

# 高輝度かつ持続的に視認可能な 矢羽根型路面表示の提案について

今井 貴大<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都市 建設局 自転車政策推進室（〒604-8571 京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町488）

自転車の走行空間を示す矢羽根型路面表示の色彩は青色系を基本とするという提言が国から示されたが、本市では景観にも配慮しベンガラ色での整備を行うこととしている。視認性の向上を検討するため、様々なガラスビーズを散布した矢羽根型路面表示を複数設置し、様々な条件下で、輝度値等の路面表示特性の把握及び目視による観察を行うことで、視認性のより高い素材を検討した。検討後、最も視認性の高かった素材に加え、時間経過により路面表示の摩耗が進行しても、高視認な状態が持続するよう新たに開発した素材を組み合わせた矢羽根型路面表示を考案した。考案した路面表示を道路上に設置し、その特性を効果検証することで、高輝度かつ持続的に視認可能な矢羽根型路面表示を提案する。

キーワード 自転車、矢羽根型路面表示、ガラスビーズ

## 1. はじめに

平成24年11月に国土交通省及び警察庁が「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」を取りまとめた。その中で、自転車は車両であり、車道を走行することが大原則であるという考えに基づき、車道走行を基本とした自転車の走行環境整備を行うことが提示された。

本市でも、平成27年3月に策定した「京都・新自転車計画」に基づき、重点地区（付録参照）から順に自転車の走行環境整備を実施することとしており、平成28年度に京都市内で統一した整備を行うためのマニュアルとなる「京都市自転車走行環境整備ガイドライン」を策定予定である。整備方針としては、自転車の車道左側走行を促進するために、車道の左側に矢羽根型路面表示を設置することを検討している。

なお、現在国のほうでは、「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」の見直しが行われており、「安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会」において、矢羽根型路面表示の色彩は青色系を基本とするという提言が示されたが、本市では「京くみやこ>のみちデザイン指針」に基づき、景観にも配慮したベンガラ色での整備を行うこととしている<sup>2</sup>。

ただし、ベンガラ色での整備を行うこととなると、青色での整備よりも視認性が低下、特に夜間及び雨天時は著しく視認性が低下することから、視認性を高める方法について工夫する必要がある。

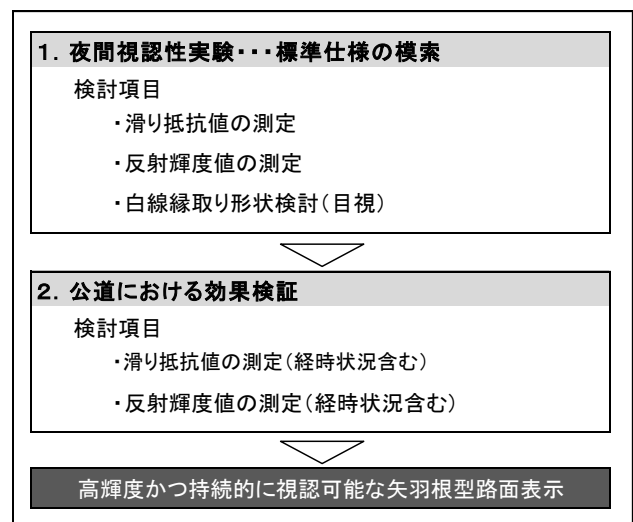
また、道路上に設置後、時間経過すると、車両の通行等によって、路面表示が摩耗することが懸念される。持続的に視認性を確保するためには、路面表示素材の改良

が求められる。

本論文では、車道を走行する自転車の安全を確保するため、様々なガラスビーズを散布した矢羽根型路面表示を複数設置する実験を行うことで、夜間及び雨天時においてもはっきりと視認できる矢羽根型路面表示の検討を行う。

加えて、時間経過による路面表示の摩耗が進行した際にも、持続的に視認可能な矢羽根型路面表示を考案する。考案後、実際の道路上に設置し、その特性を効果検証することで、高輝度かつ持続的に視認可能な矢羽根型路面表示について検討するものである（表-1 フロー参照）。

表-1 フロー



## 2. 実験概要

京都市役所の敷地内通路に、性能が異なるガラスビーズの散布を行ったもの（5パターン）に、夜間視認性向上策として白線縁取り（5パターン）を組み合わせ合わせた合計25個の矢羽根型路面表示を設置した。

（設置状況：図-1，路面表示仕様：表-2）



図-1 設置状況

### (1) 路面表示特性検証

設置した矢羽根型路面表示について、滑り抵抗値及び反射輝度の測定を行う。

#### a) 滑り抵抗値（測定機器は図-2参照）

振子の先に付いているゴム片が路面を摩擦する前後の振子の振り下げるときと振り上がるとき運動エネルギーの差を振子の振り上がり角度で読み取る方法であり、この方法で得られる滑り抵抗値はBPNと呼ばれており、BPN値が大きいほど、滑りにくい路面状態であるといえる。

#### b) 反射輝度値（測定機器は図-3参照）

車のヘッドライトに相当するものを投光器で、運転者の目に相当するものを受光器に置き換え実際の状態を再現する方法である。反射輝度値が大きいほど、夜間及び雨天時の視認性が優れているといえる。

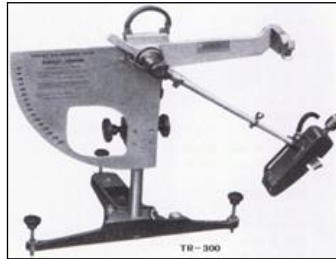


図-2 ポータブル・スキッド・レジスタンス・テスター（左）



図-3 反射輝度測定器（右）

表-2 矢羽根型路面表示仕様

| 群 | 供試体番号 | 散布材パターン             | 路面表示断面                                                             |
|---|-------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|
| A | 1～5   | 着色ビーズ(ベンガラ色)        | 散布層: 着色ビーズ(ベンガラ色)<br>ベース部: 高輝度ビーズ、3種1号 JISビーズ<br>路面: 硬質骨材          |
| B | 6～10  | 高輝度ビーズ(粒径:大)        | 散布層: 高輝度ビーズ(粒径:大)<br>ベース部: 高輝度ビーズ、3種1号 JISビーズ<br>路面: 硬質骨材          |
| C | 11～15 | 高輝度ビーズ(粒径:標準)       | 散布層: 高輝度ビーズ(粒径:標準)<br>ベース部: 高輝度ビーズ、3種1号 JISビーズ<br>路面: 硬質骨材         |
| D | 16～20 | 3種1号 JISビーズ         | 散布層: 3種1号 JISビーズ<br>ベース部: 3種1号 JISビーズ<br>路面: 硬質骨材                  |
| E | 21～25 | 3種1号 JISビーズ+骨材(シリカ) | 散布層: 3種1号 JISビーズ、硬質骨材<br>ベース部: 高輝度ビーズ、3種1号 JISビーズ、硬質骨材<br>路面: 硬質骨材 |

## (2) 目視による観察

夜間及び雨天時において、車のヘッドライトを矢羽根型路面表示各列の後方5mから照射し、再帰反射による視認性の違いを目視で観察（図-4）を行い、視認性が高い矢羽根型路面表示及び適切な白色縁取りの入れ方について検討を行う。

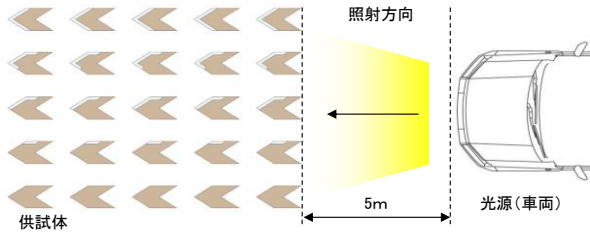


図-4 観察状況（夜間及び雨天時）

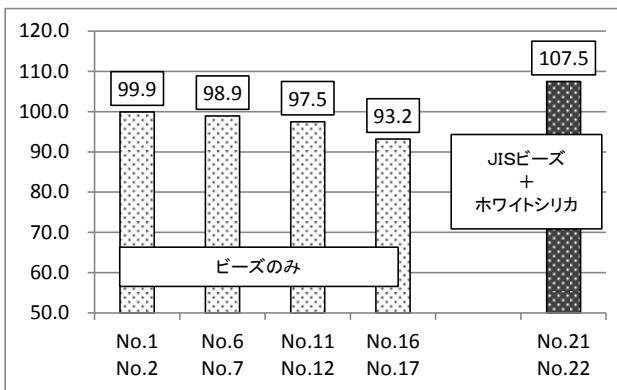


図-5 乾燥時の BPN 値 (単位: mod/lx・m2)

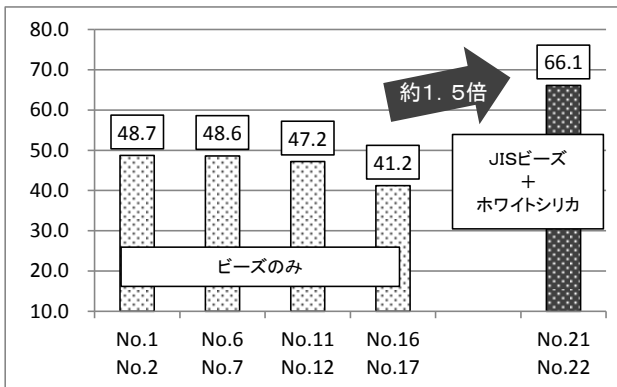


図-6 湿潤時の BPN 値 (単位: mod/lx・m2)

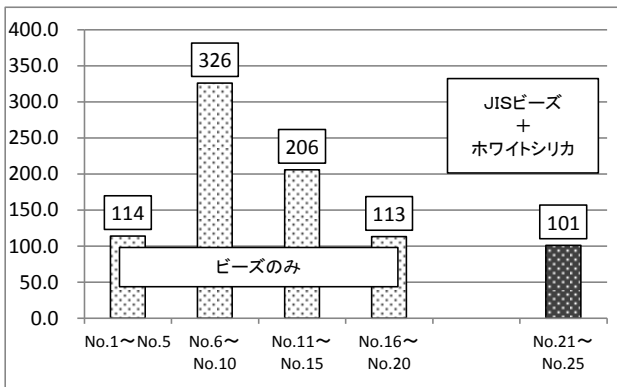


図-7 乾燥時の反射輝度値 (単位: mod/lx・m2)

## 3. 実験結果及び考察

### (1) 路面表示特性検証

#### a) 実験結果

図-5 及び図-6 において、乾燥時では散布ビーズの違いによる BPN 値の差は小さいが、雨天時の滑り易い湿潤状態においては、骨材であるホワイトシリカが散布されている矢羽根型路面表示の BPN 値が高い結果となり、滑り難くするために骨材を散布する事が有効である事が分かる。

図-7 において、高輝度ガラスビーズを散布した供試体 No.6~No.15 のベンガラ色部において、矢羽根型路面表示の反射輝度値が高くなり、中でも No.6~No.10 の「高輝度ビーズ（粒径大）」が特に高い値を示した。

骨材（ホワイトシリカ）を混ぜて散布している箇所の No.21~No.25 は、施工面に対するビーズの量が少なくなる為、ビーズのみの散布箇所と比較し視認性が下がる。

#### b) 考察

雨上がり時（雨天時含む）において、自転車がスリップしないよう自転車の安全確保をするためには、路面表示の表面に骨材（ホワイトシリカ）を散布することに加えて、矢羽根型路面表示の更なる視認性向上を図るためには、路面表示の表面に高輝度ビーズ（粒径大）を使用することが効果的であることが立証された。

## (2) 目視による観察

#### a) 実験結果

図-8 及び図-9 において、いずれの場合も、目視により、供試体 No.6~No.10 が視認性が最も高いという結果が得られた。これは、図-7 に示した反射輝度値の大きさとも合致する結果であり、その妥当性が示された。

また、図-10 に夜間晴天時にクルマのヘッドライトに相当する投光機を照射した矢羽根型路面表示を側方から観察した様子を示した。自転車は交差点部の事故が最も多いという観点から、側方から観察したときの見え方を検討することは意義がある。側方からの目視による視認性においても、供試体 No.6~No.10 は視認性が高いことが確認された。

さらに、矢羽根型路面表示の白線縁取り形状を変化させて、夜間の視認性向上に寄与する入れ方を検証したが当初の想定よりもガラスビーズによる視認性向上が認められたことから、白線の形状は最もシンプルかつ、自転車の走行空間の線形をより明確にする効果が期待される直線型とする。これは、前述した「安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会」で示された視認性向上策とも合致するものである。

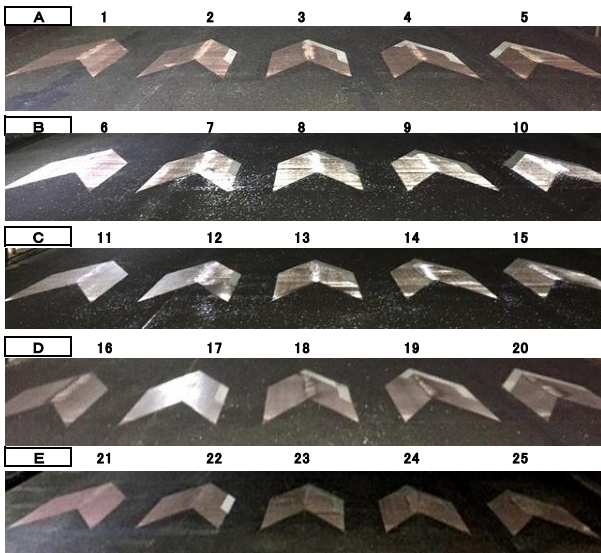


図-8 再帰反射状況（晴天時）

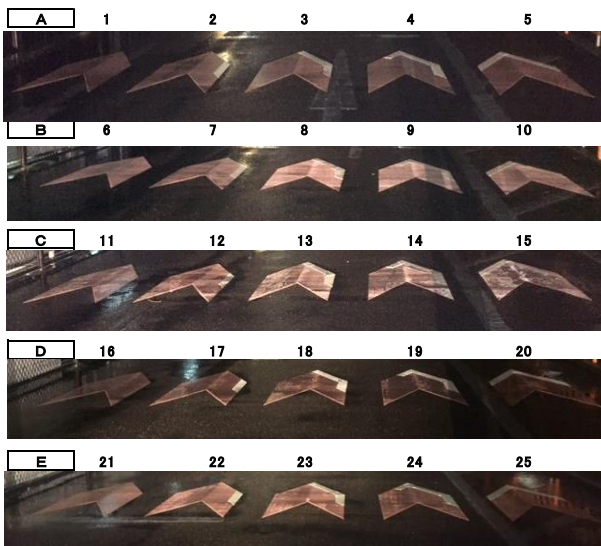


図-9 再帰反射状況（雨天時）

・ 供試体：7～10



・ 供試体：12～15



図-10 再帰反射状況（側方）

#### 4. 実用化に向けての課題と提案

これまで、夜間時及び雨天時における矢羽根型路面表示の視認性をより高める素材について、各種タイプの路面表示を比較検討してきた。

ただし、これを実際の道路上で使用するとすると、車両の通行等によって表面に散布されたガラスビーズの大半が離脱し、再帰反射性能（視認性）が低下する。離脱後の視認性は、ベース部（塗料層）の性能（ビーズの種類や含有量）に影響を受ける為、より高視認を求めるのであれば、既存品の改良が必要である。

本実験で最も視認性の高かった供試体 No. 6～No. 10 において、表面の高輝度ガラスビーズが離脱すると、ベース部（塗料層）から高輝度ガラスビーズと JIS ガラスビーズが混在した部分が露出する。そこで、ベース部中のガラスビーズの全てを高輝度ガラスビーズにすると、より視認性向上が実現できる可能性がある。

これを踏まえ、図-11 に示すような、散布層には視認性実験による検討で高い視認性が得られた高輝度（粒径大）ビーズ（滑り止め効果も付与するため骨材も含む）を散布し、ベース部には高輝度ガラスビーズのみを使用する。また、白線縁取り形状について、国が実施した専門家を交えての夜間の視認性向上策検討による「白線の長さは、より長いほうが安心感がある」という結果を踏まえ、白線の長さを矢羽根の一边の 2/3 の長さとしたものを使用する<sup>3)</sup>。

#### b) 考察

夜間晴天時及び雨天時の条件下で、供試体 No. 6～No. 10 の視認性が最も高くなった。

全体的に再帰反射性が低い他の JIS ビーズでは、粒径が小さく、滞留水の周囲の表面張力が高くなることで水膜が厚くなり、光の透過を遮ることで、再帰反射性能が大幅に低下している。

これに対して、供試体 No. 6～No. 10 のガラスビーズにおいては、粒径が大きい為、表面の水膜が薄くなり、再帰反射性能に及ぼす水の影響が小さくなる傾向があると考えられる。

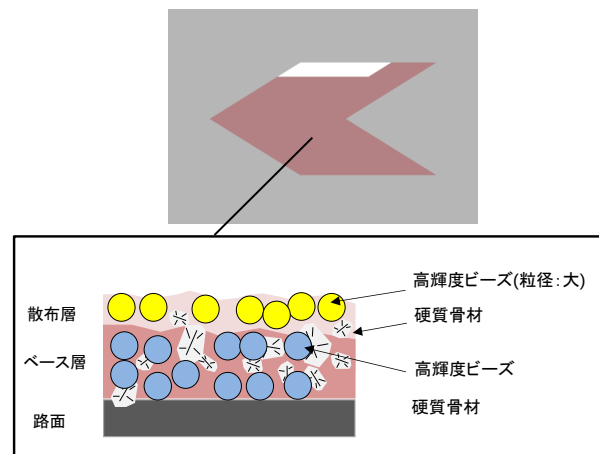


図-11 提案素材断面図

## 5. 自転車走行空間実証実験への適用

本市では、京都市内で統一した整備を行うためのマニュアルとなる「京都市自転車走行環境整備ガイドライン」の策定にあたり、学識経験者等からなる部会で、道路形態に応じた整備方法について検討を重ねてきた。検討した整備方法に基づき、矢羽根型路面表示や自転車マーク等を設置することで、自転車等の通行状態を検証する「自転車走行空間実証実験」を行った（表-3 参照）。本実験では、前章で提案した素材により、矢羽根型路面表示の設置を行った（図-12、13 参照）。

実証実験後、滑り抵抗値及び反射輝度値を経年状況も含めた測定を行った結果が図-14、15 である。

表-3 実証実験概要

| 自転車走行空間実証実験 概要 |                                             |
|----------------|---------------------------------------------|
| 実施場所           | 河原町丸太町交差点を中心とした半径約150mのエリア（幹線道路及び生活道路）      |
| 実施期間           | 2016年1月22日（金）～2016年2月29日（月）                 |
| 整備内容           | 自転車の車道左側走行を促進するため、矢羽根型路面表示や自転車マーク等を車道左側端に設置 |
| 検証項目           | 車道走行率、車道順走率など                               |



図-12 実証実験状況（幹線道路）



図-13 実証実験状況（生活道路）

### (1) 滑り抵抗値

図-14によると、施工直後は表面に散布した骨材（ホワイトシリカ）の影響により、所要の性能を確保できている。（溶融型塗料（一般品）BPN値40～50を上回っている<sup>4)</sup>。）

また、四ヵ月後の調査では、施工初期よりもBPN値の上昇が見られる。これは、表面に散布した高輝度ガラスビーズと骨材（ホワイトシリカ）が経時の摩耗により離脱した後、ベース部（塗料層）内の骨材が表面に出現し、滑り抵抗値の向上に寄与していることが考えられる。更に時間経過した際に、どのような値を示すのかは今後の検証により確認する必要がある。

### (2) 反射輝度値

図-15によると、施工直後は高い反射輝度値を示しているが、四ヵ月後の調査では、車両の通行等によって表面に散布されたガラスビーズの大半が離脱しており、反射輝度値の低下が見られる。ただし、四ヵ月が経過しても、夜間視認性実験時（E群）と比較して、反射輝度値がかなり高い値を示している。反射輝度値を持続させるため、ベース塗料に高輝度ビーズを高い割合で混入させており、路面表示自体が消滅するまで所要の反射輝度値を持続できるものと推察する。反射輝度値についても、引き続き経過観察を行う予定としている。

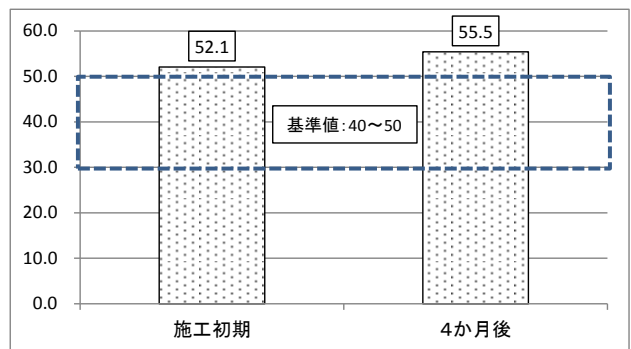


図-14 湿润時のBPN値（単位：mod/lx・m2）

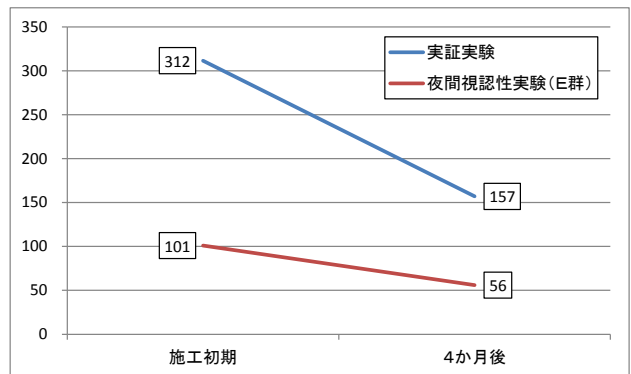


図-15 乾燥時の反射輝度値（単位：mod/lx・m2）

## 6. 将来の展望

本論文では、夜間や雨天時でも視認可能であり、経年による急激な視認性の低下が起こらず、持続的に矢羽根型路面表示が視認できる素材の検討を行ってきた。車両等が通行する実際の道路空間にも使用し、その効果を検証し、ベンガラ色の視認性の低さを補い、一定の効果は得られた。しかしながら、今回使用したガラスビーズという素材は、車のヘッドライトが当たると、光を反射し視認性を向上させるものであり、光量が無いまたは光量が弱い環境下では、その効果は限定的であることは明白である。

そこで、将来的には、段差が生じない埋め込み式の自発光型道路標を用いて視認性を向上させるということも検討すべきである。コストの問題等があり全ての箇所では困難であるが、車道を走る自転車の安全性を速やかに向上させる必要がある箇所については、その効果は大きいと考えている。図-16、17に参考図を示しているが、様々な条件下において、自動車から自転車の走行場所の存在が確認でき、本市が提唱する自転車走行環境の「みえる化」にも貢献が期待される。

本市では、今後も車道を走る自転車の安全を確保するために、ハード及びソフトによる様々な手法を用いて、市民の安心・安全に繋がる自転車政策を進めていきたいと考えている。



図-16 自発光道路標



図-17 自発光道路標設置イメージ

**謝辞：**総合調査設計株式会社においては、実験の各段階でのアドバイスや情報提供いただきました。更に、視認性実験時には多大なご協力をいただいた積水樹脂株式会社のご担当者の皆様に感謝いたします。

## 付録

京都・新自転車計画における重点地区

● 3つの重点地区 …… 順次、都心部地区より整備



## 参考文献

- 1) 国土交通省・警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，平成24年11月
- 2) 安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会：「自転車ネットワーク計画策定の早期進展」と「安全な自転車通行空間の早期確保」に向けた提言，平成28年3月
- 3) 大宮国道事務所：国道17号自転車通行空間整備専門家による技術的アドバイス実施概要
- 4) 路面標示材料，路面標示材協会，5版，平成20年12月発行 P171