

歩行者用反射材が夜間の歩行者の認知と 歩行者事故に及ぼす効果

三井達郎*

森 健二**

浪川和大***

本研究では、歩行者用反射材の視認性向上効果を実際の道路上における夜間の視認性実験によって調べるとともに、交通事故調査データと歩行者用反射材活用実態調査データの分析によって歩行者用反射材の着用が夜間の歩行者事故発生に及ぼす影響を検証した。その結果、歩行者が夜間に反射材を着用することによって運転者からの発見距離が長くなること、運転者に見落とされにくくなること、たとえ誤って車の進路上に飛び出したとしても衝突される危険性が低くなることがわかった。また、実態調査から歩行者が反射材を着用していると着用していない場合に比べて事故に遭う危険性が大幅に低下することが明らかとなった。

Effects of Retroreflective Materials on Recognition of Pedestrian and Pedestrian Accidents at Night

Tatsuro MITSUI*

Kenji MORI**

Kazuhiro NAMIKAWA***

The effects of retroreflective materials on recognition of pedestrian were investigated by a field experiment conducted at night. And whether attachment of retroreflective materials influences the risk of being involved in pedestrian accidents was examined by analyzing traffic accident data and survey data concerning the diffusion of retroreflective materials. The results showed that when pedestrians wore retroreflective materials the recognition distances were longer, pedestrians tend not to be overlooked by drivers and the risk to be crashed was lower even if a pedestrian dashed out in front of a car by mistake. Further, the analysis of accident data and survey data revealed that the risk of involvement in accidents was extremely lower for pedestrians wearing retroreflective materials than that for pedestrians not wearing retroreflective materials.

* 科学警察研究所交通科学第二研究室長

Head, Second Traffic Science Section,

National Research Institute of Police Science

** 科学警察研究所交通科学第一研究室主任研究官

Senior Researcher, First Traffic Science Section,

National Research Institute of Police Science

*** 警視庁交通部交通規制課副主査

Chief Engineer, Traffic Bureau, Traffic Regulation Division,

Tokyo Metropolitan Police Department

原稿受理 2007年 8月 7日

1. はじめに

夜間に歩行者用反射材を着用すると、運転者から歩行者を発見しやすくなることはよく知られている。しかしながら、具体的にどの程度発見しやすくなるのかについては、わが国では必ずしも十分明らかにされていない。夜間の歩行者事故を防止するためには、歩行者用反射材の着用をよりいっそう推進することが重要であるが、単に反射材の着用を呼びかけるだけでは、反射材利用の飛躍的な増加は望めないであろう。できるだけ多くの人に反射材を着用してもらうためには、一人ひとりに反射材着用の効果を納得してもらい、自ら進んで反射材を着用するように促すことが大切である。現在、各都道府県警察が行っているシルバーナイトスクールなどの反射材の効果を体験させる交通安全活動はこのような考え方に基づくものであり、反射材の普及に役立つと言える。

しかしながら、体験学習に参加できる人数は限られているため、体験学習だけでは多くの人に反射材の効果を実感してもらうことは難しい。反射材のよりいっそうの普及のためには、体験学習に加え、反射材の着用によって事故危険性がどの程度減少するのかについての科学的なデータに基づいた広報啓発を行うことも重要と考える。

以上の背景を踏まえ、本研究では、まず、歩行者用反射材の効果に関する過去の研究事例を概観し、これまでに得られている知見を整理する。続いて、実際の道路上において歩行者用反射材の視認性実験を実施し歩行者用反射材の視認性向上効果を定量的に評価する。最後に、交通事故調査データと歩行者用反射材活用実態調査データの分析によって歩行者用反射材の事故防止効果を明らかにする。

2. 歩行者用反射材の効果に関する過去の研究事例

わが国においては、交通安全教育の一環として反射材の見え方のデモ実験を行った例は散見されるものの、科学的な観点から反射材の効果を調べた研究例はほとんどないのが現状である。一方、諸外国においては、反射材着用が歩行者の発見のしやすさに及ぼす影響について従来から研究されており、いくつかの興味深い知見が得られている。

夜間に歩行者が反射材を着用することによって、運転者が歩行者を発見できる距離がどの程度長くなるかについて調べた研究は過去に数例行われている。

このうち最もよく知られているのはBlombergら¹⁾の研究である。Blombergらは歩行者が反射材を着用した場合と着用しない場合で、運転者からみた歩行者の発見距離がどの程度異なるかを屋外実験によって調べた。実験に用いた反射材は市販されている3種類の反射材製品(反射性タグ、反射性チョッキ、反射性バンド)である。実験の結果、反射材を着用した場合の歩行者の発見距離は反射材を着用しない場合と比較して、反射性タグでは約1.4倍、反射性チョッキでは約3倍、反射性バンドでは約4倍であることが明らかとなった。

反射材の取り付け方法と歩行者の発見距離の関係に関してはOwenら²⁾の研究が代表例である。Owenらは、反射材を四肢に取り付けて人の動きを表すこと(これは一般にBiological Motionと呼ばれている)が発見距離を長くするのに効果があるかどうかを調べた。実験方法は、夜間にさまざまな反射材を着用してジョギングしている人をビデオで撮影し、それを被験者に提示して発見距離を測定するという方法である。その結果、胴体部に反射材を取り付けた場合よりも四肢に反射材を取り付けた方が発見距離が長くなることがわかった。この研究では、ビデオ画像を用いているため、現実の発見距離を反映していない可能性がある。この点を踏まえ、Luoma³⁾は、実際の道路上でBiological Motionの効果を調べた。その結果、反射材を付けることによって発見距離は長くなること、反射材を胴体に取り付けるよりも手首と足首、あるいは主な関節部に取り付けた方が発見距離が長いことがわかった。

反射材着用の効果は、加齢に伴う視機能の低下を考慮すれば運転者の年齢によっても影響を受けることが予想される。Woodら⁴⁾は、運転者が若年者の場合と高齢者の場合で、夜間の歩行者の発見距離がどのように異なるかを屋外実験により調べた。そして、高齢運転者は若年運転者に比べて歩行者の発見距離が大幅に短いことを明らかにした。

歩行者用反射材を普及させるためには、歩行者に対して、反射材の着用によって自分がどの程度発見されやすくなるのかを理解させておくことが重要である。この点に着目した研究として、Shinarの研究⁵⁾が挙げられる。Shinarは、運転者から歩行者を見たときの実際の発見距離と、歩行者の推定発見距離(歩行者が、自分に接近してくる車の運転者が「自分を見つけた」と最初に感じた時点での車と歩行者の距離)を比較した。そして、歩行者による発見距

離の推定値は、実際の発見距離よりも平均で約1.25倍長くなる傾向があることを示した。また、Tyrrellら⁶⁾は、歩行者は、自分が反射材を身につけていない場合と反射材ベストを着用している場合は、運転者が夜間に自分を認知する距離を過大評価（歩行者は、実際には自分が運転者から見えていない距離であるにもかかわらず、見えていると推定）していることを明らかにした。Tyrrellらは、「この結果は、歩行者は、自分に接近してくる車の運転者にとって自分は十分見えているはずであるから車の方が回避行動をとってくれるであろう、という誤った解釈をしてしまうことにつながる」と指摘している。

以上、歩行者用反射材の着用と歩行者の発見距離の関係について過去の主な研究をレビューしたが、これらの研究で得られている発見距離の値は、そのままわが国には適用できない。なぜなら、諸外国とわが国では、車の前照灯の光度・配光特性や被験者の視機能（特に光の感受性）が異なるからである。さらに、上記の研究では、被験者である運転者が前方に歩行者が存在することを予期していた状態での発見距離を測定している。実際の運転では、運転者が歩行者の出現を予期していない場合が多い。そして歩行者の出現を予期していない場合は予期していた場合よりも発見距離が短くなること指摘されている⁷⁾。よって、わが国の被験者による実際の運転に近い条件下での歩行者用反射材の視認性実験が必要である。

上記の研究はいずれも歩行者用反射材の視認性向上効果に関するものであるが、次に、事故防止効果に関する文献に言及する。歩行者用反射材と交通事故発生との関係についてはKwanら⁸⁾が文献調査研究を行っている。Kwanらは、反射材の着用が交通事故に及ぼす影響を定量的に示した文献を探すことを目的として、1963年から2001年にかけて全世界で発行された計1,991編の反射材関係の論文をレビューした。その結果、反射材と事故発生の定量的関連性を調べた研究例は見出せなかった。反射材は事故を減らす効果があることは容易に推察されるが、この文献調査からわかるとおり、現在まで歩行者用反射材の使用と事故発生の関連性を実証した研究例は世界的にみても存在しないと思われる。反射材の普及を推進するためには、費用対効果を把握する意味でも反射材の事故防止効果を定量的に明らかにしておく必要がある。

本研究では、上記の文献レビューを踏まえ、実際

の運転に近い条件下で歩行者用反射材の視認性向上効果を定量的に把握するための視認性実験を実施した。また、歩行者用反射材の事故防止効果を調べるために交通事故調査データと歩行者用反射材活用実態調査データの分析を行った。

3. 歩行者用反射材の視認性実験

3-1 実験のねらい

実験のねらいは、以下の2点である。

- (1)夜間に歩行者が反射材を着用することによって運転者が歩行者をどの程度発見しやすくなるかを定量的に明らかにする
 - (2)運転者の年齢によって反射材を着用した歩行者の発見のしやすさに差があるかどうかを調べる
- 本実験では、実際の運転に近い条件である歩行者の出現を予期していない場合における「運転者からみた歩行者の発見のしやすさ」を評価する。具体的評価指標としては、運転者が前方の歩行者を発見したときの車と歩行者の距離（発見距離）、歩行者が存在したにもかかわらず歩行者に全く気づかなかった率（歩行者見落とし率）、運転者が歩行者を発見したときにその歩行者が車の進路に飛び出してきたと仮定した場合に事故となる率（推定衝突率）の3指標を用いた。

3-2 実験概要

1) 実験方法

千葉県柏市の住宅地域内に全長7.2km（1周2.4kmのコースを3周）の実験コースを設定し、そのコース上にさまざまな反射材を着用した目標歩行者を配置した。目標歩行者を配置した地点の道路幅員は6mであり、目標歩行者の服装の色は黒とした。

実験コースは夜間は自動車交通量が少なく、目標歩行者の配置地点には道路照明はない。目標歩行者が立っている場所の路面照度は平均で0.28lxであった。被験者は実験車（排気量1,500ccの乗用車）を前照灯下向きで運転して実験コースを走行した。実験車の前照灯照射範囲（歩行者の膝から下が確認できる範囲）は、実験車の正面および道路の左側で約40m、道路の右側で約33mであった。実験に先立って被験者に対して「前方に歩行者がいることがわかったら直ちに声で知らせてください」と教示した。実験車には前方画像の撮影と被験者の音声を録音するためのビデオカメラ、および車の位置を測定するためのGPSを搭載した。本実験で使用したGPSはDGPS（位置のわかっている基準局が発信するFM放



Fig. 1 道路の左側を背面歩行している歩行者の反射材着用状況



Fig. 2 道路の右側で横断待ちをしている歩行者の反射材着用状況

送の電波を利用して計測精度を高めたシステム)で0.2秒間隔で自動車の位置の緯度・経度を出力することができる。被験者へのコースの指示と測定機器の操作のため係員1名が実験車に同乗した。

走行実験終了後、ビデオに記録された被験者の音声とGPSの出力値を時刻をキーとして照合し、歩行者を発見した瞬間の実験車の位置を特定した。一方、目標歩行者の出現位置はあらかじめ決めてあるので、デジタル地図によって歩行者位置の緯度・経度を知ることができる。GPSで測定した車の位置と目標歩行者の位置を用いて、被験者が歩行者を発見した瞬間における実験車と目標歩行者の距離を算出した。実験車が歩行者の横を通り過ぎたにもかかわらず歩行者に全く気づけなかった場合は発見距離 = 0 mとした。

2) 目標歩行者の行動および反射材着用状況

目標歩行者の行動は、道路の左側を背面歩行している場合と道路の右側で横断待ちをしている場合とした。

歩行者が道路の左側を背面歩行している場面での具体的な反射材着用状況をFig.1に示す。反射材なしのケース(a)、腕と靴に反射材を付けたケース(b)、腕と靴と足首に反射材を付けたケース(c)の3ケースを設定した。この場面では、目標歩行者は運転者に背中を向けて同じ位置で足踏みをした状態とした。

歩行者が道路の右側で横断待ちをしている場面での具体的な反射材着用状況をFig.2に示す。反射材

Table 1 歩行者の輝度

単位: cd/m²

歩行者位置・反射材の有無	実験車と歩行者の距離					
	20m	40m	60m	80m	100m	
道路の左側	反射材なし	0	0	0	0	0
	反射材あり	14	7	4	2	0
道路の右側	反射材なし	0	0	0	0	0
	反射材あり	5	6	3	1	0

なしのケース(a)、腕に反射材を付けたケース(b)、腕と足首に反射材を付けたケース(c)の3ケースを設定した。

実験で使用する反射材は一般に市販されているものとし、腕および足首の反射材は取り外し可能な反射性リングを用いた。また、靴への反射材の取り付けは靴底とかかとの部分に反射シートを貼付した。

実験車の運転席から見たときの歩行者の輝度の測定例をTable 1に示す。同表の値は、道路幅員6mの道路で実験車の前照灯下向きの状態で測定した歩行者の腕の部分の輝度である。

3) 被験者

被験者は、23~29歳が8名、30~64歳が8名、65歳以上の高齢者が7名の計23名である。いずれも運転免許証を保持し日常的に運転を行っている者とした。実験に先立ち被験者の視機能を測定した。その結果、視力と動体視力については各年齢層で大差はなかったが暗順応とコントラスト感度では65歳以上で衰えが見られることが示された。すなわち、65歳以上では暗さに眼が慣れるまでより長い時間を要し、

明暗の識別能力も他の年齢層に比べて劣っていることがわかった。

4) 実験日時

実験は、平成18年3月23日(木)、24日(金)、27日(月)の3日間の18時30分～22時の時間帯に実施した。

3-3 実験結果

前述したように本実験は一般公道で行った。このため実験コース上には目標歩行者だけでなく実験とは無関係の一般歩行者も少人数であるが存在した。被験者(運転者)は目標歩行者の出現位置を事前に知らされておらず、また、被験者には目標歩行者と一般歩行者の区別がつかない。よって、本実験は、運転者にとって歩行者がいつどこで出現するかわからないという実際の運転とほぼ同様な条件下での実験とみなすことができる。

Table 2に発見距離の測定対象とした視認回数を被験者の年齢層別・目標歩行者の反射材着用別に示す。今回の実験では、反射材を着用することの効果調べることを主たるねらいとしているので、「反射材なし」と「腕および靴」に反射材着用」の条件での視認回数を多く設定した。視認回数にバラツキがあるのは、対向車のヘッドライトの影響がある場

合や被験者が誤って前照灯を上向きにしてしまった場合を除外したためである。以下の分析はTable 2に掲げた視認回数分のデータについて実施した。

1) 運転者からみた歩行者の発見距離

Fig.3は、道路の左側を背面歩行している歩行者の発見距離の平均値を運転者の年齢層別・反射材の着用状況別に示した図である。まず、反射材なしの場合と腕と靴に反射材を着用した場合を比較すると、いずれの年齢層においても反射材なしの場合に比べて腕と靴に反射材を着用した場合の歩行者発見距離が長くなっている(*t*検定によればいずれの年齢層でも $p < 0.01$)。また、反射材なしの場合と腕と靴と足首に反射材を着用した場合を比較しても、いずれの年齢層においても腕と靴と足首に反射材を着用した方が歩行者発見距離が長くなっている(*t*検定によればいずれの年齢層でも $p < 0.01$)。一方、腕と靴に反射材を着用した場合と腕と靴と足首に反射材を着用した場合の比較では、いずれの年齢層においても有意な差は得られていない。

以上のことから、腕と靴に反射材を着用することによって歩行者発見距離は2倍以上長くなるが、腕と靴に加え足首に反射材を着用しても発見距離がさらに長くなることはないと言える。なお、運転者の年齢層別の比較では、高齢運転者(65歳以上)は非高齢運転者(30歳未満、30～64歳)に比べて、歩行者の反射材着用状況にかかわらず発見距離は短くなっている。この理由は、高齢運転者の視機能の低下によるものと推定される。

Fig.4に、道路の右側で横断待ちをしている歩行者の発見距離の平均値を示す。Fig.3(道路の左側を背面歩行)と比較すると発見距離が全体的に2分の1程度に短くなっている。このことから道路の右側

Table 2 視認回数

単位：回

被験者 (運転者)の 年齢層	目標歩行者の行動および反射材着用状況					
	道路の左側を 背面歩行している歩行者			道路の右側で 横断待ちをしている歩行者		
	反射材 なし	腕と靴に 反射材	腕と靴と 足首に 反射材	反射材 なし	腕に 反射材	腕と 足首に 反射材
30歳未満	16	32	4	15	30	8
30～64歳	16	30	7	13	30	7
65歳以上	12	25	5	13	24	6
全被験者	44	87	16	41	84	21

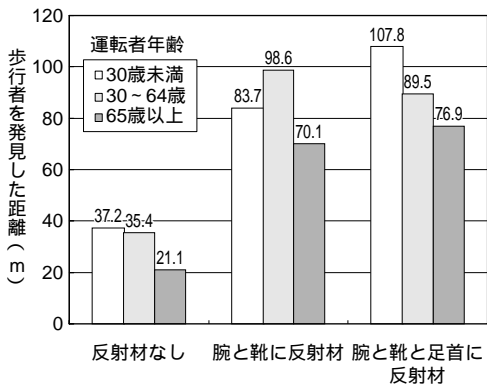


Fig. 3 道路の左側を背面歩行している歩行者の発見距離

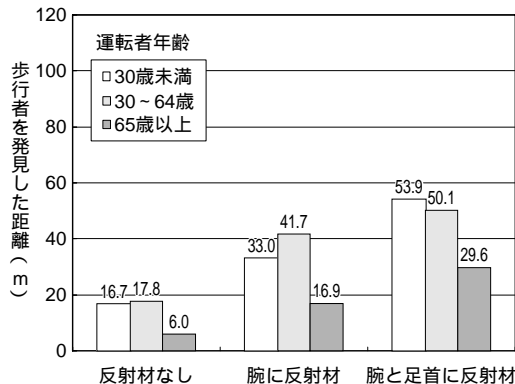


Fig. 4 道路の右側で横断待ちをしている歩行者の発見距離

の歩行者は道路の左側の歩行者に比べて運転者からは発見しにくいと言える。実験車が道路中心より左側に寄って通行したこと、前照灯の向きが対向車の眩惑を避けるため左側よりも右側がやや暗くなるように調整してあること等がこのような道路右側の歩行者の見にくさに影響していると考えられる。

まず、反射材なしの場合と腕に反射材を着用した場合を比較すると、いずれの年齢層においても反射材なしの場合に比べて腕に反射材を着用した場合の歩行者発見距離が長くなっている(t 検定によればいずれの年齢層でも $p < 0.05$)。また、反射材なしの場合と腕と足首に反射材を着用した場合を比較すると、サンプル数の少ない65歳以上を除いて30歳未満、30~64歳において腕と足首に反射材を着用した方が歩行者発見距離が長くなっている(t 検定によれば各年齢層で $p < 0.05$)。一方、腕に反射材を着用した場合と腕と足首に反射材を着用した場合の比較では、いずれの年齢層においても有意な差は得られていない。

以上のことから、道路の右側で歩行者が横断待ちをしている場合には、腕に反射材を着用することによって歩行者発見距離は2倍以上長くなるが、腕に

加え足首に反射材を着用しても発見距離がさらに長くなるわけではないと言える。また、高齢運転者は他の年齢層に比べて歩行者の反射材着用状況にかかわらず発見距離は短くなっていることがわかる。

2) 歩行者の見落とし率

実験中、実験車が歩行者の横を通り過ぎたにもかかわらず、運転者が歩行者にまったく気づかなかったケースがいくつか出現した。このような状況は運転者が減速などの回避行動をとらずに歩行者に衝突してしまうことにつながりかねず、きわめて危険である。そこで、歩行者にまったく気づかなかった状況の出現頻度が歩行者の反射材着用状況によってどのように異なるかを調べた。

Fig.5は、道路の左側を背面歩行している歩行者の見落とし率を運転者の年齢層別・反射材の着用状況別に示した図である。ここで歩行者の見落とし率とは、全視認回数に占める「歩行者にまったく気づかなかった」視認回数の割合である。見落とし率は65歳以上運転者の反射材なしの場合のみ16.7%であり、反射材着用場合は見落としは発生していない。このことから、道路の左側を背面歩行している歩行者は、反射材を着用していれば非高齢運転者はもちろん視機能が低下した高齢運転者からも見落とされることはないが、反射材を着用していないと高齢運転者に見落とされる恐れがあることがわかる。

Fig.6は、道路の右側で横断待ちをしている歩行者の見落とし率を示した図である。Fig.5(道路の左側を背面歩行)に比べて見落とし率が全体的に高くなっており、道路右側の歩行者は左側の歩行者に比べて運転者から発見しにくいことが示されている。反射材の着用状況別の比較では、有意差が見られたのは30~64歳の反射材なしの場合と腕に反射材の場合の間のみであった(t 検定によれば $p < 0.05$)。しかしながら全体的傾向としては、反射材なし、腕に反射材、腕と足首に反射材の順で見落とし率が低くなっている。この結果は、反射材の着用は、運転者からの見落としを防ぐ効果があることを示唆している。

3) 歩行者との衝突率

運転者が前方の歩行者を発見したときにその歩行者と衝突するか否かは、歩行者を発見したときの距離(発見距離)とその瞬間の車の速度によって決定される。今回の実験では実験車の0.2秒ごとの位置をGPSで計測しているので、このデータを用いて歩行者を発見したときの車の速度を知ることができる。

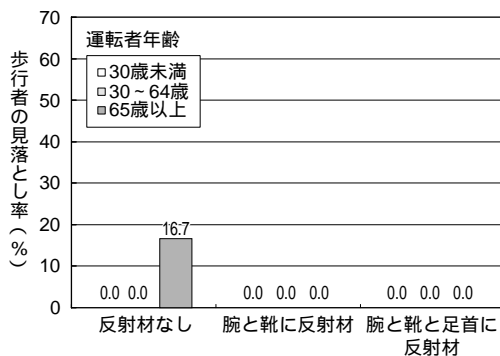


Fig. 5 道路の左側を背面歩行している歩行者の見落とし率

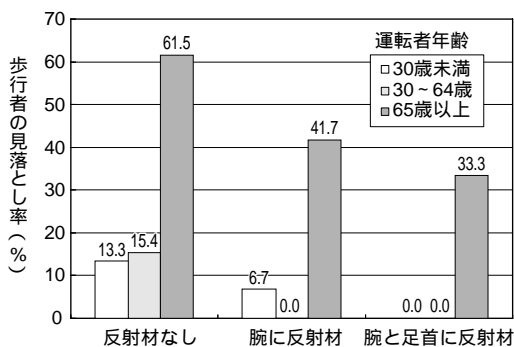


Fig. 6 道路の右側で横断待ちをしている歩行者の見落とし率

そこで、歩行者の発見距離とそのときの速度から、視認1回ごとに、もし運転者が歩行者を発見した瞬間にその歩行者が誤って車の進路上に飛び出したとしたら衝突するかどうかを計算によって判定した。計算にあたっては運転者の反応時間を1.0秒、減速度を4.8m/s²とした(厳密には高齢運転者と非高齢運転者では異なる値を使用すべきであるが今回は便宜的に同じ値を用いた)。そして、衝突が発生すると判定された視認回数を全視認回数で除した値を推定衝突率とし、この率が歩行者の反射材の着用状況によってどのように異なるかを調べた。ここで、発見距離 = 0 m、すなわち運転者が歩行者にまったく気づかなかった場合は衝突ありとした。

Fig.7は、道路の左側を背面歩行している歩行者と車の推定衝突率を示した図である。歩行者が反射材を着用していない場合は12~34%の割合で高齢運転者にも非高齢運転者にも衝突される危険があるが、反射材を着用していれば推定衝突率は0%となる。

Fig.8は、道路の右側で横断待ちをしている歩行者と車の推定衝突率である。高齢運転者および非高齢運転者とはともに歩行者が反射材なしの場合に比べて反射材を着用していると推定衝突率が低くなって

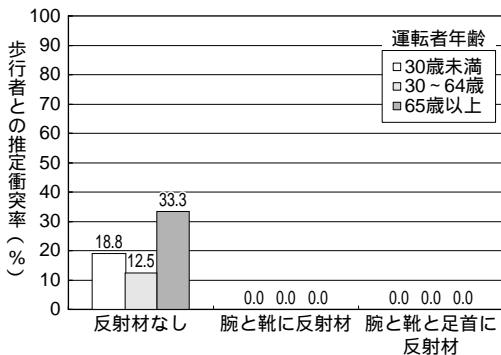


Fig. 7 道路の左側を背面歩行している歩行者との推定衝突率

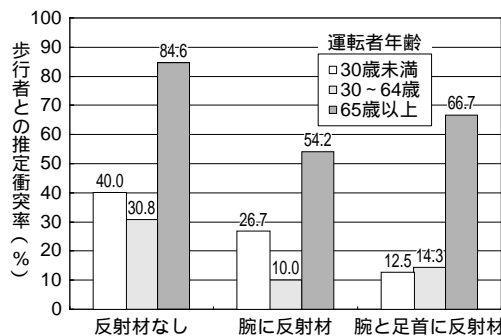


Fig. 8 道路の右側で横断待ちをしている歩行者との推定衝突率

いる(ただし²検定によれば有意差は見られない)。しかしながら、高齢運転者の場合には、歩行者が反射材を着用していたとしても推定衝突率は50%を上回っている。今後、高齢運転者が増加することを考慮すれば、特に運転者から見て道路の右側から横断しようとする場合には、たとえ反射材を着用していたとしても運転者からは発見しにくいことを一般歩行者に対して十分理解させることが大切である。

4. 歩行者用反射材の事故防止効果

前章では、歩行者が反射材を着用すると車の運転者から発見しやすくなることを実験によって示した。そこで、次にこのような効果が実際の交通事故の発生にどのような影響を及ぼすか明らかにする。このために、交通事故調査と反射材活用実態調査を実施した。

4-1 交通事故調査

交通事故で死傷した歩行者の反射材着用状況を調査した。調査対象は平成17年9月~11月の3か月に全国で発生した夜間の歩行者事故である。調査方法は、調査票を全国の警察本部に配布し事故1件ごとに必要事項を調査票に記入してもらうという方法である。主な調査項目は、反射材着用の有無、着用していた場合にはその種類、事故発生場所の周囲の明るさ、衝突パターンである。本調査は警察庁と共同で実施した。

4-2 歩行者用反射材活用実態調査

歩行者用反射材の事故防止効果を調べるためには、事故にあった歩行者の反射材着用状況とともに、一般歩行者の夜間の反射材着用状況を調べる必要がある。そこで、一般歩行者が夜間外出時にどの程度の割合で反射材を着用しているかを調べるための調査を行った。この調査は科学警察研究所と警察庁が基

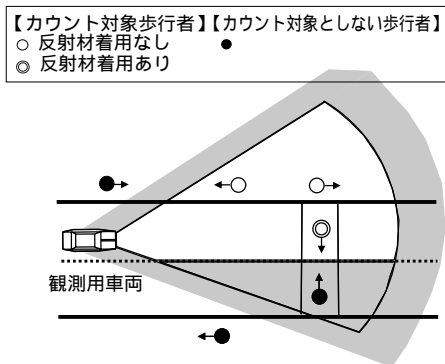


Fig. 9 観測方法

本設計を担当し、実際の調査は全日本交通安全協会が実施した⁹⁾。

調査方法は、Fig.9のように夜間に観測用車両を前照灯下向きで走行させ前照灯の照射範囲内に存在する歩行者を観測用車両内から観測するという方法である。この方法を採用した理由は、反射材は再帰性反射機能のため光が出てくる方向から見た場合のみ光って見えるという性質があるからである。観測用車両から見ると反射材は前照灯の光が反射して光って見えるので、反射材着用の有無を明確に識別することができる。前照灯下向きの光は対向車の運転者への眩惑防止のため、左側より右側がやや暗くなるように設計されている。本調査ではこの点を考慮し、観測用車両から見て反射材の着用の有無を確認しやすい道路左側の歩行者のみを観測対象とした。なお本調査はサンプル調査による反射材活用実態の調査であるため、観測対象歩行者を道路左側に限定しても調査結果に影響を及ぼさないと考えられる。

観測用車両には運転者1名、観測者2名が乗車した。調査項目は、歩行者のおおよその年齢層、男女別、反射材着用の有無、着用していた場合にはその種類である。

本調査は、北海道、宮城県、千葉県、石川県、京都府、岡山県、香川県、熊本県の8道府県で実施した。各道府県において、全長約12kmの調査対象ルートを8ルート設定した。ルートの設定は、県庁所在都市で4ルート、人口10万人以下の市で4ルートとした。本調査で対象とした全ルート数は64ルート(8道府県×8ルート)でルートの総延長は770kmである。この調査は、交通事故調査と同時期の平成17年9月26日～10月6日の18～21時に実施した。

4-3 歩行者用反射材の事故防止効果

本節では交通事故調査と歩行者用反射材活用実態調査のうち、反射材の事故防止効果に直接関連する調査結果のみを述べる(調査結果の詳細は別稿に譲る)。

1) 交通事故調査結果

交通事故調査の結果、夜間に自動車・二輪車と衝突して死傷した歩行者5,330人分の反射材着用状況に関するデータが得られた。このうち、反射材を着用していた者は116人で着用率は2.2%であった。歩行者の年齢層別に着用率を見ると65歳未満は2.3%、65歳以上は2.0%であり両者が差がなかった。

2) 歩行者用反射材活用実態調査結果

観測対象となった一般歩行者の数は8道府県で合

計9,992人であり、このうち反射材を着用していた歩行者は353人であった。この結果から反射材着用割合は3.5%と算出されるが、この値を8道府県の平均的な反射材着用率とみなすことはできない。なぜなら道府県ごとの観測者数にバラツキがあり、かつ人口に比例していないため、単純に着用者数を観測者数で除してしまうと観測者数の多い県の着用率に全体の着用率が大きく影響されてしまうからである。そこで、各道府県の着用率を各道府県の人口を用いて補正し、8道府県の平均的な反射材着用率とした。具体的には以下の式(1)で着用率を求めた。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^8 (r_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^8 P_i} \dots\dots(1)$$

ここで、

R : 8道府県の平均的な着用率

r_i : i 道府県の着用率

P_i : i 道府県の人口(平成16年10月1日現在)

その結果、 $R=5.3\%$ と算出された。

3) 交通事故で死傷した歩行者の反射材着用率と一般歩行者の反射材着用率の比較

Fig.10に、夜間の交通事故により死傷した歩行者の反射材着用率と夜間時の一般歩行者の反射材着用率を示す。一般歩行者の反射材着用率は8道府県の平均的な値であるが本研究ではこの値を全国平均とみなす。図からわかるように、一般歩行者の反射材着用率は5.3%であるのに対し、交通事故で死傷した歩行者の反射材着用率は2.2%に留まっている。この結果は、夜間に反射材を着用していると事故に遭いにくくなることを意味している。

次に、反射材を着用していると事故に遭う危険性はどの程度低くなるかを調べてみる。まず、以下のように記号を定義する。

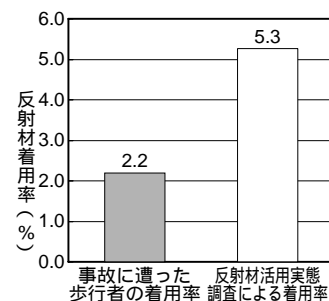


Fig. 10 歩行者用反射材着用率の比較

a : 事故に遭った反射材着用者数

b : 事故に遭った反射材非着用者数

A : すべての反射材着用者数

B : すべての反射材非着用者数

事故に遭った歩行者の反射材着用率は2.2%であるから、

$$a/(a+b)=2.2\% \quad \dots\dots(2)$$

また、一般歩行者の反射材着用率は5.3%であるから、

$$A/(A+B)=5.3\% \quad \dots\dots(3)$$

反射材着用者の事故率と反射材非着用者の事故率の比を式(2)、(3)を利用して求めると次のようになる。

着用者の事故率
非着用者の事故率

$$\begin{aligned} &= \left[\frac{\text{事故に遭った着用者数}}{\text{すべての着用者数}} \right] \bigg/ \left[\frac{\text{事故に遭った非着用者数}}{\text{すべての非着用者数}} \right] \\ &= \left[\frac{\text{事故に遭った着用者数}}{\text{事故に遭った非着用者数}} \right] \bigg/ \left[\frac{\text{すべての着用者数}}{\text{すべての非着用者数}} \right] \\ &= \left[\frac{a}{b} \right] \bigg/ \left[\frac{A}{B} \right] = 0.4 \quad \dots\dots(4) \end{aligned}$$

すなわち、反射材非着用の歩行者が事故に遭う危険度を1とすれば、反射材を着用していると危険度が0.4まで低下すると言える。

5. 考察

歩行者が夜間に反射材を着用していると運転者から発見しやすくなることは容易に推察される。しかしながら、わが国では、過去に歩行者用反射材の視認性向上効果を検証した研究はほとんど行われていなかった。本研究では、反射材の着用が運転者から見た歩行者の発見しやすさにどのような影響を及ぼすかを調べるための実証実験を実施した。その結果、歩行者が夜間に反射材を着用することによって運転者からの発見距離が長くなること、運転者に見落とされにくくなること、たとえ誤って車の進路上に飛び出したとしても衝突される危険性が低くなること、が明らかとなった。本実験の特徴は、運転者にとって歩行者がいつでもどこで出現するかかわからないという実際の運転とほぼ同様な条件下で実施したことである。したがって、本実験の結果は、現実の夜間運転時での歩行者の発見しやすさを反映していると考え

られる。ただし、視認回数が必ずしも多くないため統計的な有意差が得られないケースも見られた。今後は視認回数を増やしたより大規模な実験が必要である。

歩行者用反射材の着用による事故防止効果を調べるために、事故調査に加えて一般歩行者の反射材活用実態調査を実施した。一般歩行者が夜間外出時にどの程度反射材を活用しているかを正確に調べることはきわめて困難であるが、本研究では、走行車両内からの観測によって歩行者の反射材着用の有無を調べるという新しい方法を採用した。この方法によれば、従来の路側で歩行者を観測する方法に比べ、反射材の着用の有無を広い地域にわたってより正確に調べることができる。今回の調査では8道府県のサンプル調査に留まっているとはいえ、本調査で得られた一般歩行者の反射材着用率5.3%という数字は実際の着用率をほぼ反映していると言えよう。この値と事故に遭った歩行者の反射材着用率2.2%を比較することで、夜間に歩行者が反射材を着用していると事故に遭いにくくなることを実証することができた。また、反射材非着用の歩行者が事故に遭う危険度を1とすれば、反射材を着用していると危険度が0.4まで低下することも判明した。過去の文献レビューによれば、歩行者用反射材の使用と事故発生との関連性を実証した研究例は世界的に見ても存在しない。よって本研究で得られた反射材着用による事故防止効果に関する知見は、きわめて貴重な成果と言える。

6. おわりに

本研究では、まず文献調査によって歩行者用反射材と運転者から見た歩行者の発見のしやすさの関係について、現在までに明らかになっている知見を整理した。続いて、実際の道路上における夜間の視認性実験によって歩行者用反射材を着用すると歩行者の視認性が向上することを実証した。さらに、交通事故調査データと歩行者用反射材活用実態調査データの分析によって反射材を着用していると着用していない場合に比べて事故に遭う危険性が大幅に低下することを示した。

歩行者用反射材の活用によって夜間事故を防止するためには、一般歩行者に対してどのような場面で反射材が効果を発揮するのかを正しく理解させることはもちろん重要であるが、それとともに反射材が歩行者事故防止の万能薬ではないことも正しく伝え

なければならない。このためには、反射材の種類、取り付け場所、歩行者の動き、運転者の視機能等が歩行者用反射材の視認性向上効果・事故防止効果に及ぼす影響について、今後さらに詳細に検討し基礎データを蓄積していく必要がある。

参考文献

- 1) Blomberg , R . D . , Hale , A . and Preusser , D . F . : Experimental evaluation of alternative conspicuity - enhancement techniques for pedestrians and bicyclists . Journal of Safety Research , Vol . 17 , pp . 1 - 12 , 1986
- 2) Owens , D . A . , Antonoff , R . J . and Francis , E . L . : Biological motion and nighttime pedestrian conspicuity . Human Factors Vol . 36 , No . 4 , pp . 718 - 732 , 1994
- 3) Luoma , J . , Schumann , J . and Traube , E . C . : Effects of retroreflector positioning on nighttime recognition of pedestrians . Accident Analysis and Prevention Vol . 28 , No . 3 , pp . 377 - 383 , 1996
- 4) Wood , J . M . , Tyrrell , R . A . and Carberry , T . P . : Pedestrian visibility at night : effects of pedestrian clothing , driver age , and headlamp beam setting . TRB Annual Meeting CD ROM , 2003
- 5) Shinar , D . : Actual versus estimated night time pedestrian visibility . Ergonomics , Vol . 27 , No . 8 , pp . 863 - 871 , 1984
- 6) Tyrrell , R . A . , Wood , J . M . and Carberry , T . P . : On road measurements of pedestrians ' estimates of their own nighttime visibility : effects of clothing , beam , and age . TRB Annual Meeting CD ROM , 2003
- 7) Shinar D . : The effects of expectancy , clothing reflectance , and detection criterion on nighttime pedestrian visibility . Human Factors , Vol . 27 , No . 3 , pp . 327 - 333 , 1985
- 8) Kwan , I . and Mapstone , J . : Visibility aids for pedestrians and cyclists : a systematic review of randomized controlled trials . Accident Analysis and Prevention , Vol . 36 , pp . 305 - 312 , 2004
- 9) 全日本交通安全協会 『歩行者用反射材の活用実態調査報告書』 2005年