

## ⑮ 高齢ドライバーの歩行者被視認性とその改善

交通システム研究領域

※青木義郎

自動車安全研究領域

森田和元, 関根道昭, 田中信壽

### 1. はじめに

重大事故は夜間運転時において起こりやすく、夜間に発生する死亡事故は死亡事故全体の中で半数近くを占める。また夜間事故の特徴として対歩行者の事故の割合が多く、特に高齢ドライバーにおいてその傾向は顕著になる。こうした夜間時における歩行者事故の増加は、ドライバーの視覚認知能力の低下による要因が大きいものと考えられる。茨城県警の事故調査によると夜間運転時の対歩行者事故のうち 9 割超がすれ違いビーム（前方 40m が視認可能な光学設計）を使用しており、そのうち走行ビーム（前方 100m が視認可能な光学設計）を使用していれば 5 割近くは回避可能という報告もなされている<sup>(1)</sup>。夜間時の歩行者事故の低減を目指すためには、ドライバーの歩行者に対する視覚認知特性を明らかにし、危険な状況の抽出とその改善方法の検討を進めていくことが重要である。

本研究では実験参加者による評価実験により、歩行者の被視認性が前照灯の配光やドライバーの年齢層によりどのように変化するかを調べた。また歩行者の被視認性の定量化を行った。

### 2. 夜間運転時の交通事故

自動車が第 1 当事者となった歩行者の死亡事故について ITARDA（交通事故総合分析センター）報告などの調査<sup>(2)・(6)</sup>を実施したところ、以下のことが明らかになった。

- 昼夜別では夜間の歩行者死亡事故の比率が高い。（図 1）
- 夜間時は、特に高齢ドライバーによる歩行者死亡事故の比率が高い。（図 1）
- 歩行者死亡事故のうち 72%は歩行者横断中に発生しており（2011 年中）、単路（横断歩道外）を横断中のケースが約 50%を占め最も多い（図 2）。
- 夜間時は「右側から」の横断者の死亡事故の比率が高い。（図 3）

夜間時、特に右側からの横断歩行者事故が多い要因としては、歩行者側では車両到達時間の認知エラー<sup>(6)</sup>、

そして自動車側では、すれ違いビームの配光特性があげられる。すれ違いビームは、対向車へグレア（眩しさ）を抑制するように設計されているため、右側歩行者が視認しづらくなるものと考えられる<sup>(7)</sup>。

本研究では、前照灯による視認性の変化を調べるため実験参加者による評価実験を行うものとした。

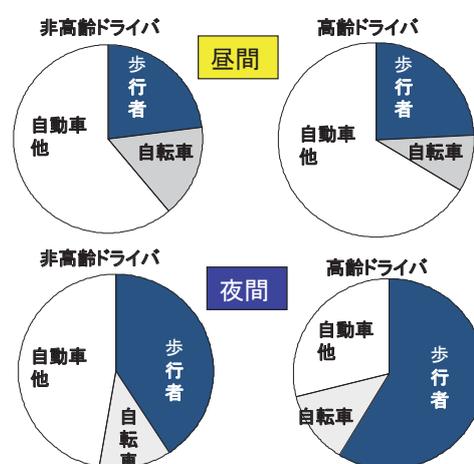


図 1 自動車が第 1 当事者となった死亡事故の被害者の比率

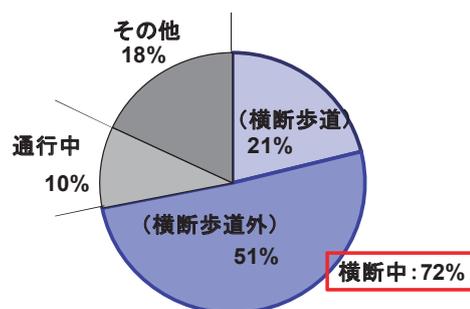


図 2 歩行者死亡事故における歩行者行動別割合

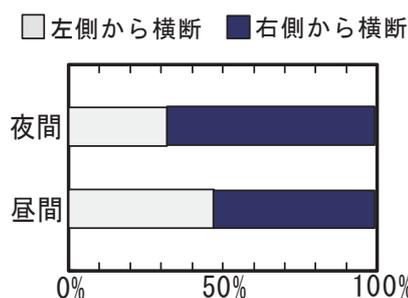


図 3 歩行者横断事故の方向別比率

### 3. 歩行者視認性実験

本研究では、夜間運転時のドライバの視界が前照灯によりどのように変化するかを明らかにするために、暗室及び夜間屋外において実験参加者による評価実験を行った。

#### 3. 1. 屋内視認性実験

##### 3. 1. 1. 視認対象物

歩行者は、プロジェクタライトによるスクリーン上への投影画像（図4参照）により模擬する。



図4 歩行者表示モデル

##### 3. 1. 2. 視認対象物（歩行者）の大きさ

視認対象となる歩行者の見かけ上の大きさは、視角（高さ方向）で最小20分、最大4度と条件により変化させた。なお視角は、歩行者の身長160cm、歩車間距離は30~150mを想定し設定した。実験参加者は歩行者画像が投影されたスクリーンから6m離れた位置で観測評価（図5参照）を行うものとし、縮尺率からスクリーン上に映る人体の見かけ上の全長を算出し、設定を行った。



図5 観測状況

##### 3. 1. 3. 背景輝度及びコントラスト

CIE（国際照明委員会）で規定されている路面の水平面照度、3lx（交通量の少ない住宅地区）~20lx（交通量の多い商業地区）に基づき（路面の反射率は15%で完全拡散）、この条件の路面輝度を背景輝度として採用し、0.14, 0.33, 0.96cd/m<sup>2</sup>と設定した。

背景と歩行者の輝度コントラストは逆シルエットで0.01~0.5と設定した。

##### 3. 1. 4. 実験参加者

実験参加者は、運転免許保有者20名（若齢層10人、高齢層10人）である。なお、実験参加者は外部から派遣されており、当研究所の実験倫理規定に基づき実験を開始する前に内容の説明を行い、実験に参加することの同意を得た。若齢層の平均年齢は33歳、高齢層の平均年齢は68歳。視力は若齢層平均（左0.98, 右0.98）、高齢層平均（左0.98, 右0.90）とほぼ同じであった。

##### 3. 1. 5. 視線方向

人体表示モデルに対して、中心視または周辺視となるように設定した。周辺視の場合にはスクリーン中央の白い点を注視してもらい、そこから視角5度程度離れたスクリーン右上に歩行者画像を提示した。

##### 3. 1. 6. 蒸発現象

対向車の前照灯を想定したグレア光源を近接した評価実験も実施した（図6参照）。グレア光源の設置位置は歩行者画像の20cm左（60m換算で2mを想定）に設置し、角膜照度は0.1lx（すれ違いビーム相当）になるように設定した。

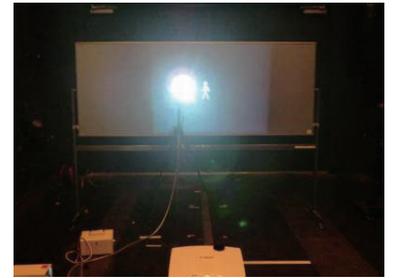


図6 蒸発現象の評価実験

#### 3. 2. 屋外視認性実験

##### 3. 2. 1. 前照灯の点灯状態

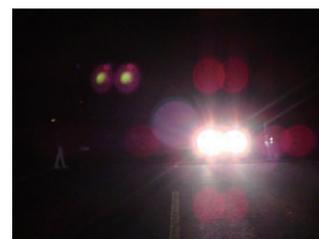
実験参加者が乗車する車両（自車両）はすれ違いビームまたは走行ビームの点灯を行った。対向車はすれ違いビーム、走行ビームの点灯または消灯を行った。



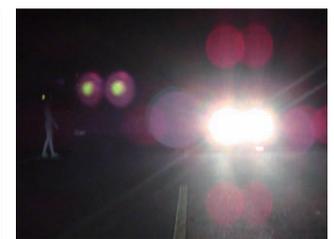
(a)自車両:すれ違いビーム  
対向車:すれ違いビーム



(b)自車両:走行ビーム  
対向車:すれ違いビーム



(c)自車両:すれ違いビーム  
対向車:走行ビーム



(d)自車両:走行ビーム  
対向車:走行ビーム

図7 前照灯による歩行者の視認性評価実験

##### 3. 2. 2. 対向車及び歩行者の設定条件

対向車の位置は、自車両（実験参加者車両）からの距離50mまたは100mと設定した。

歩行者位置は、進行方向については自車両から距離25m~120mの位置に、横断方向については左側歩道境界線~右側歩道境界線に設定した。歩行者はグレー色（模擬マネキン、反射率は0.28）とした。

### 3. 2. 3. 実験参加者

実験参加者は、運転免許保有者 12 名（20 代～50 代、平均年齢 38 歳）とした。

## 4. 実験結果

### 4. 1. 屋内視認性実験

#### 4. 1. 1. 背景輝度による視認性の変化

実験結果から歩行者がちょうど見えなくなる背景と歩行者との輝度比（コントラスト閾値）を算出し、背景輝度や歩車間距離などとの関係を調べた。その結果を図 8 に示す。なお、コントラスト閾値は、実験参加者の中央値を算出した。

背景輝度の条件や歩車間距離の条件によりコントラスト閾値は変化する。背景輝度が低下すると、視認性は低下するため、その分コントラスト閾値も高くなること示されているが、コントラスト閾値は、0.05 が一般的に使用されている。今回のような夜間の暗い条件に十分に整合せず、背景条件が暗くなるほど大きな違いが出るようになった。

なお、背景輝度が高い(0.96cd/m<sup>2</sup>)場合は年齢層による差はほとんど無いが背景輝度が低い(0.14cd/m<sup>2</sup>)場合は高齢層のコントラスト閾値が高くなり視認性が低下している。夜間暗い道路条件ほど高齢層は若年齢層と比較して歩行者を視認しにくいと考えられる。

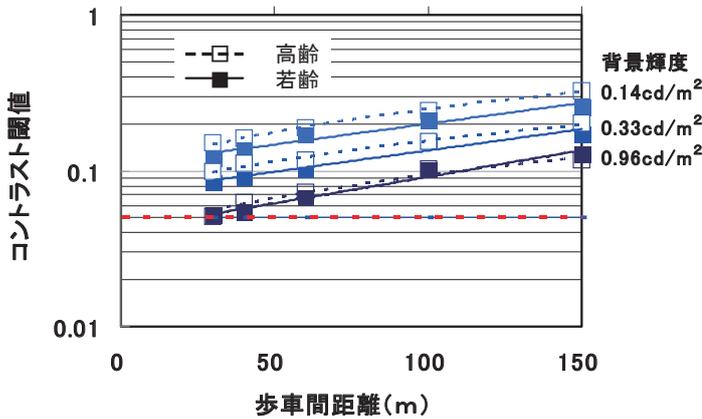


図 8 背景輝度や年齢層によるコントラスト閾値の変化

コントラスト閾値  $E_t$  と、歩車間距離  $R$  (m) 及び背景輝度  $L$  (cd/m<sup>2</sup>) との関係式を重回帰分析により求めた結果を以下に示す。

① 全員 :  $\log(E_t) = -0.915 + 0.00280R - 0.443L$

② 若年齢者 :  $\log(E_t) = -0.971 + 0.00293R - 0.400L$

③ 高齢者 :  $\log(E_t) = -0.869 + 0.00271R - 0.480L$

(重相関  $R$  はいずれも 0.97)

これらの解析結果からも、若年齢層より高齢層の方が、背景輝度がコントラスト閾値(歩行者の被視認性)に及ぼす影響が大きいことがわかる。

### 4. 1. 2. 周辺視での視認性の変化

注視点の違いが歩行者の被視認性にどのように影響するのかを実験結果から求めた。周辺視における年齢層による視認性の違いを図 9 に示す。なお、背景輝度は 0.33cd/m<sup>2</sup> の条件である。

図 9 の結果と図 8 の背景輝度 0.33cd/m<sup>2</sup> の条件を比較すると、高齢層の場合には周辺視において特に視認性が低下しやすいことがわかる。暗い夜道の歩行者の飛び出しには、高齢ドライバーは対応しづらくなることが推測され、十分な明るさが要求されるものと考えられる。

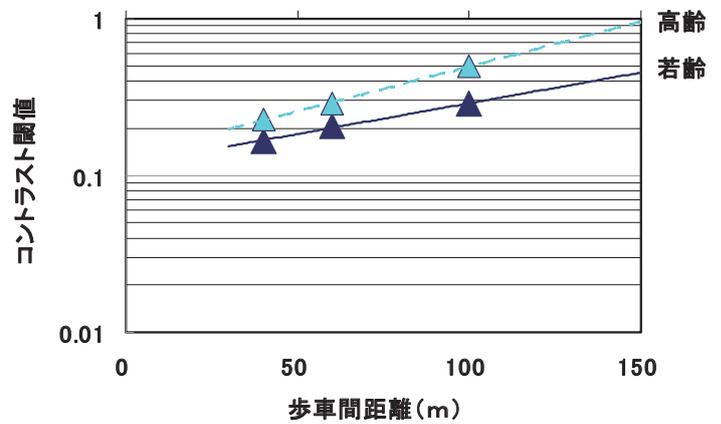


図 9 周辺視におけるコントラスト閾値の変化

### 4. 1. 3. 近接グレア光源による見え方の変化

近接する光源(対向車の前照灯を想定)の影響により歩行者の被視認性がどのように変化するかを求めた。その結果を図 10 に示す。なお、背景輝度は 0.33cd/m<sup>2</sup>、歩車間距離は 60m である。

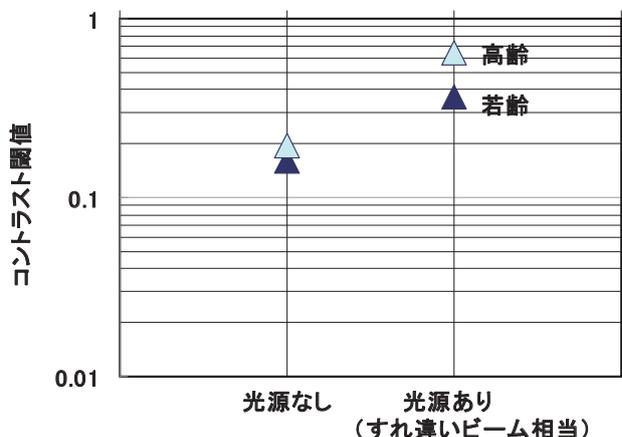


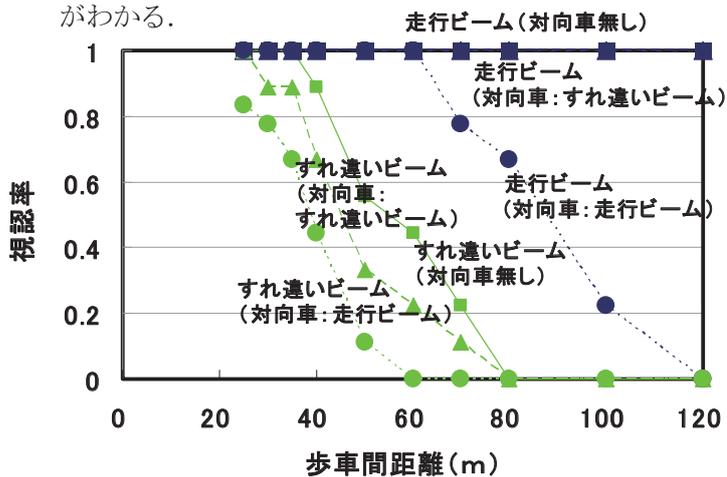
図 10 近接光源によるコントラスト閾値の変化

すれ違いビーム相当の光源でも近接する場合には視認性は低下することがわかる。特に高齢者においては顕著に視認性が低下し、蒸発現象が発生しやすいといえる。

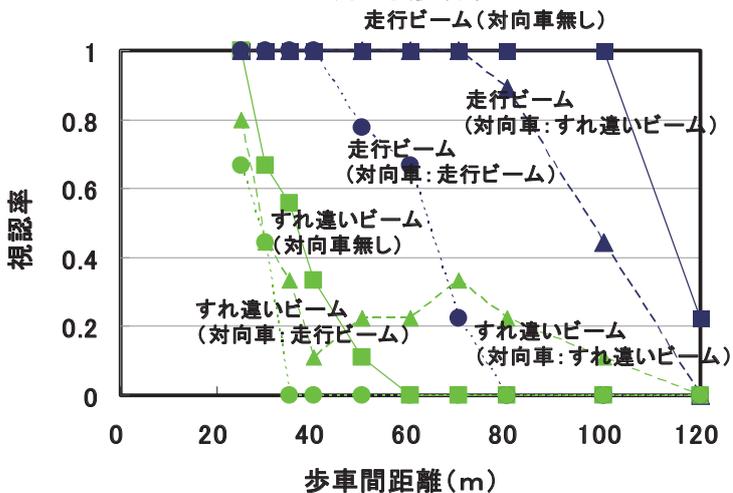
#### 4. 2. 屋外視認性実験

自車両及び対向車が、すれ違いビームあるいは走行ビームの場合、歩行者の被視認性がどのように変化するか(図 11 参照)を実験した。なお、対向車の位置は自車両から 100m 離れている場合である。

自車両の前照灯の種類(すれ違いビームまたは走行ビーム)により視認率が大きく変化するが、それだけでなく対向車の前照灯の種類によっても視認率が大きく変化する。走行ビームを使用すると、その対向車のドライバの視認率は大きく低下する。また、右側歩行者の方が視認率の低下が大きく、特に自車両すれ違いビーム使用時において視認率が低下しやすいことがわかる。



(a)左側歩行者



(b)右側歩行者

図 11 前照灯による視認性の変化

#### 5. 最後に

本研究では実験参加者による評価実験により歩行者の被視認性が前照灯の配光やドライバの年齢層によりどのように変化するかを調べた。また、歩行者の視認限界となる各条件でのコントラスト閾値の定量化を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 背景輝度が高い( $0.96\text{cd/m}^2$ )場合は年齢層による差はほとんど無いが、背景輝度が低い( $0.14\text{cd/m}^2$ )場合は高齢層のコントラスト閾値が高くなり視認性が低下する。夜間暗い条件ほど高齢層は特に歩行者を視認しづらくなる。
- (2) コントラスト閾値  $E_t$  と、歩車間距離  $R$  (m) 及び背景輝度  $L$  ( $\text{cd/m}^2$ ) との関係式を求めた結果、コントラスト閾値と歩車間距離や背景輝度の関係が定量的に明らかになった。
- (3) 高齢層の場合には周辺視において夜間の視認性は低下しやすい。
- (4) すれ違いビーム相当の光源でも歩行者に近接する場合には、その歩行者の被視認性は低下する。特に高齢者においては顕著に視認性が低下する。
- (5) 右側歩行者の方が視認率の低下が大きく、特に自車両すれ違いビーム使用時において視認性が悪化しやすい。

今後も被験者実験や CG シミュレーションにより各種自動車灯火器の評価・改善を行う。また今回の定式化されたコントラスト閾値の成果は予防安全支援システム効果評価シミュレータ (ASSESS) への活用を図り安全性の定量的な評価を目指す。

#### <参考文献>

- (1) 茨城県警察本部交通企画課：ライト切り替えによる交通事故防止(2010)  
[http://www.pref.ibaraki.jp/kenkei/02\\_koutsu/01\\_jikobousi/kawara/ba ck\\_99.html](http://www.pref.ibaraki.jp/kenkei/02_koutsu/01_jikobousi/kawara/ba ck_99.html)
- (2) 三井：科学警察研究所報告交通編, Vol.36, No.1, pp. 53-69, (1995)
- (3) 警察庁交通局：平成 23 年中の交通事故の発生状況 (2009)
- (4) ITARDA INFORMATION87, (2011)
- (5) ITARDA INFORMATION83, pp.1-12, (2010)
- (6) 関根, 松井, 青木, 及川, 水戸部：高歩行者事故予防に向けた高齢者の行動特性と道路横断タイミングに関する基礎調査, 交通研フォーラム 2012 講演概要 (2012)
- (7) 青木：自動車技術会論文集 (2009) 40-2, pp.567-572