

⑪夜間運転時における歩行者認知特性の解析と 予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用

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、田中信壽、塚田由紀

1. はじめに

夜間時において自動車事故は発生しやすく、特に死亡事故数は夜間時に全体の半数近くを占め、そしてその多くは対歩行者への事故である。茨城県警の平成21年事故調査¹⁾によると夜間運転時の対歩行者事故のうち9割超がロービーム使用しており、そのうちハイビームを使用していれば5割近くは回避可能という報告もなされている。こうしたことから13の各県警においてハイビームを基本とするような指導もされている。しかしながらこうしたハイビームの使用は、対向車に蒸発現象などを引き起こす要因となり、かえって危険ではないかという意見もある²⁾。こうした問題解決のためハイビーム／ロービームの自動切替する前照灯システムや配光を自動制御するADB(Adaptive Driving Beam)といったシステムの採用も図られつつある。このようにハイビームをより適切に活用するような動きが出ているが、対向車や歩行者との位置関係によってロービーム、ハイビームあるいはそれ以外の配光のどれを使用するのが適切か技術基準などで明確化されていないのが現状である。

本研究では、ドライバの視覚特性を画像で可視化するCGシミュレーション³⁾を用いて、前照灯の配光特性の変化により歩行者の見え方がどのように変化するかについて調べその改善方法について検討を行った。さらに予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用方法についても検討を行った。

2. 夜間運転時の視覚能力の低下と交通事故への影響

夜間運転時においてドライバは視力の低下やグレア感度の向上に伴う蒸発現象などにより、事故が発生しやすくなる。特に重大事故が起こりやすくなり、死亡事故数は夜間時に全体の半数近くを占める。また夜間事故の特徴としては対歩行者の事故の割合が増加し、特に高齢ドライバにおいてその傾向は顕著になる⁵⁾(図1参照)。

歩行者死亡事故のうち73%は道路横断中に起こっており(H21年中)、横断歩道外を横断中のケースが約50%を占め最も多くなっている(図2参照⁶⁾)。

また昼は自動車から見て「左側からの横断」と「右側からの横断」の事故の割合がほぼ同等であるのに対して、夜は「右側からの横断」の割合が多くなり約70%を占める(図3)。この原因の一つとして考えられるのが、ロービームの光学的な特徴(図4参照)である。対向車へのグレアを抑制する配光特性から右側の歩行者が視認しづらいのではないかと考えられる。

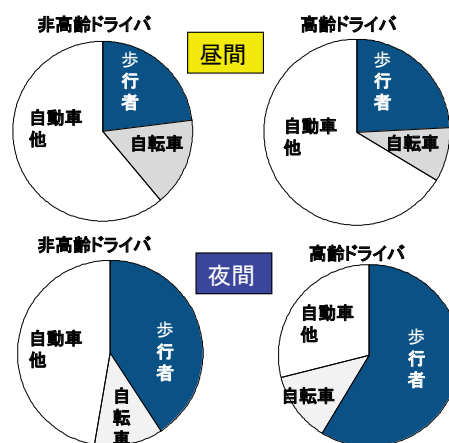


図1 自動車死亡事故の被害者の比率⁵⁾

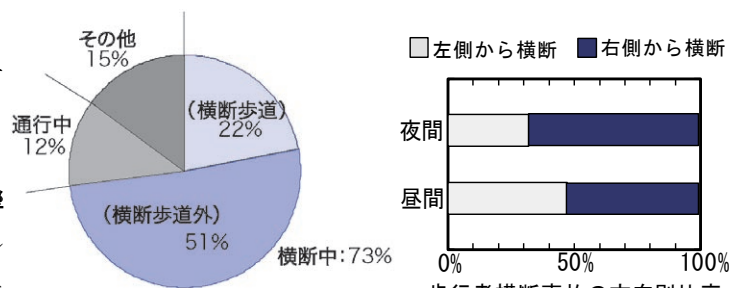


図2 対歩行者死亡事故における歩行者行動別割合

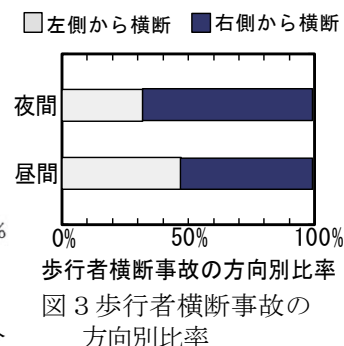


図3 歩行者横断事故の方向別比率

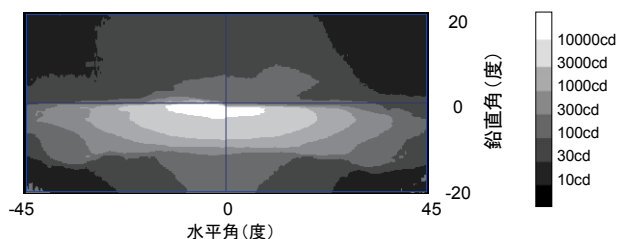


図4 ロービーム配光例

3. 視覚特性を考慮したドライバ視界のCG化手法

本研究では、前照灯による夜間運転時のドライバ視界の変化を、視覚特性を考慮して画像表示するCGシミュレーション⁴⁾を用いて解析を行った。

3. 1. 解析手法

本研究では対向車前照灯のグレア光幕輝度もCG上で描写するものとする。そのグレア光幕に関して眼球内光散乱を数値シミュレーションにより解析を行い、その可視化を行う。

水晶体の透過率や粒径は過去の実測データ⁷⁻¹⁰⁾に基づき表1のように設定した。データは、年齢20歳のドライバの平均値を用いた。

これらの水晶体データに基づき、図5に示すモンテカルロシミュレーションにより光幕輝度の算出を行う。

表1 水晶体光学特性

水晶体の屈折率	1.40
水晶体内の混濁粒子屈折率	1.55
混濁粒子の粒径	1 μ m

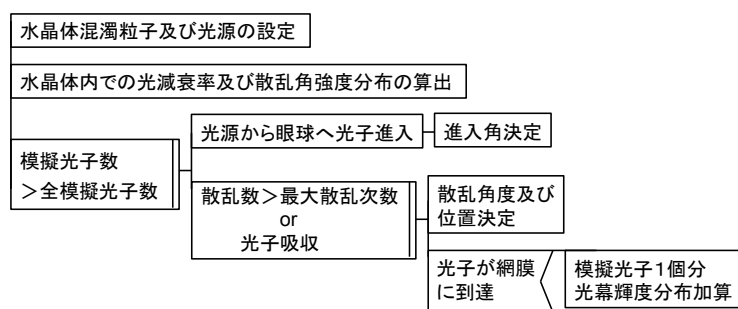


図5 眼球内光散乱の解析手法

3. 2. 設定条件

CGシミュレーションは、2台の車両がすれ違い走行する場合などについて実施し、対向車のすれ違いビームの見え方と2台の車両の前照灯照射による路面の輝度分布について解析を行う。その計算パラメータを表2に示す。路面反射率は15%、完全拡散反射とする。

歩行者や白線標識の反射率は80%を用いるものとする。前照灯の配光については実際に使用されているものの平均値を用いた。

表2 計算パラメータ

前照灯地上高	0.65m
2灯左右間隔	1.15m
ドライバの目の高さ	1.20m
背景条件	夜間
街路灯照射照度 ^{注1)}	鉛直面0.5lx 水平面3lx

注1) 交通量の少ない道路（住宅地区）を想定

道路は2車線、道路幅は7m（単車線は3.5m）とし、車両（ドライバの目の位置）はそれぞれ中心線から横2m位置を走行する（図6参照）。直線走行する場合について、自車両側のドライバから見たときの視界についてCG解析を行う。歩行者は高さ1m、直径0.3mの円筒状、無彩色で反射率20%と設定しその見え方について解析を行った。

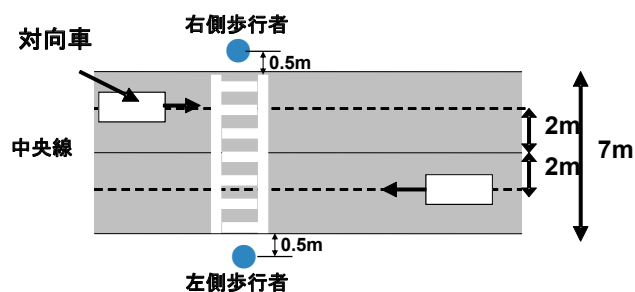


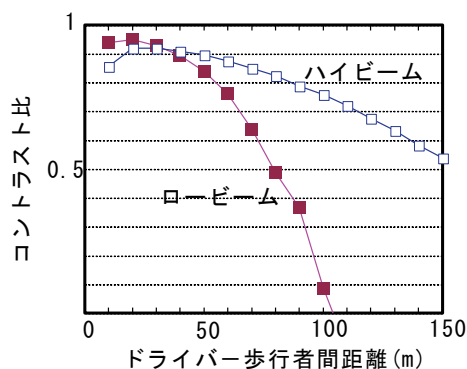
図6 道路設定条件

4. 解析結果

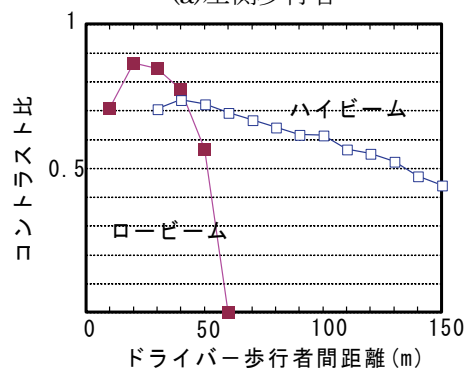
4. 1. 前照灯の配光による視認性の変化

図6に示す車道両側の歩行者の視認性を調べるため、歩行者と背景のコントラスト（足下での”（歩行者輝度－アスファルト路面輝度）／歩行者輝度”で算出したもの）を算出した。その結果を図7に示す。なお対向車は存在しないものとした。

左側歩行者および右側歩行者いずれもロービームよりもハイビームの方がコントラストは向上しており、歩行者の視認性はハイビーム利用により改善されることが示されている。またすれ違いビームの場合には右側歩行者は左側歩行者よりも距離が長くなった場合のコントラスト低下が大きく視認性が低下しやすい。右側の視認性の低下が事故の起こりやすい原因のひとつとして考えられる。



(a)左側歩行者



(b)右側歩行者

図7 対向車がない場合の歩行者の被視認性

しかしながらハイビームの利用は対向車が存在する場合には、そのグレア光幕により視認性低下を引き起こす可能性もある。グレア光幕による見かけ上のコントラスト低下を考慮したCG解析(図8)による結果を図9に示す。対向車と自車両は同じビーム(2台ともハイビーム、あるいは2台ともロービーム)を用いているものとし、そのビームの全体的な効果について解析した。対向車位置は道沿いに歩行者直近の後方4.5m(横断歩道後ろの停止線を想定)とした。

グレア光幕の影響によりロービームよりもハイビームの方がコントラストは低下しており、対向車がいる場合にはハイビームの利用は逆に視認性を低下させる可能性があることが示されている。対向車の車両位置を変化させた場合の結果を図10に示す。対向車の距離によりグレア光幕の影響も変化する。

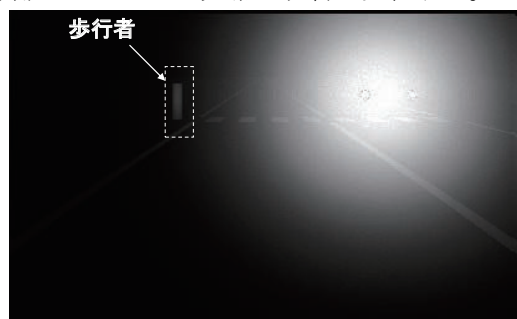
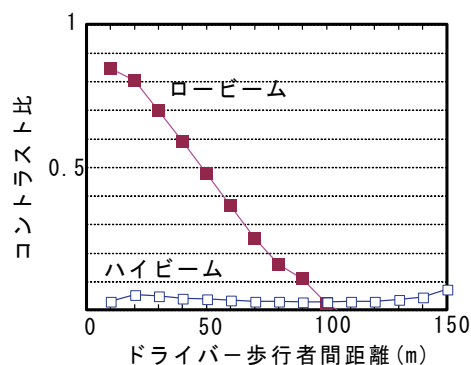
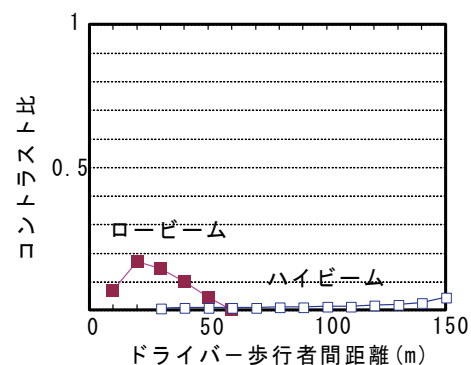


図8 グレア光幕が歩行者の視認性に及ぼす影響



(a)左側歩行者



(b)右側歩行者

図9 対向車のグレア光幕を考慮した場合の歩行者の被視認性

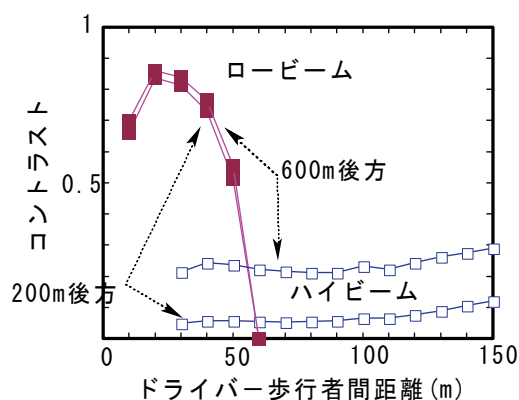
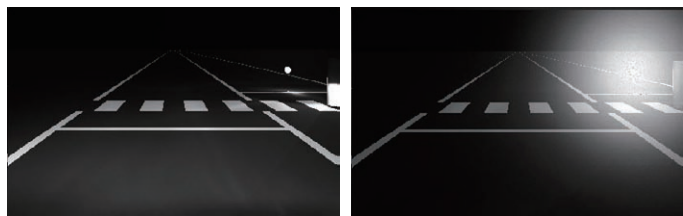


図10 対向車位置による右側歩行者の被視認性の変化

4. 2. 前照灯の配光によるグレア感の変化

ハイビームの利用は暗い夜道において歩行者の視認性を改善できるが、その反面、対向車が存在する場合には不快グレアあるいは減能グレアを与える可能性もある。前照灯の種類により(図11)、グレア感がどのように変化するかをH.-J.Schmidt-ClausenとJ.Th.H.Bidelsのモデル式により解析を行った。視線方向は進行方向とする。その結果を図12に示す。

対向車の位置により許容外のグレアが発生するため、その対応も必要になることが明らかになった。対向車の位置情報に基づきハイビーム／ロービームの自動切替などのきめ細かな制御を行うことにより、運転視環境への改善につながるものと考えられる。



(a) ロービーム (b) ハイビーム

図11 対向車前照灯による見え方の変化

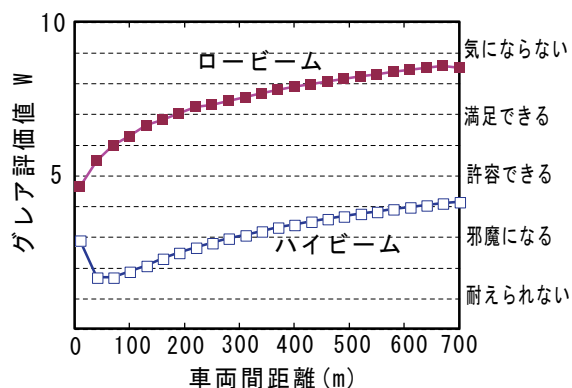
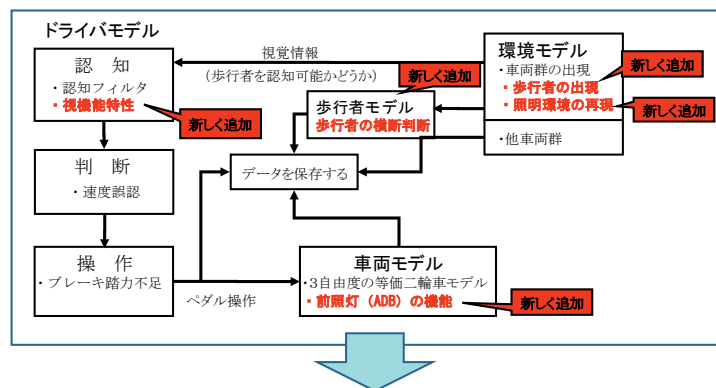


図12 対向車前照灯によるグレア感の変化

4. 3. 予防安全支援システム効果評価シミュレータへの活用

前照灯の改善による歩行者事故やニアミスの低減効果を定量的に評価するため、今回得られた夜間運転時の対向車の光幕輝度やコントラスト解析手法を予防安全支援システム効果評価シミュレータ(ASSESS)に組み入れ、ADBなどの効果を長期間の交通流シミュレーションの実施により評価するものとする(図13)。



事故件数及びニアミス件数の変化により、前照灯(ADB)の効果予測を実現

図13 視覚特性を組み入れた ASSESS の全体構成図

5. 最後に

夜間時において自動車事故は発生しやすく、特に対歩行者事故が大きな割合を占める。この研究では視覚特性を考慮することができる CG シミュレーションにより、事故の発生しやすい夜間運転時のドライバ視界が前照灯によりどのように変化するか解析し、歩行者の被視認性を評価した。その結果を以下に示す。

- (1) 対向車がない場合あるいは遠方に存在する場合には歩行者の視認性はハイビーム利用により改善されるが、近くに対向車がいる場合にはグレア光幕により視認性が低下する可能性もある。
- (2) すれ違いビームの場合には、右側歩行者は左側歩行者よりも歩車間距離が長くなった場合のコントラスト低下が大きく視認性が低下しやすい。
- (3) 対向車の位置に応じてハイビーム／ロービームを適切に自動切り替えるなどのきめ細かな制御を行うことが安全性向上に有効である。

今後も CG シミュレーションや予防安全支援システム効果評価シミュレータの活用により各種自動車灯火器の効果評価や改善を行う。

< 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/back_99.html
- 2)Mefford,M.L.,Flannagan,M.J,and Bogard,S.E.：実交通環境下のハイビームヘッドランプの使用について(2006)、
<http://www.umich.edu/~industry/PDF/UMTRI-2006-11-Japanese.pdf>
- 3)J-CAST ニュース：夜間走行は「ハイビーム」？「かえって危険だ」と困惑の声 (2007) <http://www.j-cast.com/2007/11/12013234.html>
- 4)青木：グレア光幕の加齢変化を考慮した運転視覚情報のコンピュータグラフィックス、自動車技術会論文集 (2009) 40-2、pp.567-572
- 5)三井ほか：高齢者の身体機能と交通死亡事故の関係、科学警察研究所報告交通編 (1995) 36-1、pp.53-69
- 6)交通事故総合分析センター：ITARDA INFORMATION83 (2010) pp.1-12
- 7)草田他：レーザ散乱光による水晶体タンパク粒子径の測定、あたらしい眼科 2-5(1985)pp.725-728
- 8)中谷ほか：レーザ散乱分光法による人眼水晶体蛋白質粒子径の臨床測定、医用電子と生体工学 24-5 (1986) pp.310-314
- 9)小早川ほか：有色白内障における呈色原因について、あたらしい眼科 9-6 (1992) pp.1069-1072
- 10)J.Xu、J.Pokorny、V.C.Smith："Optical Density of the Human Lens,"J.Opt.Soc.Am.A 14-5、pp.953-960(1997)