

# 交通安全に貢献する視認性の高いデザインの検証

角田 千枝<sup>\*1</sup> 門屋 博<sup>\*1</sup> 川合 康央<sup>\*2</sup> 向坂 康文<sup>\*3</sup>

Verification of the High Visibility Design that Contribute to Traffic Safety

Chie Tsunoda<sup>\*1</sup>, Hiroshi Kadoya<sup>\*1</sup>, Yasuo Kawai<sup>\*2</sup>, Yasufumi Kosaka

**Abstract** – This is a study to compare the visibility of accessories that use a different from of reflective material. These are the type of accessory hanging on straps and key chains. We have created a six types of accessories, that using the reflective material of the same area. We have taken two of the video for the experiment with these. Reflection Experiment 1 were compared by turning them. Then, the shape of the different accessories was different visibility. Reflection Experiment 2 were compared to walk with them to the bag. The results of experiment, these accessories were different visibility in two experiments. These accessories using the reflective material, noticeable regular tetrahedron is the best, inconspicuous sphere is the best. The plane of the accessories visibility is deteriorated when wearing side. Keychain using the reflective material is likely to be lower cost by the shape.

**Keywords:** Visibility, Accessory, Reflective Material, Sphere

## 1. はじめに

少子高齢化が進み続けている日本では、高齢者ドライバーによる交通事故の増加が問題となっており、様々な面から事故防止対策を進める事が必要となっている。そこで我々は、歩行者の存在を認識させるためには運転手からの視認性を高める事が重要であると考え、夜間の交通事故防止対策に効果的な素材として、加工が容易で生産性も優れている反射材に注目している。我々は、先行研究として本学会にて反射材を用いたランニングウェアの試作を発表し、反射材普及のためには「審美性と機能性」の両立したデザイン展開が必要であるとの考えを基にデザイン提案を行っている。<sup>[1]</sup>

今回は、簡易に身に付ける事のできる反射材アイテムであるキーホルダーの更なる普及を目指し、我々の考えに基づいた「審美性と機能性」を兼ね備えたキーホルダーのデザイン提案を行う為の基礎研究を行う。

反射材が広く普及されない要因の一つとして、一般の素材よりも反射材の方が高額であることがあげられる。現行では、反射材商品を販売するためには、原材料費を反映した高めの販売価格を設定するか、利益率を低く抑え手頃な価格を設定する企業努力を行っていると考えられる。高めの販売価格の設定は大量の販売個数を見込む事が難しい。また利益率を低く抑えることは薄利となるため販売数を増やさなくては利益向上に繋がらず、どちら

も企業活動にとってマイナス面が考えられる。

そこで本研究では、低コストで効果的な形状のキーホルダーのデザイン提案を行うための基礎資料となることを目指し、原材料費が同価格となるよう同面積の反射材を用いた試験モデルで評価実験を行い、形状により視認性に差異が生じるかを検証する。

## 2. 反射材の形状差による視認性実験

### 2.1 反射材の特性

反射材は、光源に対して反射光を返す再帰反射が特徴の素材であるため、光源に対して反射面を正面に向けさせる配置とする事で視認性が高くなる。また、低い位置への配置、可動、反射材の面積と視認性が比例関係である事は先行研究により明らかとなっている。<sup>[2] [3]</sup>

### 2.2 試験モデル

試験モデルは、直径 6cm の球体の表面積 113.10cm<sup>2</sup> を基準に、前後差 1.00 cm<sup>2</sup> 以内の誤差を許容範囲として各形状の展開図を作図した。その作図パターンを元にスチレンボードで土台を制作し表面に反射生地を貼り付け、立体 5 個（球体、正四面体、正六面体、正八面体、星型二十四面体）、平面 1 個（円形）の計 6 個のキーホルダーを作成した（表 1）。また、今回使用した反射生地は、基布の前面に反射材を塗布した「アルミ蒸着反射生地」である。

### 2.3 実験方法

制作した試験モデルを用いて、形状自体の評価を得るために試験モデルのみを回転させた「反射材実験 1」と、

\*1: 相模女子大学

\*2: 文教大学

\*3: 桜美林大学

\*1: Sagami Women's University





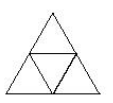


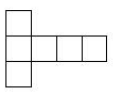


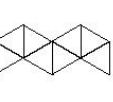


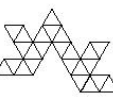


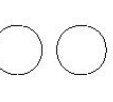
\*2: Bunkyo University

\*3: J.F. Oberlin University

実際の使用時の見え方を確認するために試験モデルを装着したかばんを身に付け歩行させた「反射材実験 2」の 2 つの動画を暗室にて撮影した。

表 1 試験モデル一覧

Table 1 Test Model List.

	照射無し	照射有り	作図パターン * 同面積
球体			* 2.5mm巾にカットした 反射材テープを接合のため、 作図パターン画し
正四面体			
正六面体			
正八面体			
星型 二十四面体			
平面_円			

### 2.3.1 反射材実験 1 の撮影方法（モデルのみ回転）

市販されている反射材の反射性能の試験は、JISZ9117 の 8.3 の方法で行われている（図 1）。反射材は当たる光の角度によって輝度が変わるため、反射性能測定を行う場合には、観測角  $0.2^\circ$ 、 $0.33^\circ$ 、 $0.2^\circ$ 、入射角  $5^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$  の各組合せによる 9 種を測定される。<sup>[2-3]</sup>

今回は、上記 JIS 規格による試験方法を参考に、受光器は撮影機器（ビデオカメラ）、投光器は懐中電灯、試験片は制作した試験モデルを用い、観測角  $0.2^\circ$ 、入射角  $5^\circ$  の組み合わせのみに限定して実験を行った。

試験モデルと受光器及び投光器までの距離は、この観測角及び入射角に基づき数値を算出した。受光器となる撮影機器のレンズ中心から 5cm 離れた位置に投光器となる懐中電灯のレンズの中心が来るよう設置し試験モデルを照射する。試験モデルは、撮影機器及び懐中電灯から 8.67m 離れた位置に設置した回転装置に吊り下げ、一周分の映像を撮影する。試験モデルの中心位置と撮影機器のレンズの中心、どちらの高さも 1m となるように設置する。背景及び回転装置の台座には黒色のベルベット生地を用い、実験の妨げとなる余分な光を排除した。

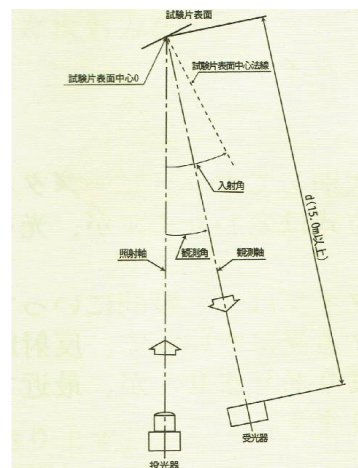


図 1 反射性能測定方法<sup>[2]</sup>

Fig.1 Reflective Performance measurement method<sup>[2]</sup>.

### 2.3.2 反射材実験 2 のかばんとキーホルダー装着位置の設定

かばんには、背面に背負うリュックサックや手の平で持ち手を握るハンドバッグやビジネスバッグ、手で抱えるクラッチバッグ、肩から下げるショルダーバッグなど様々な種類が存在する。今回「反射材実験 2」で使用するかばんは、腕の可動に左右されないよう、斜め掛けのショルダーバッグを採用した。

また、かばん本体は身体側面に来るよう設定する。この場合、図 2 のように大きく分けて、身体正面側のかばん側面位置 (A)、身体側面側のかばん表面接触位置 (B)、身体背面側のかばん側面位置 (C) の 3 か所にキーホルダーの装着が想定される。本研究では、歩行時の形状差の評価を目的としているため、身体やかばん本体で研究モデルが隠れやすく正確なデータが取りにくいと予測される A は不採用とした。また、反射材の表面積と視認性は比例関係であることが明らかになっているため研究モデルが動いても表面積が変わりにくい C も不採用とした。これらに対し、歩行により研究モデルがかばん側面に接触と離脱を繰り返す動的な動きが観察できると予測できる B を採用した。

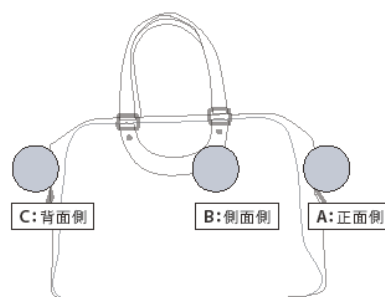


図 2 キーホルダー装着想定位置

Fig.2 Keychain mounting assumed position.

### 3. 実験結果の分析

#### 2.3.3 反射材実験 2 の撮影方法（かばん装着にて歩行）

夜間の交通事故は、歩行者の背面から車が接近し起こるケースが非常に高い。そこで本実験では、歩行者の背面から走行してくるドライバーからの見え方を確認するために、実際に人体に装着した状態での実験を行う。

身体側面の左側に試験モデルが配置されるよう、斜め掛けショルダーバッグの表面中央付近に試作モデルを吊り下げる（表 2）。また、試験モデルであるキーホルダー以外が目立たないよう、被験者の着装衣服・使用するかばん及び背景は黒色とする。「反射材実験 1」と同様に、撮影機器のレンズ中心から 5cm 離れた位置に投光器となる懐中電灯を設置し、かばんを身に付けた身体の試作モデル部分に照射する。試験モデルを装着した被験者は、撮影機器及び投光器から 8.67m 離れた位置で、投影機器に背面を向けて立位状態を取る。この位置が歩行開始位置となるため、実験機器の距離と角度を「反射材実験 1」と同様に、観測角  $0.2^{\circ}$ 、入射角  $5^{\circ}$  となるよう設定する。投影機器に徐々に近づく姿の映像撮影をするために、歩行開始位置から投影機器側に後ろ向きに歩行する。

表 2 キーホルダー装着状態（反射実験 2）

Table 2 Keychain mounted state  
(Reflective Material Experiment 2).

	照射無し	照射有り
背面		
前面		
側面		
*実験時は実際に人体に装着し歩行する		

用意したモデルに対して、一対比較法による順位付けを行う。これは、順位付けを行いたい対象について、二つの対象によるペアを作り、比較判断を行う方法である。ここではどちらの刺激が「目立つか」という基準で比較実験を行った。

#### 3.1 反射材実験 1

まず、モデルのみ回転する動画像に対する評価を行う。6 組の対象に対し、15 対の組み合わせ動画像を用意し、被験者に比較判断を 15 回実施してもらう。被験者は 84 名である。比較判断の結果を以下に示す（表 3）。この表では、球体と正四面体の比較実験の結果、球体を選択した被験者が 15 名、正四面体は 69 名となる。

表 3 比較判断（反射材実験 1）

Table 3 Comparative Judgment  
(Reflective Material Experiment 1).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面 円
球体		15	17	13	26	16
正四面体	69		44	24	48	26
正六面体	67	40		33	45	35
正八面体	71	60	51		54	36
星形 二十四面	58	36	39	30		25
平面 円	68	58	49	48	59	

次に、これを被験者数 84 名で割り、各モデルの選択確率で表したものを作成する（表 4）。

表 4 選択確率（反射材実験 1）

Table 2 Selection Probability  
(Reflective Material Experiment 1).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面 円
球体		0.1785714	0.202381	0.1547619	0.3095238	0.1904762
正四面体	0.8214286		0.5238095	0.2857143	0.5714286	0.3095238
正六面体	0.797619	0.4761905		0.3928571	0.5357143	0.4166667
正八面体	0.8452381	0.7142857	0.6071429		0.6428571	0.4285714
星形 二十四面	0.6904762	0.4285714	0.4642857	0.3571429		0.297619
平面 円	0.8095238	0.6904762	0.5833333	0.5714286	0.702381	

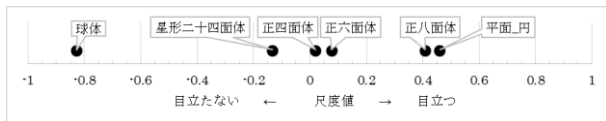
被験者の行った比較判断は互いに独立して評価されている。そこで、平均値が 0、標準偏差が 1 となるよう、選択確率から標準正規分布の逆関数を求め、各刺激間の相対距離を見る（表 5）。

表 5 相対距離（反射材実験 1）

Table 5 Relative Distance  
(Reflective Material Experiment 1).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面_円
球体		-0.920823	-0.833147	-1.016222	-0.497201	-0.876143
正四面体	0.920823		0.0597171	-0.565949	0.1800124	-0.497201
正六面体	0.8331469	-0.059717		-0.27188	0.0896424	-0.210428
正八面体	1.0162217	0.5659488	0.27188		0.3661064	-0.180012
星形 二十四面	0.4972006	-0.180012	-0.089642	-0.366106		-0.531261
平面_円	0.8761428	0.4972006	0.2104284	0.1800124	0.5312608	

各刺激の相対距離の値を行方向で平均し、心理尺度値を求める。ここでは、値が正のものは「目立つ」評価を受けたものであり、逆に負のものは「目立たない」評価を得たものとなる。これを 1 次元散布図で表す（図 1）。

図 3 心理尺度値（反射材実験 1）  
Fig.3 Psychological Scale Value  
(Reflective Material Experiment 1).

結果、「平面\_円」が最も目立つものであり、「正八面体」、「正六面体」、「正四面体」、「星形二十四面体」の順で目立たなくなっていく、「球体」が最も目立たないといった評価がなされた。

### 3.2 反射材実験 2

次に、同じ形状の対象をかばんに付けた状態で歩行したものを撮影した動画で行う。被験者は 82 名である。比較判断（表 6）、選択確率（表 7）、相対距離（表 8）及び心理尺度値（図 4）を示す。

表 6 比較判断（反射材実験 2）

Table 6 Comparative Judgment  
(Reflective Material Experiment 2).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面_円
球体		15	27	27	32	36
正四面体	67		50	45	56	42
正六面体	55	32		25	38	40
正八面体	55	37	57		46	37
星形 二十四面	50	26	44	36		36
平面_円	46	40	42	45	46	

表 7 選択確率（反射材実験 2）

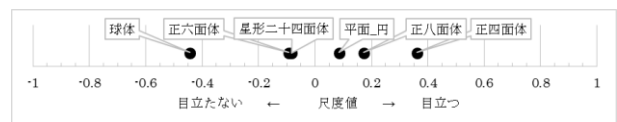
Table 7 Selection Probability  
(Reflective Material Experiment 2).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面_円
球体		0.1829268	0.3292683	0.3292683	0.3902439	0.4390244
正四面体	0.8170732		0.6097561	0.5487805	0.6829268	0.5121951
正六面体	0.6707317	0.3902439		0.304878	0.4634146	0.4878049
正八面体	0.6707317	0.4512195	0.695122		0.5609756	0.4512195
星形二十四	0.6097561	0.3170732	0.5365854	0.4390244		0.4390244
平面_円	0.5609756	0.4878049	0.5121951	0.5487805	0.5609756	

表 8 相対距離（反射材実験 2）

Table 8 Relative Distance  
(Reflective Material Experiment 2).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形 二十四面	平面_円
球体		-0.904267	-0.441935	-0.441935	-0.278683	-0.153443
正四面体	0.9042673		0.2786834	0.1225808	0.475899	0.0305734
正六面体	0.4419345	-0.278683		-0.510422	-0.091835	-0.030573
正八面体	0.4419345	-0.122581	0.5104216		0.1534432	-0.122581
星形二十四面	0.2786834	-0.475899	0.0918348	-0.153443		-0.153443
平面_円	0.1534432	-0.030573	0.0305734	0.1225808	0.1534432	

図 4 心理尺度値（反射材実験 2）  
Fig.4 Psychological Scale Value  
(Reflective Material Experiment 2).

結果、「正四面体」が最も目立つものであり、「正八面体」、「平面\_円」、「星形二十四面体」、「正六面体」の順で目立たなくなっていく、「球体」が最も目立たないといった評価がなされた。

### 3.3 反射材実験 1 と反射材実験 2 の比較

最後に、反射材実験 1 と反射材実験 2 の心理尺度値について比較検討を行うこととする（表 9、図 5）。

表9 心理尺度値  
(反射材実験1と反射材実験2の比較)

Table 9 Psychological Scale Value  
(Comparison of Experiment 1 and Experiment 2).

	球体	正四面体	正六面体	正八面体	星形二十四面体	平面_円
反射材実験1	-0.828707	0.019480611	0.076152744	0.408028909	-0.13396425	0.459008988
反射材実験2	-0.4440526	0.362400795	-0.09391575	0.172127536	-0.08245343	0.085893448

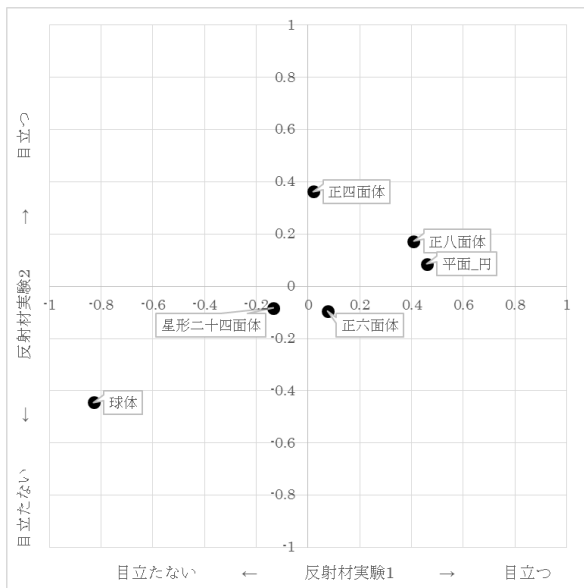


図5 心理尺度値  
(反射材実験1と反射材実験2の比較)

Fig.5 Psychological Scale Value  
(Comparison of Experiment 1 and Experiment 2).

結果、「球体」は最も目立たない形状といえる。「星形二十四面体」と「正六面体」はこれらの形状群の中で平均的な評価を持つ形状となる。「正八面体」と「平面\_円」は、反射材実験1では高い尺度値を持つ目立つ形状であったが、反射材実験2では尺度値が相対的に低下する。かばんに付けた際、効果がやや低くなる形状であるといえる。逆に「正四面体」は反射材実験1では平均的な評価を持つものであったが、反射材実験2では高い評価を得たものである。かばんに付けた際、目立つようになる形状であると考えられる。

今回の実験結果から、いずれのケースでも「球体」が目立たないものであるということが明らかとなった。光源に対する垂直投影面積が一定程度以上必要であることがわかる。「正四面体」は、投影面積が「正六面体」や「正八面体」に比して大きいものとなるが、一方で反射率最大となる角度になる機会は少ない。本実験の結果、ある程度の回数で反射するのであれば投影面積が大きいほうが有利といえる。「平面\_円」と「正八面体」は、かばんに付けた際に評価が低下するものである。両者はそれぞれ投影面積、反射回数のいずれかが十分ではないと思わ

れる。「星形二十四面体」は、形状の複雑性は有しているが、投影面積が狭く、評価は低い。

#### 4. まとめ

本研究により、反射材を使用する面積を同じにした場合、形状により見え方の評価に差が生じることが明らかとなった。また、反射材のキーホルダーを単体で回転させた場合と実際にかばんに装着した場合では形状により評価に差が生じる事も明らかとなった。

形状による特徴及び差異としては、以下の事が明らかとなった。

- ① 反射材を用いたキーホルダーを側面に配置し使用する場合には、表面の投影面積が大きい程、評価が高くなる。
- ② 形状が一定であり動いても変化が感じられない球体は目に付きにくい。
- ③ 面で構成された立体は、各面で受光角度が異なるため、各面の反射材の明るさが異なる。それに可動が加わる事で、明るさの変化が起り続けるため、一定に光る球体よりも目に付きやすい。
- ④ 平面の場合、1面の投影面積が一番大きいいため、単体で見の際には目立つが、身体の側面に装着する場合には、かばんの表面と反射材の表面が平行となりドライバーの目線からは見えない又は投影面積が非常に狭くなる時間も長く、身体側面に装着する場合は目立ちにくい。
- ⑤ 同面積の反射材を使用した際に形状により見え方に差が生じることが明らかとなったため、反射材の使用量を減らしコスト削減しても形状を工夫することで安全性が保たれるキーホルダーのデザインができる可能性がある。

①～⑤のように、本実験により形状による差異の基礎データを得る事ができた。そこで今後、本データで得られた形状毎の長所と短所を学生に解説し、「審美性と機能性」を考慮したオリジナル反射材キーホルダーのデザイン及びプロトタイプ作成を行う予定である。更に、完成したプロトタイプも本実験同様に評価実験を行い、デザイン性を加えた場合のキーホルダーの視認性についても検証したいと考えている。

また、先行研究より投影面積と視認性には比例関係である事が明らかとなっているため、一面の投影面積の大きさと視認性は比例すると予測していたが、今回の実験では、正六面体と正八面体の評価が逆転するなど、予想と異なる結果も現れている。今後は、それらの原因を解明するために条件を変えた実験を行うことが必要であろう。かばんのタイプ・装着位置などによる比較実験なども更に重ね、人々が安心して安全な日常生活が送れるよう、

反射材の所持率向上に繋がる研究を継続していきたいと考えている。

### 謝辞

反射材研究に関して全般的にご協力頂いております（一社）日本反射材普及協会様，反射実験についてご助言を下さいました（有）ランクスコーポレーション様，反射材の販売をご快諾下さいました（株）丸仁様，評価実験の被験者を引き受けて下さいました文教大学及び相模女子大学の皆様に深く感謝致します。

### 参考文献

- [1] 角田千枝，門屋博，川合康央：審美性と交通安全のための機能性を両立したランニングウェアの試作：ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015DVD 論文集，2513P（2015）
- [2] 一般社団法人日本反射材普及協会：もっともっと反射材について、知ってください。改訂版；一般社団法人日本反射材普及協会（2013）
- [3] 三井達郎，森健二，浪川和大：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；国際交通安全学会誌，Vol.33 No. 1 pp88-97（2008）