

# 生活道路に適用可能な ライジングボラードに関する研究

塩田 啓介<sup>1</sup>・小嶋 文<sup>2</sup>・久保田 尚<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 元埼玉大学 建設工学科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: k.shioda83@gmail.com

<sup>2</sup>正会員 埼玉大学大学院准教授 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: kojima@dp.civil.saitama-u.ac.jp

<sup>3</sup>フェロー会員 埼玉大学大学院教授 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: hisashi@dp.civil.saitama-u.ac.jp

ゾーン 30 などの生活道路安全対策がとられるも、未だ児童が巻き込まれる自動車の事故は発生し続けている。著者らは、生活道路の対策手法として新たな物理的デバイスであるライジングボラードに着目した。2014年に日本で初めて導入されたソフトライジングボラードシステムは、商店街に設置されたものであるが、通学路など狭幅員で総延長の長い生活道路に設置するためには、より簡易でコンパクトなシステムが必要であると考えられる。そこで、ボラードの作動状況を伝える電光掲示板に代えて、ボラード自体への LED 搭載や音声システムを追加するなど、コンパクト化したシステムを埼玉大学構内に設置し、被験者実験を実施して生活道路への導入可能性について検証を行った。実験結果からは、ボラード本体の LED がドライバーからの視認性に有効であることが分かり、簡易でコンパクトなシステムにより狭幅員道路への適用可能性が示された。

**Key Words:** rising bollard, road safety, community road, schoolchildren

## 1. 研究背景と目的

ゾーン 30 などの生活道路安全対策が進められているが、未だ児童が巻き込まれる交通事故は発生し続けている。これらの問題の対策として、我が国では交通規制により通過交通の流入抑制の取り組みや、ランプ・狭さをはじめとする物理的デバイスを設置し車両速度を抑制する取り組みが行われてきた。しかし、スクールゾーンなどの通学時間帯の通行規制が行われていても、近隣住民が設置するバリケードを移動して通行する違反車両が絶えない道路が各地に存在するなど、生活道路の抜け道対策の決定打はいまだない状況である。そこで、本研究では、自動車の通行規制の遵守において、効果的な成果を挙げている、新たな物理的デバイスであるライジングボラードに着目した。

ライジングボラードは、機械式で上下する車止めであり、欧州では各国で広く普及している<sup>1)</sup>。道路上にボラードを設置することで交通規制を遵守させるとともに、通行が許可されているドライバーは IC カードやリ

モコンを用いてボラードを下降させて通行することができるようにし、選択的な通行を可能にするものである。日本では、ヨーロッパ式の鋼鉄のボラードをゴム製でソフトなボラードとして、初めての公道設置が社会実験として 2013 年に実現した後<sup>2)</sup>、2014 年には本格導入された<sup>3)</sup>。この社会実験および初の公道本格導入は、午前中の時間帯を除いて自動車の通行規制を行っている、新潟市内の商店街で実施された。社会実験中の観測調査により、自動車が踏み倒すことのできるソフトなボラードを用いても違法な通行の大部分が抑制される効果が検証され<sup>2)</sup>、本格導入後の調査においても、継続的な効果が見られている<sup>3)</sup>。

このように、交通規制の遵守の効果が見られたソフトライジングボラードの更なる適用として、通学路を含む生活道路への設置が期待される。しかしながら、現在利用されているシステム(図-1)は、ボラードの作動状況を伝えるための電光掲示板、空気ポンプを内蔵した配電盤等を含めた設置場所を必要とし、歩道のない生活道路には適用することが難しいと考えられる。



図-1 新潟市の商店街で導入されたソフトライジングボラードシステム

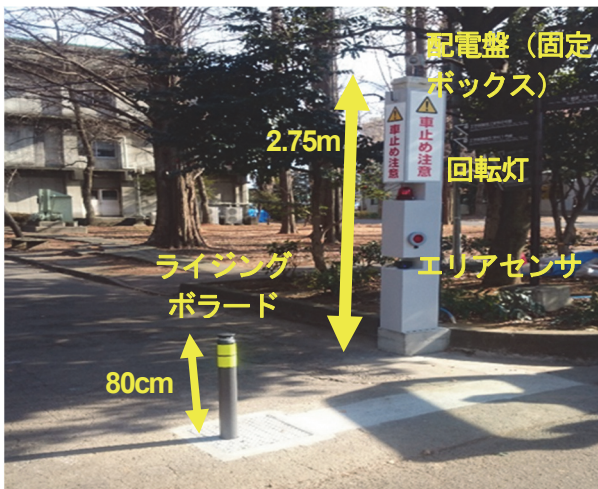


図-2 本研究で使用したライジングボラードシステム

そこで、本研究では、道路幅員が狭い生活道路でも設置できるよう、電光掲示板をなくすなど、システム全体をコンパクトにした簡易型のライジングボラード（図-2）を新たに開発し、その導入可能性について検討することを目的とした。開発した簡易型のライジングボラードを埼玉大学敷地内の狭幅員道路に設置し、被験者実験により、利用する機能の違いによる安全性の違いについて検討を行った。

## 2. 簡易型ライジングボラードの概要

### (1) 実験の概要

本実験では、埼玉大学構内の狭幅員道路（幅員 3.8m）に、簡易型ライジングボラードを設置し、日本では導入例のない、生活道路への設置・運用の適応性を検証することを目的とした。簡易型ライジングボラードについて、安全に利用するために必要とされる機能を検

討するため、被験者実験を実施することで、新たに導入した、ボラード本体への LED 発光装置や、回転灯、音声システムを用いた場合の視認性、および夜間での視認性、車両検知システムの検証を行うこととした。

### (2) 簡易型ライジングボラードシステムの概要

#### a) コンパクト化に関わる主な改良点と主要設備

本実験で使用した、簡易型ライジングボラードについて述べる。新潟市で導入されたものと比較して、ボラードの作動状況を表示する電光掲示板をなくすとともに、ボラード上下動の方法を変更することで、エアポンプを不要にし、配電盤（固定ボックス）をスリム化した。設置のために地面を掘削する量も減少している。車両や周囲の歩行者等を検知するセンサーは、新潟市に設置されているものでは、ボラードの前後を検知する 2 器あるが、ボラードの周囲を 1 器で検知するよう変更している。

新たに追加されている機能として、電光掲示板をなくす代わりに、注意喚起のための機能を 3 つ備えることとした。ボラード自体の上部に赤色の LED ランプが点滅発光する装置、および、ボラードが上下動している時に作動する回転灯、そしてアラーム音が鳴る音声システムである。

そのほか今回、設置した設備として、固定ボックスに制御部、下降ボタン、非常ボタン、リモコン受信機が備えられている。ボラードを下降させる方式としてリモコンを用いており、下降ボタンを押すと、リモコンと同様に作動する。これらの場合、ボラードは周囲に自動車等が検知されなければ自動的に上昇する。非常ボタンは、ボラードを下降したままにするボタンである。ボラード本体は濃灰色であり、上部の LED ランプの下に反射材でできたテープが貼られている。

ボラードの設置箇所についても、生活道路を想定した変更を加えている。新潟市では、曲がって進入してくる自動車が、ボラード手前で止まっている間に進入側の道路の後続車を阻害しないよう、セットバックしている。今回設置した箇所では交差点直近に設置し、セットバックはさせなかった（図-3）。生活道路に設置する場合、進入してくる方の道路も交通量の多くない生活道路であることが想定されるため、誤って車両が進入するよりも、進入してくる側の道路からボラードがよく見えたほうが安全だと考えたためである。

#### b) ボラードシステムの稼働の仕方

ボラードシステムは遠隔操作のリモコンを使用して稼働する。エリアセンサの検知範囲は図-3 で示すとおりであり、ボラードの手前の範囲は路肩までとした。これはセンサーの範囲を大きくとって、進入して

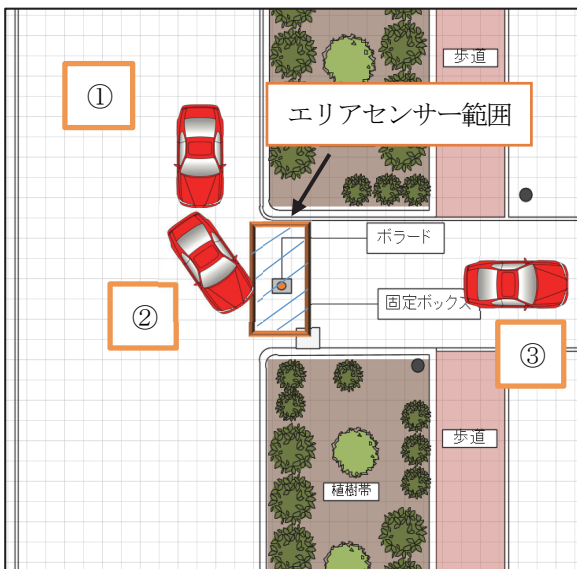


図-3 ライジングボラードシステムの配置

くる側の道路を通行するすべての車や人を検知するのを防ぐためである。以下に稼働の流れを説明する。

- I. 通行許可を持ったドライバーが、リモコンでボラードを下降させた後、通過する
- II. エリアセンサがボラード上を通行する車を検知する
- III. エリアセンサの検知範囲から車が外れて 10 秒経過するとボラードが自動的に上昇する
- IV. ボラードが上昇し終わる前にエリアセンサ内に車等が検知されるとボラードは下降する。

車の通過後に上昇まで 10 秒間の間隔をあけるのは、許可車両がリモコンでボラードを下げた後、ボラード上を通過する前に、小学生がぞろぞろ歩いてくるなどして通行できないでいると、センサは検知した小学生を車の通行と認識する。それらの歩行者がいなくなるのを待って車が通行するとき、突然ボラードが上がってくるようなことがないように、10 秒の猶予を作っている。

### 3. 実験方法と調査内容

構内実験は、2016年1月10日から1月25日までの15日間実施した。調査時間は一般の歩行者と実験車との事故の危険性を考慮し、休日、および平日の人の出入りが少ない 6:30~8:30、さらに夜間の視認性に関する実験は 18:30~20:30 の時間帯で行った。

#### (1) 作動性調査

今回の実験目的の大前提としてこのシステムが正常に作動することがあげられるためとしてライジングボ

ラードシステムの運用検証を行った。

#### (2) 右左折挙動実験

ボラードが上昇している状態で当該道路に進入する車両挙動を右折と左折で分け、「視認性」に関する調査を行った。ボラードの存在を知らない被験者に車を運転してもらい、ボラードが上がりきっている状態でボラード地点を通行させた。このとき、右左折での進入時のボラードの見え方を、アイマークレコーダーの分析により調査した。また、右左折進入時の速度変化に関する挙動調査、通行しやすさ、ボラードに気づいたときどう思ったかなど、ヒアリング調査による意識調査を実施した。

実験の流れを、右折から始める場合の被験者を例として以下に説明する。

- ① 被験者にアイマークレコーダーを取り付け、走行を開始する
- ※被験者にはボラードの存在を知られないように、ボラードポイントから離れた場所で乗車し発進。
- ② ボラード設置箇所を右折で進入
- ③ ヒアリングを実施
- ④ ボラードの存在を知った状態でもう一度右折進入を実施
- ⑤ ヒアリングを実施
- ⑥ 左折進入にを実施
- ⑦ ヒアリングを実施

左折から始める被験者の場合は、左折、左折、右折の順序で実施した。

#### (3) 視認性・可聴性実験

ライジングボラードの存在、および作動中の注意喚起について、使用する機能の違いによる視認性の差を比較するため、3つの各機能（ボラード本体のLED、固定ボックスの回転灯、アラーム音）を組み合わせた8パターン（表-1）について視認性・可聴性の検証試験を行った。

被験者にアイマークレコーダーを取り付け、構内の模擬道路において車両の進入実験を行い、設定した条件を変更し繰り返す。その後ビデオ観測とヒアリングにより視認性・可聴性を評価する。また視認を妨げる様な要因を特定する。実験の流れは以下の通りである。

- ① 被験者にアイマークレコーダーを取り付ける
- ② ボラードが完全に下降したことが分かる位置で停止し、リモコンでボラードを下降させ、通過する。  
表-1の8パターン繰り返す
- ③ アイマークレコーダーから、パターンによる視認距離の違いを調査するとともに運転者にヒアリングを実施し見え方・聞こえ方の意見を聞く

表-1 注意喚起機能の違いによる実験パターン

No	LED発光	回転灯	音声
1	×	×	×
2	×	○	×
3	×	×	○
4	×	○	○
5	○	○	×
6	○	×	○
7	○	×	×
8	○	○	○

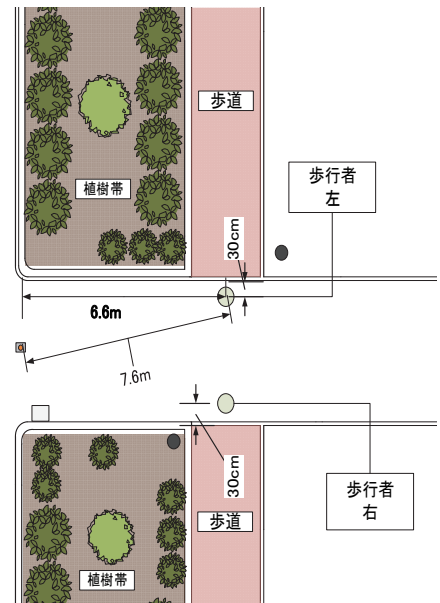


図-4 歩行者の位置

視認性実験については、ボラードの付近に歩行者がいる場合についても実験を行った。これは、ボラード自体が発光し、回転灯が光るといったシステムが、ドライバーからの歩行者の存在の認識に及ぼす影響を調査するためである。

被験者にはアイマークレコーダーを取り付けて、ライジングボラード設置箇所に左折で進入させ、リモコンで下降させた後通行させた。注意喚起機能の変更、歩行者の位置を変更(進入方向から見て左右)をし、計8回繰り返した。これは、歩行者の位置が進入方向から見て左と右の2パターン(図-4)、LED発光有無による2パターン、回転灯有無による2パターンを組み合わせた、計8パターンである。歩行者の位置は、道路の端から30cmの箇所とした。なお、ここでは、アラーム音の有無変更しなかった。以下に実験の流れを示す。

- ① 被験者にアイマークレコーダーを取り付け、出発地点からライジングボラード設置交差点まで走行させる
- ② ボラード手前で停止し、リモコンでボラードを下降させる。
- ③ ボラードが下降したのを確認した後進入し、停車する
- ④ ヒアリング調査を実施する。

#### 4. 敷地内実験の実験結果

##### (1) 作動性実験

通常時の作動性については、1月7日、8日と1月10日から25日の計17日の期間、下降中のボラードに躓いてけがをしてしまった人や、実験中ボラードに車をぶつけた事故は報告されなかった。

降雪時の作動性として、実験期間中の1月18日(月)の早朝には、首都圏で6センチの積雪を観測した。しかし、ボラードの作動性自体に問題はなく、通常通り稼働し、排水システムも凍結することなく稼働した。

今回の実験では天候不良によるボラードシステムの不具合は見られなかった。また今回の実験道路であった幅員3.8mの狭小道路に固定ボックスを設置することで通行しやすい、邪魔だ、などの声も上がらず、実験中の車の通行についても曲がりやすさにさほど影響はなく、被験者29人中で固定ボックスに車をこすった人は見られなかった。よって、日本の生活道路のような道幅が狭い道路でも導入可能であると考えられる。

##### (2) 右左折挙動実験

###### a) ヒアリング調査

以下に右左折挙動実験のヒアリング調査から得られた結果を示す。ボラードの存在については、気づきにくかったが気づいたという回答を含めると、ほとんどの運転者が走行中ボラードの存在に気づき、右折と左折でボラードの気づきやすさを比較すると、右折の方が見やすい傾向にあった(図-5、図-6)。ボラードの存在を知っていた被験者を除き、すべての運転者がその道路を通行できないと感じていた。

5割の被験者が1回目の通行と比べて交差点進入速度が遅くなったと回答し、3割は早くなったと回答した(図-7)。交差点の通行しやすさについては、右折と左折では差異が見られなかったが(図-8)、交差点の進入速度が速かったのは左折が約4割、右折が約3割と差が生まれた(図-9)。

ライジングボラードを通学路に導入することについては、全ての被験者が肯定的な意見であったが(図-

10) , 自宅付近の通学路に設置となると約5割が面倒だと回答した(図-11)。

これらのことから、右左折での車両の挙動としてどちらもボラードの認識ができ、通行に関して問題は見られなかった。また、1回目の通行よりも2回目の方が運転者の心理として速度を落とそうという傾向が見られたが、運転者によってその場所にボラードがあると分かった段階で、慣れから速度が速くなった被験者もいた。

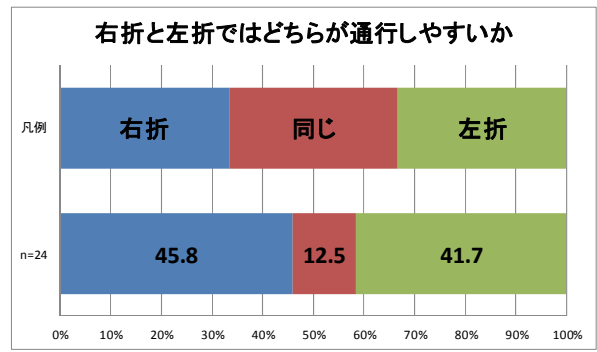


図-8 右左折での通行しやすさの違い

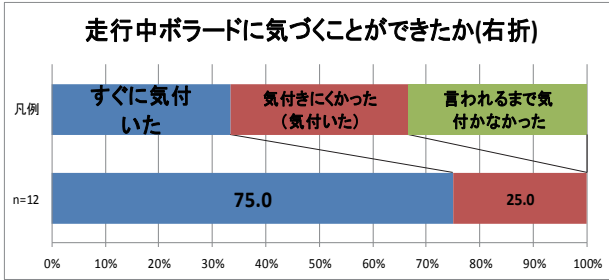


図-5 ボラードの視認性(右折の場合)

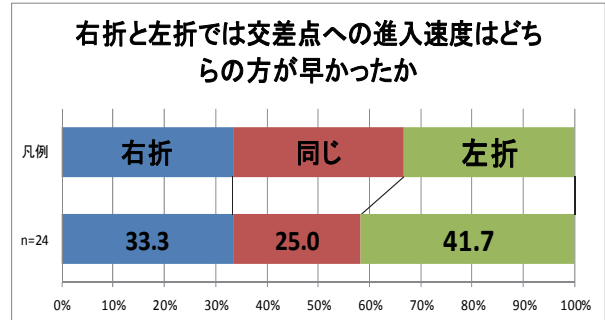


図-9 右左折での進入速度の比較

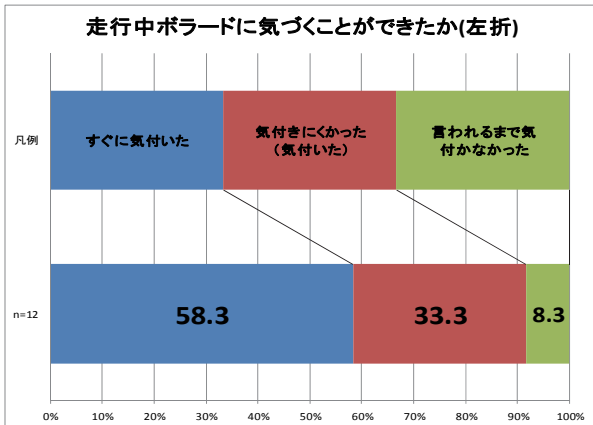


図-6 ボラードの視認性(左折の場合)

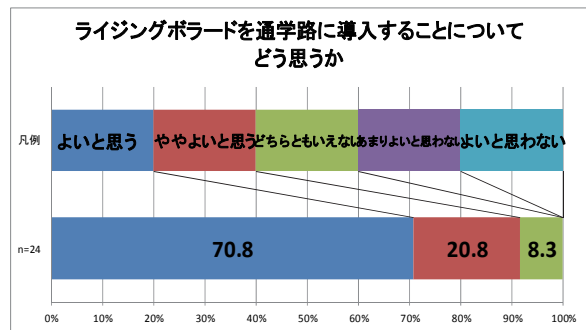


図-10 通学路導入についての意向

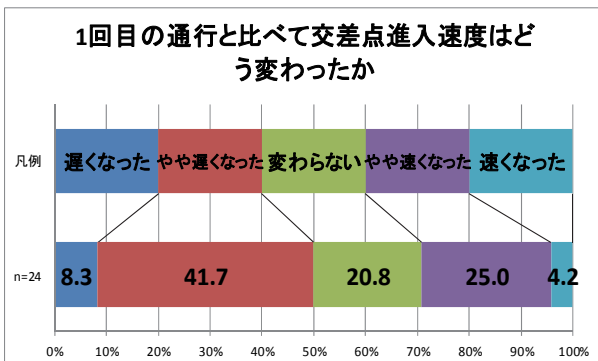


図-7 通行回数による交差点進入速度の変化

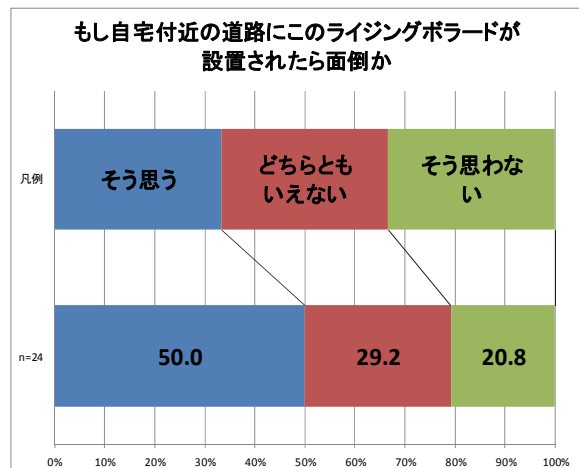


図-11 実際に導入された時の煩わしさ

b) 運転者の目線による観測結果

右左折時の視認性について、運転手の目線から見ていく。左折時の目線の画像を示す図-12 の例からは、左折進入の時は車両前面の窓ガラスからボラード自体ははっきりと認識ができるが、バックミラーと固定ボックスが重なってしまい視線に入ってきてしまうので気づきにくさの要因になっていると考えられる。また通行するときバックミラーが回転灯とかぶってしまっている。

図-13 は右折の場合の目線の画像の例である。右折の時に車両右側の窓ガラスからボラードと固定ボックスがはっきりと確認できるが、固定ボックスが背を向けてしまい、回転灯が見にくくなっているのがわかる。またボラード下降中にバックミラーが運転者の視線に入ってきてしまい、ボラードと固定ボックスを認識しにくい要因となっていることが分かった。

これらの結果と前項のヒアリング調査結果からは、左折より右折の方がボラードの存在に気づきやすい点、それによって左折の方がより進入速度が速くなってしまいう可能性が見られた。

しかし、それでも通行しやすさが右折と左折で差が生まれなかったのは、固定ボックスが進入方向右側に設置されていること、それが背を向けていて回転灯が見えづらいことが考えられる。

(3) 視認性・可聴性試験

a) ヒアリング調査

ボラード本体の LED 発光が気づきやすかったと回答する運転者は 72.7% (図-14) , 回転灯では 22.7% (図-15) , アラーム音では 13.6% (図-16) となり、LED 発光が運転者のボラードの気づきやすさに与える影響が大きいことが分かる。気づきやすさへの影響を聞いた質問においても、1番にLED発光を挙げる運転者が8割を占めた(図-17)。回転灯、音声が無くなってもLED発光があれば通行しやすさは変わらないと答える被験者が複数人いた。



図-12 左折進入時



図-13 右折進入時

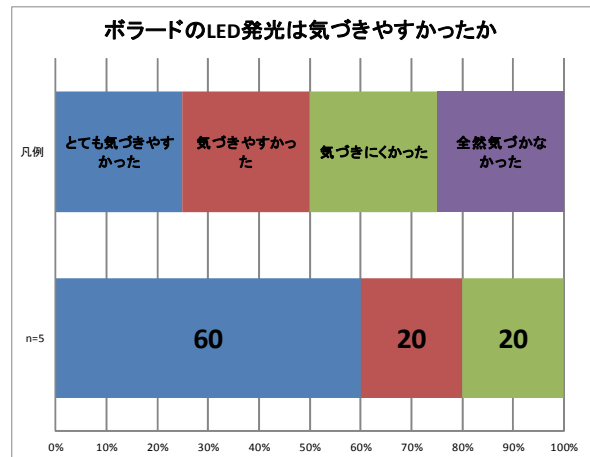


図-14 ボラードの視認性

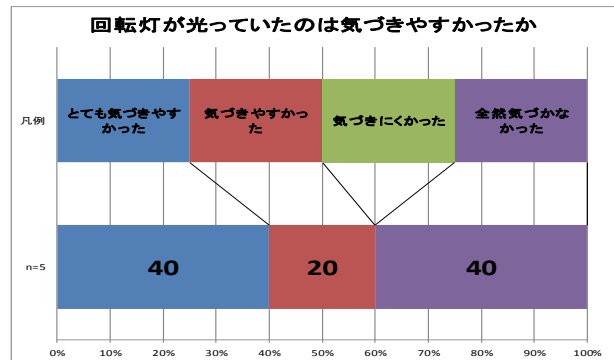


図-15 回転灯の視認性

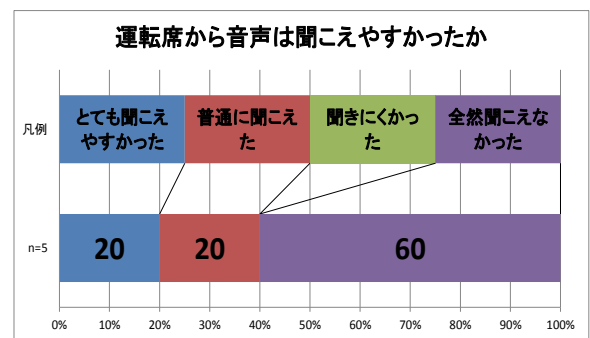


図-16 アラーム音の可聴性

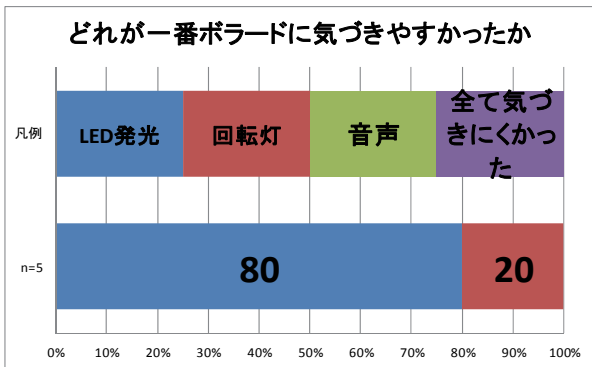


図-17 通行しやすさに影響を与える要因

b) アイマークレコーダー分析結果

次に、アイマークレコーダーの分析から得られた結果を示す。アイマークレコーダーによる計測ができた全被験者について、ボラード認識時のボラードまでの距離（図-18）と、ボラード認識時までの平均時間（図-19）について、LED発光の有無による違いを分析した。ここでは、被験者ごとにアイマークがボラードに重なった時点の、運転席からボラードまでの水平距離を距離として定義おり、車が発車した時点からアイマークがボラードに重なる時点までを、ボラード認識までの時間としている。これらの結果からは、ボラード本体にLED発光が備えられている場合には、LED発光がない場合と比べて、平均的に遠い距離から、また早い時期からボラードを認識していることが考えられ、LED発光がボラードの存在の認識に効果を挙げている可能性が見られた。

(3) 歩行者の存在の認識

次に、ライジングボラード付近に歩行者がいる場合の結果について述べる。パターン別に見た分析結果と全被験者が歩行者に気づくまでの平均時間を表したグラフを示す。ここでは、回転灯の有無、そして歩行者の位置について左右の組み合わせで、計4パターンについてみた結果を示す（図-20）。

今回の分析対象はすべて、ボラードが比較的に見えにくくなる左折での進入だったため、歩行者がライジングボラードの左にいた場合、植樹帯や車の一部が歩行者と重なってしまうために、歩行者が右にいた場合と比べて発見が遅くなってしまう傾向が見られた。しかし、回転灯の有無では、歩行者の位置がどちらでも、歩行者に気づくまでの時間に差はみられなかった。このことから、回転灯の存在が、運転者からの歩行者の認知に及ぼす影響は有意なものではなかったと考えられる。

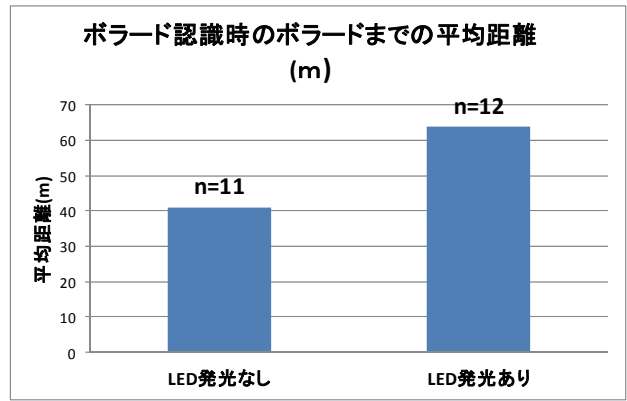


図-18 LED発光有無によるボラード認識時の距離の違い

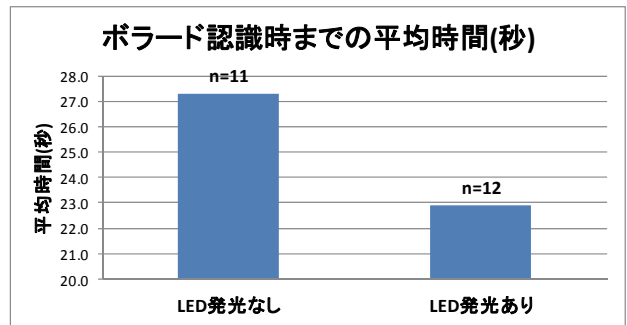


図-19 LED発光有無によるボラード認識までの平均時間の違い

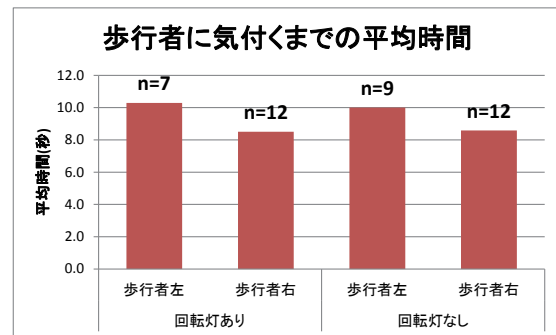


図-20 運転者が歩行者に気づくまでの平均時間

5. まとめと今後の展望

本研究では、通学路を含む生活道路での交通安全対策としてライジングボラードに着目し、狭幅員の道路にライジングボラードを導入するため、大学構内での被験者実験による検討を行った。

今回設置されたライジングボラードシステムには、固定ボックスに車をぶつけることなくすべての被験者が安全に通行できたことから、今回実験で使用したよ

うな狭幅員の道路にも、設置が可能であると考えられる。

ボラードの視認性に関しては右左折を比較すると、右折の方が視認の環境がよく、それによって左折の方がボラードに気づくのが遅れ、交差点の進入速度が速くなる可能性が見られたが、通行しやすさに大きな差異は見られなかった。右折進入時は固定ボックスが背を向けているため回転灯の視認性が失われているので、固定ボックスを進入方向に対して正面に向けたほうが視認環境を改善できる可能性がある。左折進入時は被験者によって回転灯とバックミラーが被ってしまう、視認性が失われるので、回転灯の位置を変更するなど、改良の余地が見られた。

3つの新たな注意喚起の手法を比較すると、通行のしやすさに影響をもたらす一番の要因として、ボラード本体のLED発光が最も多く挙げられ、回転灯、アラーム音は影響が比較的小さかった。運転者の視線の解析からは、ボラード本体にLED発光がある場合、より遠くにいるうちからボラードの存在を認識できている可能性が見られた。

以上の結果から、今回の実験で用いた簡易型ライジングボラードシステムには、狭幅員道路に設置して活用できる可能性が見られた。ボラード本体にLED発光機能が付属していれば、ライジングボラードの通行しやすさには支障がないことが考えられる。今後は、こ

うした簡易的なライジングボラードについて、実際の生活道路で試験的に運用し、さまざまな交通環境における適用性について検証することが必要であると考えられる。

**謝辞：**本研究は公益財団法人国際交通安全学会の平成27年度研究調査プロジェクト『H2758 通学路 Vision Zero』の一環として実施された。研究メンバーの皆様、およびその関係の皆様に深く感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 公益財団法人国際交通安全学会, 平成24年度研究調査プロジェクト(H2421)「天下の公道」と生活道路に関する研究～ライジングボラードの実用化に向けた工学・法学・心理学からの検討～報告書, 2012.
- 2) 谷本智, 小嶋文, 久保田尚, わが国におけるライジングボラードの導入可能性に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.71, No.5, 2015.
- 3) 谷本智, 小嶋文, 久保田尚, 本格設置されたソフトライジングボラードの導入効果の検証に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.52, CD-ROM, 2015.

(2016.4.22 受付)

## DEVELOPMENT OF COMPACT RISING BOLLARD SYSTEM FOR NEIGHBORHOOD AREAS

Keisuke SHIODA, Aya KOJIMA and Hisashi KUBOTA