照。

表3 各説明変数のカテゴリー別のカテゴリースコア

定数項=6.56%

説明変数	カテゴリー		カテゴリースコア	影響度*3	偏相関係数*4	t値*5	p値*6
	番号	記述					
危険認知 速度	1	～10km/h	-6.37	33.98	0.63	27.36	0.00
	2	～20	-5.37				
	3	～30	-4.15				
	4	～40	-1.07				
	5	～50	6.66				
	6	～60	15.40				
	7	～70	27.61				
歩行者 年齢	1	～12歳	-4.14	12.49	0.40	14.56	0.00
	2	～24	-4.14				
	3	～44	-3.49				
	4	～64	-0.13				
	5	～74	2.77				
	6	75～	8.35				
車両前面形状	1	ボンネット	-1.48	3.77	0.17	5.92	0.00
	2	ワンプラス	2.29				
事故類型	1	対・背面	2.12	2.87	0.12	4.00	0.00
	2	横断	-0.74				
人身損傷 主部位	1	頭顔	4.53	12.07	0.44	16.44	0.00
	2	頸部	5.59				
	3	体幹	6.16				
	4	腰	-3.09				
	5	腕	-4.57				
	6	脚	-5.90				
人身 加害部位	1	タイヤ	5.78	7.86	0.19	6.50	0.00
	2	車体	1.24				
	3	工作物					
	4	路面	-2.09				

*3 各説明変数において、カテゴリースコアの最大～最小値の幅が、それぞれの説明変数の影響度を表す、すなわち危険認知速度なら影響度は33.98(=27.61-(-6.37))である。

*4 偏相関係数は他の説明変数の影響を除外したと仮定したときの、当該説明変数と目的変数の相関係数。

*5 t値は説明変数の影響度を表す指標で、大きいほど影響度が高いと判断。1.2以上できれば2以上であることが望ましい。

*6 p値は結果の信頼性を表す指標。0.2以下、できれば0.05以下であることが望ましい。

全体の決定係数 = 0.55 である。

各説明変数が表3の網掛けしたセルに対応するカテゴリーをとった場合、目的変数である歩行者死亡率の予測値は次の式で与えられる

$$\text{歩行者死亡率} = -5.37 - 0.13 + 2.29 - 0.74 + 6.16 + 1.24 + 6.56 \text{ (定数項)} = 10.01 \% \dots \text{ (式2)}$$

すなわち、ある説明変数において、カテゴリースコアが大きいほど、そのカテゴリーの影響が大きいと判断することになる。

以下に、説明変数、カテゴリーごとにカテゴリースコアを図示する。

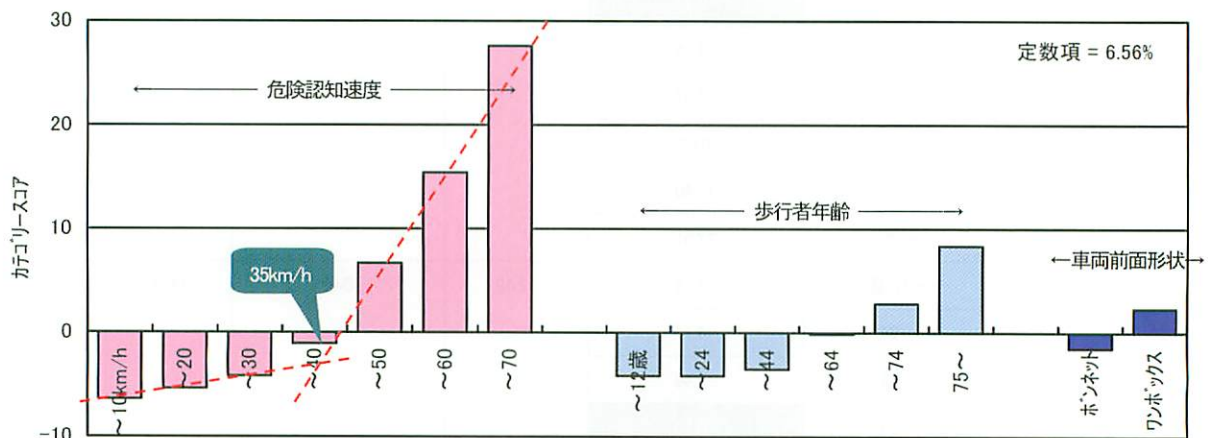


図6 説明変数別のカテゴリースコア検討1 (その1)

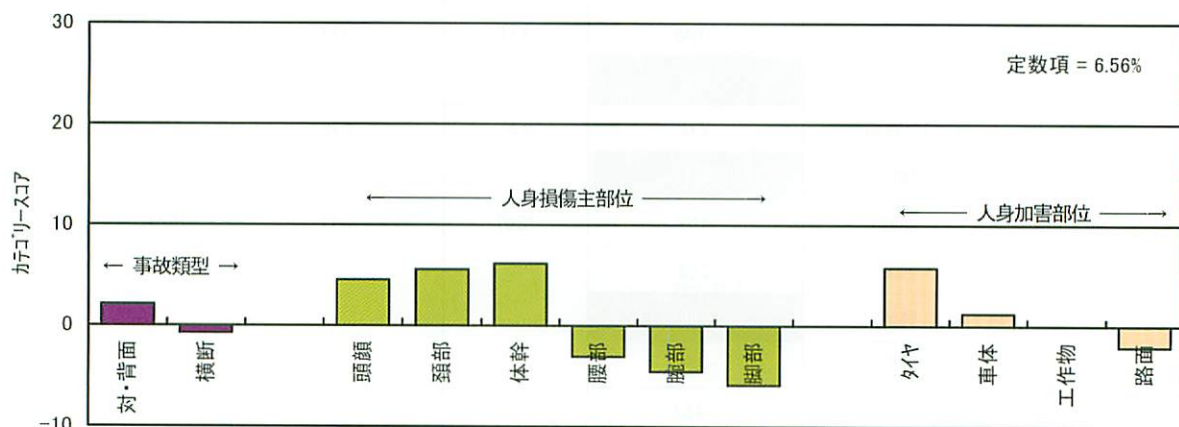


図7 説明変数別のカテゴリースコア検討1 (その2)

影響度が大きい順に特徴を挙げると

① 危険認知速度の影響度は約 34.0

速度が高いほど死亡率は高くなり、35km/h 辺りを超えると急激に高くなる。

② 歩行者年齢の影響度は約 12.4

影響度の大きさとしては危険認知速度の約 1/3。年齢が高くなるほど死亡率も高いが、50 歳辺りを超えると顕著に死亡率は高くなる。

③ 人身損傷主部位の影響度は約 12.1

影響度の大きさとしては危険認知速度の約 1/3。腰部のカテゴリースコアは低めで、腰部の傷害で死亡に至る事例としては多くないことを示している。ただし3. 2節で示すように、高齢者においては腰部の傷害で死亡に至る場合は少なくない（とくにボンネット車との衝突）。

④ 人身加害部位の影響度は約 7.9

影響度の大きさとしては危険認知速度の約 1/4 である。タイヤとの接触は死亡率が高い傾向がある。

⑤ 車両前面形状の影響度は約 3.8

差は小さいがワンボックスの方が死亡率は高い。

- ⑥ 事故類型（対・背面 vs 横断）の影響度は約 2.8
 差は小さいが対・背面（通行中）の方が死亡率は高い。

(2) 検討2

説明変数別のカテゴリースコアを表4に示した。

検討1に比べ

- ・定数項が高く、全般に歩行者死亡率が高くなる傾向がある。
- ・歩行者年齢の影響が高くなる傾向がある。

なお信号機、中央分離帯については、 p 値 >0.2 、かつ t 値 <2 と信頼性は高くなく参考とする。

表4 各説明変数のカテゴリー別のカテゴリースコア

定数項 = 7.48 %

説明変数	カテゴリー		カテゴリースコア	影響度	偏相関係数	t 値	p 値
	番号	記述					
危険認知 速度	1	～10km/h	-6.30	29.24	0.79	18.79	0.00
	2	～20	-5.55				
	3	～30	-6.49				
	4	～40	-3.01				
	5	～50	2.71				
	6	～60	11.92				
	7	～70	22.76				
歩行者 年齢	1	～12 歳	-4.47	16.67	0.66	12.92	0.00
	2	～24	-5.60				
	3	～44	-3.76				
	4	～64	-0.66				
	5	～74	3.49				
	6	75～	11.07				
横断場所	1	横断歩道	-1.47	2.16	0.13	1.95	0.05
	2	横断歩道外	0.69				
道路線形	1	右カーブ	0.74	3.51	0.16	2.40	0.02
	2	左カーブ	2.87				
	3	直線	-0.64				
信号機	1	あり	0.35	0.43	0.02	0.35	0.73
	2	なし	-0.08				
中央 分離帯	1	あり	1.05	1.35	0.08	1.19	0.24
	2	なし	-0.30				

全体の決定係数 = 0.74

次に、説明変数、カテゴリーごとにカテゴリースコアを図示する。

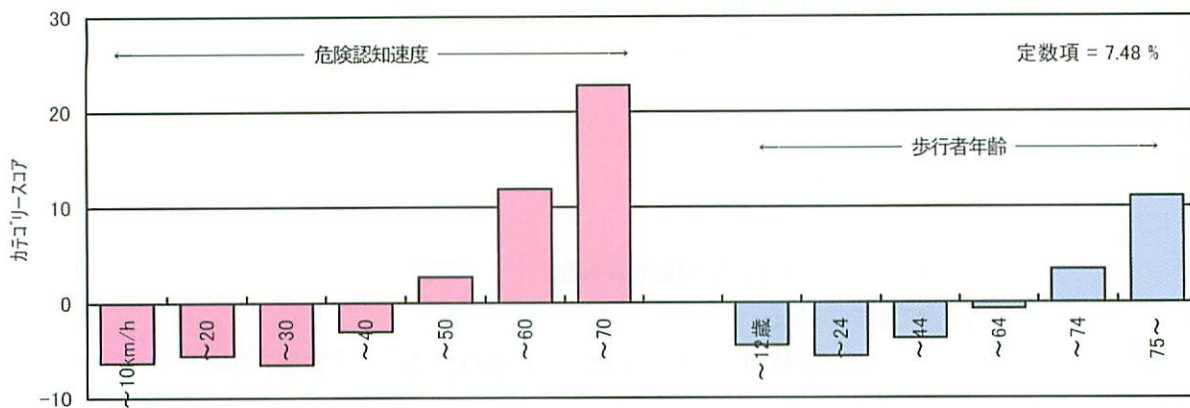


図8 説明変数別のカテゴリースコア検討2 (その1)

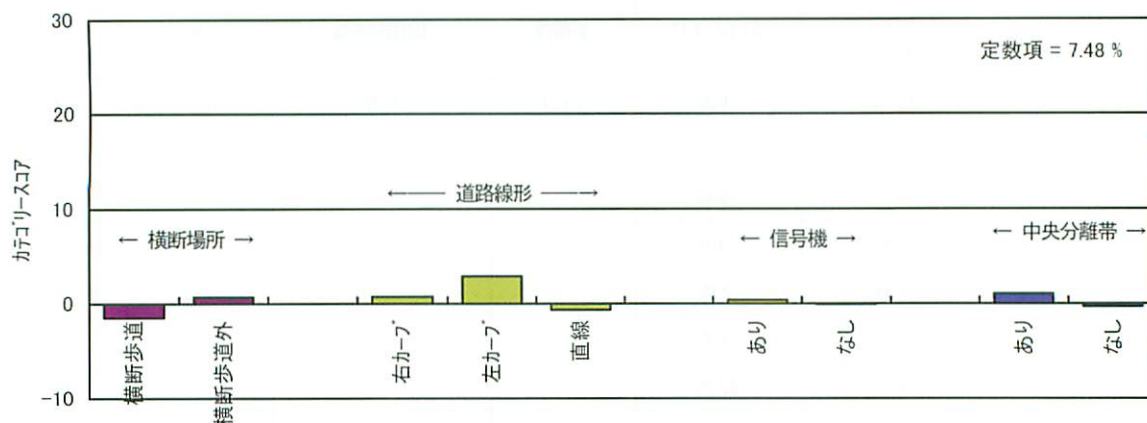


図9 説明変数別のカテゴリースコア検討2 (その2)

危険認知速度、歩行者年齢に比べ、他の説明変数の影響度は小さいが以下の傾向がある

- ① 検討1の結果と同様に、速度が高いほど死亡率は高くなり、35km/h 辺りを超えると急激に高くなる。
- ② 検討1の結果と同様に、年齢が高くなるほど死亡率も高いが、50 歳辺りを超えると顕著に死亡率は高くなる。
- ③ 横断する場所としては、横断歩道上の方が歩行者の死亡率は低い。
- ④ 道路線形では、直線よりカーブ区間の方が死亡率は高く、とくに四輪車から見て左カーブで高い。
- ⑤ 信号機がある場所の方が歩行者の死亡率は高い。 — p 値>0.2 であり結果の信頼性は低い — 信号機のある場所で事故が発生するということは、四輪車、歩行者の何れかが信号を無視している訳である。その場合、青信号であった当事者が油断しやすいことが理由と考えられる。
- ⑥ 中央分離帯がある方が歩行者の死亡率が高い。 — p 値>0.2 であり結果の信頼性は低い — 中央分離帯のある道路は比較的広く車速が高いことと、横断者の存在に対する運転者の警戒感が低くなることが理由と考えられる。

3. 2 車両前面形状、危険認知速度、歩行者年齢の歩行者傷害への影響の検討結果

(1) 危険認知速度の影響

人身損傷主部位と人身加害部位の組合せを“人身損傷主部位 to 人身加害部位”で表示し、その構成率を図10、11に示した。なお、凡例中の“5%未満”というのは、何れの危険認知速度においても構成率が5%に満たなかった“人身損傷主部位 to 人身加害部位”の合計である。

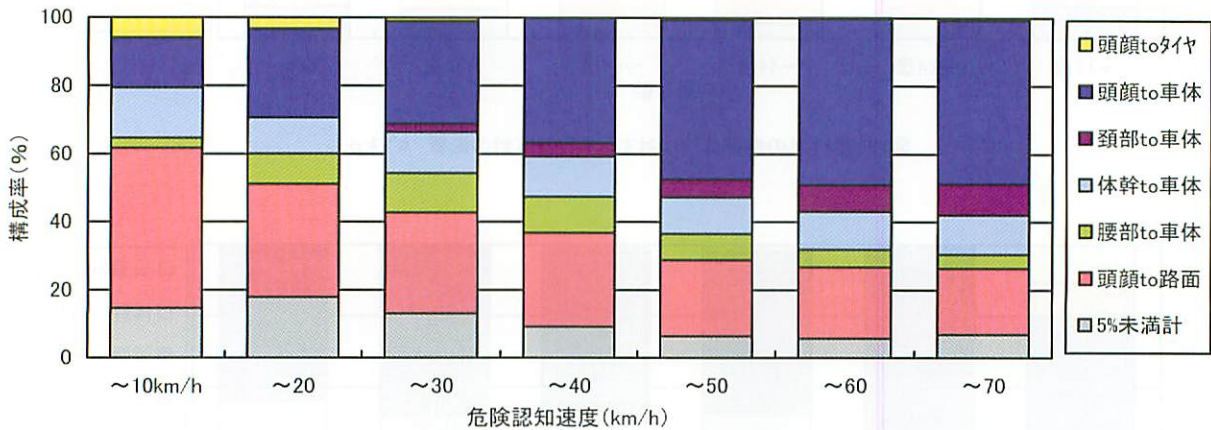


図10 歩行者の傷害状況に対する危険認知速度の影響 ボンネット

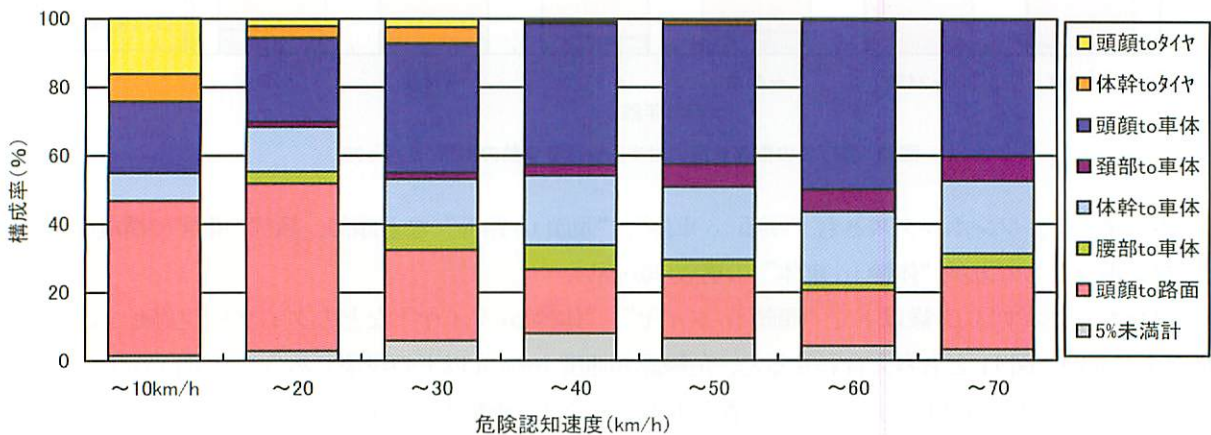


図11 歩行者の傷害状況に対する危険認知速度の影響 ワンボックス

- ① ボンネット、ワンボックスとも、危険認知速度が高くなるにつれて“頭顔 to 車体”の構成率も高くなり、反対に“頭顔 to 路面”の構成率は低くなる。
- ② ワンボックスはボンネットに比べ“体幹 to 車体”の構成率が高い傾向にある。ここで車体というのは車両前面のパネル部分と考えられる。
- ③ ワンボックスの10km/h以下では、“頭顔 to タイヤ”、“体幹 to タイヤ”など、タイヤとの接触による傷害の構成率が高い特徴がある。後で述べるように、ほとんどが12歳以下の子供である。

(2) 歩行者年齢の影響

図12、13の凡例中の“5%未満”というのは、何れの歩行者年齢においても構成率が5%に満たなかった“人身損傷主部位 to 人身加害部位”の合計である。

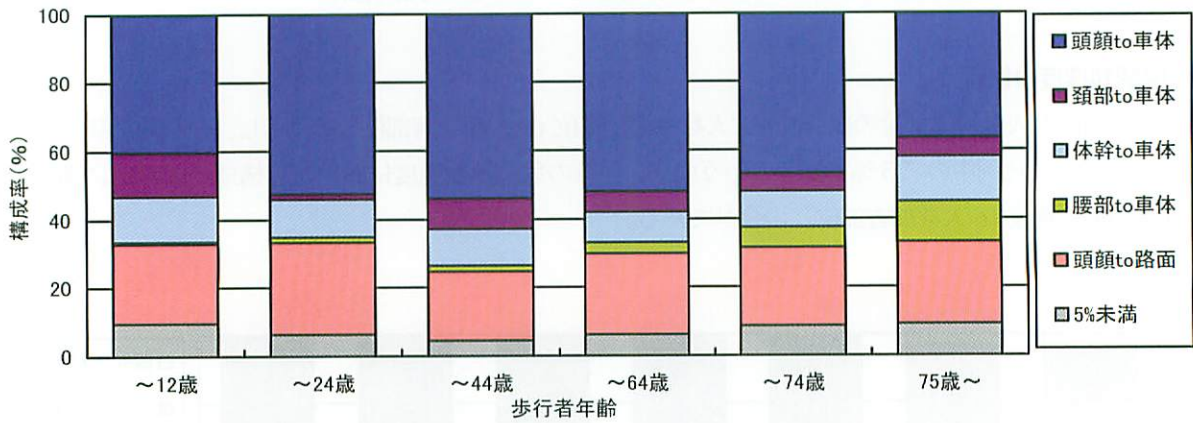


図12 歩行者の傷害状況に対する歩行者年齢の影響 ホンネット

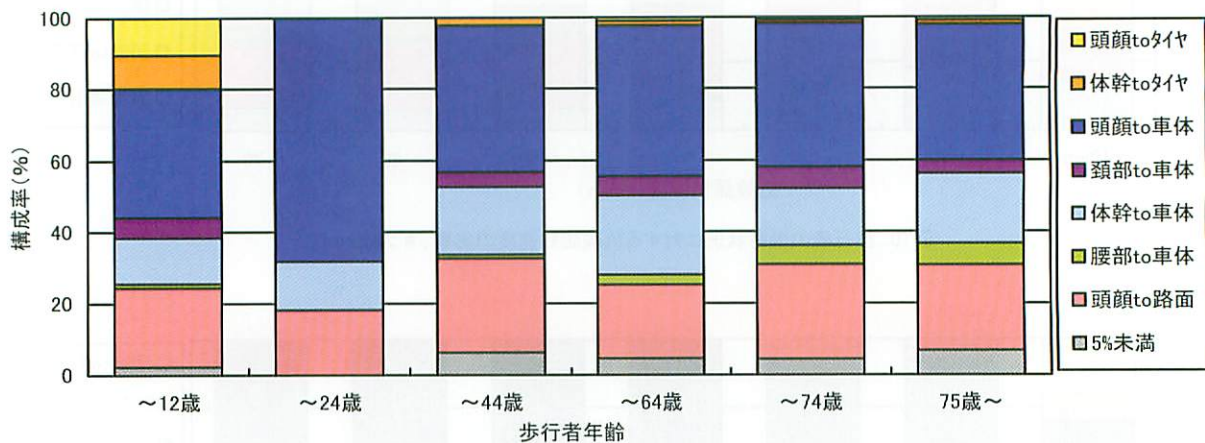


図13 歩行者の傷害状況に対する歩行者年齢の影響 ワンボックス

- ① ボンネット、ワンボックスとも“頭顔 to 車体”、“頭顔 to 路面”など頭部、顔部の傷害の構成率が高い。
- ② ワンボックスの方が“体幹 to 車体”の構成率が高い。
- ③ ワンボックスでは12歳以下で“頭顔 to タイヤ”、“体幹 to タイヤ”などのタイヤとの接触による傷害の構成率が高い。図11とも考え合わせると、危険認知速度10km/h以下の現象であることがわかる。

そのメカニズムは図14のように、歩行者が車両から受ける衝撃力の地面からの高さは、ワンボックス車の方がボンネット車より高く、低速での衝突の場合、ボンネット車では歩行者は手前に倒れ、一方、ワンボックス車では歩行者は前方に押し倒され、歩行者が車両に轢過されやすいためと考えられる。その傾向は背の低い子供ではより顕著となると想像される。

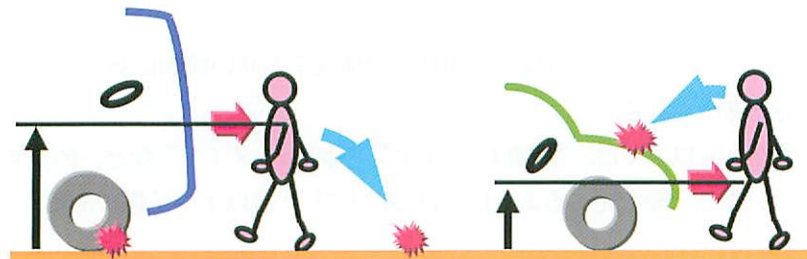


図14 車両前面形状による歩行者の事故形態の差

- ④ とくにボンネットでは、高齢者になると“腰部 to 車体”の傷害による死者が目立つようになる。

3.3 歩行者の死亡重傷事故につながりやすいエラーの検討結果

以下において、死亡重傷事故、軽傷事故の何れにおいても構成率が5%未満の要因は“5%未満一括”として、ひとまとめにしてある。

(1) 四輪運転者の認知エラー要因

結果を図15に示した。図15から死亡重傷事故に繋がりがやすい状況は以下の通り

- ① 暗い環境、歩行者の暗い服装や低い姿勢などにより歩行者が見落とされた場合。
- ② 閑散とした交通環境。
- ③ 運転者が漫然と運転している状態。

であり、逆に軽傷事故で済むことが多い状況は

- ① 結果として衝突相手を見落としているものの、色々なものに注意を払っているとき。
- である (図15中の矢印)。

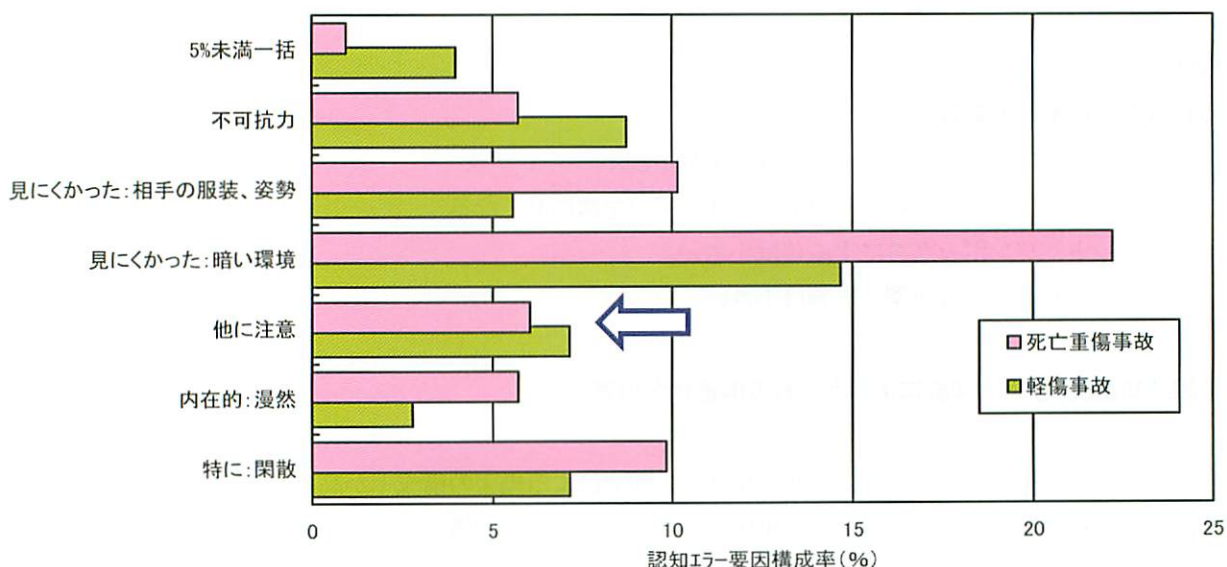


図15 四輪運転者の認知エラーの要因

(2) 歩行者の認知エラー要因

結果を図16に示した。図16から死亡重傷事故に繋がりがやすい状況は

- ① 歩行者が車をやり過ごしたあとの油断。
- ② 焦り、歩行者の飲酒。

であり、逆に軽傷事故で済むことが多い状況は

- ① 青信号で道路を横断している場合。
- ② 結果として衝突相手を見落としているものの、色々なものに注意を払っているとき (図16中の矢印)。
- ③ “遊びに夢中”が要因となった事故である。これは幼児、子供に特徴的な要因であり、一般的に幼児、子供は衝撃に対する耐性が高いことが低い死亡率に繋がっている。

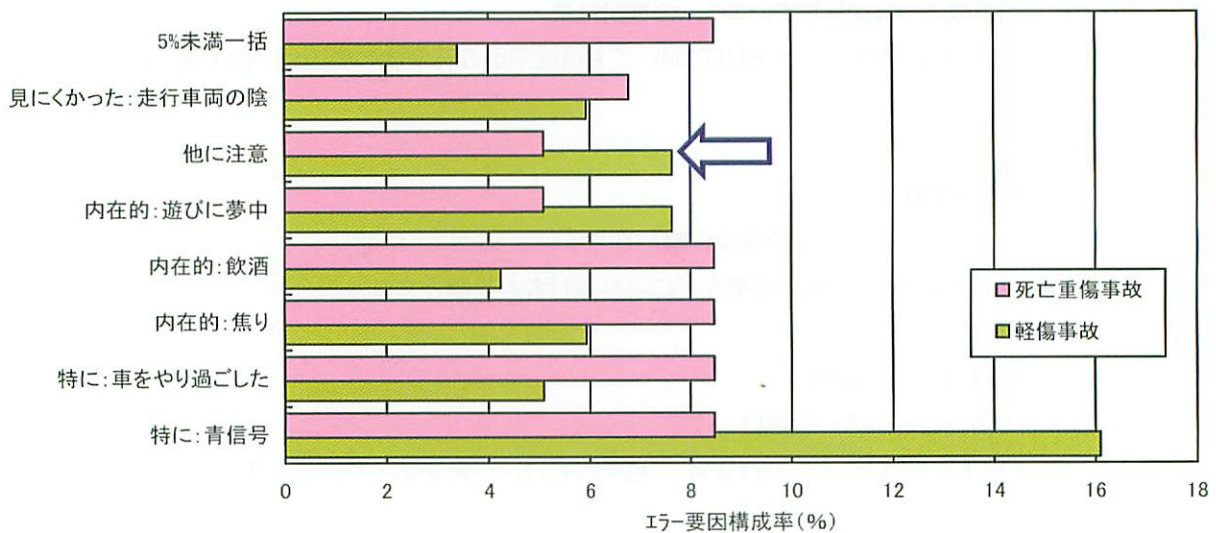


図16 歩行者の認知エラーの要因

4. まとめ

(1) 歩行者の死亡率への影響

- ① 危険認知速度の影響が大きく、歩行者の年齢が続く。
- ② 危険認知速度 35km/h あたりを境に、死亡率は急激に高くなる。
- ③ ボンネット、ワンボックスによる差は小さい。
- ④ 対背面、横断など事故類型の影響は小さい。

(2) 危険認知速度、歩行者年齢による歩行者の傷害状況の差

- ① ボンネット、ワンボックスとも……
 - ・危険認知速度が高くなるにつれ、頭顔と車体との衝突による傷害の構成率が高くなる。
 - ・歩行者の年齢が高くなるにつれ、腰と車体との衝突による傷害の構成率が高くなる。
- ② ワンボックスで、低速かつ年齢の低い歩行者において、タイヤが人身加害部位の傷害の構成率が高い。

(3) 死亡重傷事故につながりやすい認知エラーの要因

- ① 四輪運転者が歩行者を認知エラーした要因
 - ・周囲が暗く見辛かった、閑散とした環境。
 - ・暗い服装の歩行者、しゃがんだり寝そべっている歩行者など（これらは歩行者側の要因と考えるべき）。
 - ・漫然運転。
- ② 歩行者が四輪車を認知エラーした要因
 - ・走行車両の切れ目を狙っての横断。
 - ・焦り。
 - ・暗い服装を着たり、路上でしゃがんだり寝そべる行為。
 - ・酩酊するほどの飲酒。

四輪運転者、歩行者とも結果として衝突相手を見落としたとしても、色々なものに注意を払っているときは軽傷事故で済むことが多いようである。

5. 歩行者死亡事故に遭わないための留意点

(1) 運転者側

常に危険予知の意識を持つと共に、歩行者が居そうな狭い道路では極力 35km/h 以下の速度で走行する。

(2) 歩行者側

- ① 明るい色の服装や、反射材、発光装置を着用するなど、運転者側に目立つ努力をする。
- ② 道路を横断する場合は、信号機のある場所を、青信号で横断する。
- ③ 車をやり過ごしたあとは、念を入れて他にも車が来ないことを確認する。

Section 1: Introduction

The following information is provided for your reference.

Please refer to the attached documents.