

視認性から見た自発光鋏の 歩行環境整備に関する研究

井戸 章博¹・岡 正彦²・池田 典弘³・荻野 弘⁴・北島 正巳⁴

¹非会員 株式会社キクテック (〒470-2212 愛知県知多郡阿久比町卯坂梅ヶ丘150番地)
E-mail:a_ido@kictec.co.jp

²正会員 東北福祉大学総合マネジメント学部 (〒981-8522 宮城県仙台市青葉区国見1-8-1)
E-mail: ok-m82ac@tfu-mail.tfu.ac.jp

³正会員 株式会社キクテック (〒470-2212 愛知県知多郡阿久比町卯坂梅ヶ丘150番地)
E-mail:iked@kictec.co.jp

⁴正会員 豊田工業高等専門学校 (〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2丁目1番地)
E-mail:ogino@toyota-ct.ac.jp

光により視覚的手掛かりを得るロービジョン者が多いことが既往研究より明らかになっており、本研究では視線誘導効果が高いとされる歩行者用LED自発光鋏の有効性を検証することとした。第一段階として、ロービジョン者にとって有効なLEDの点滅回数及び発光色を室内実験により検討した。次に、フィールド調査としてロービジョン者に最適とされたLED自発光鋏をロービジョン者が多く歩行する交差点について歩車分離境界が認識できるよう設置した。評価項目のひとつとしてアイマークカメラを使用し、設置前後のロービジョン者の通行時における注視点の変化を確認した。また、対象交差点を通行した一般歩行者においてもアンケートを実施し、健常者においても歩行者用鋏に対する意識について分析を行った。

Key Words :low vision ,LED traffic button,walking environment

1. はじめに

我が国において、交通事故死者数における自転車および歩行者の割合は4割を超えている。そこで平成15年に国土交通省から「あんしん歩行エリア」が指定され面的かつ総合的に交通事故死傷者の抑制が求められるようになった。具体的には、歩道空間の整備や信号機のLED化が進められている¹⁾。

しかしながら、特に夜間においては、ロービジョン者といわれる弱視者にとって、歩車道境界が判別しにくく横断歩道の渡り始めと渡り終わりが分かりにくいなど問題も多い。ロービジョン者は厚生労働省の統計によると全国で31万人いるとされている²⁾が、加齢による視力低下者増加や視覚的に日常生活に困難が生じている人も含めると100万人とも200万人とも言われている。ロービジョン者の外出状況をみると、昼間で71%、夜間で49%の人が単独で歩行している³⁾。今後はロービジョン者に配慮し、視覚条件を考慮したバリアフリー化への取り組みが進んでいくものと思われる。

ロービジョン者の視覚条件を考慮した街灯などの道路

照明設備の照度を検討した既往研究によると、通常の照度5Lxから20Lxに上げることでロービジョン者の誘導に効果があるとされた。しかしながら、周辺に光が漏れ光害とされることが予想され現実的には不可能であるとしている⁴⁾。また谷内ら⁵⁾は、地面に埋め込まれたLEDマークのロービジョン者に対する誘導効果の有効性を示している。

2. 本研究の位置づけと目的

光はロービジョン者にとって重要な視覚的手掛かりであることが確認されており、先述のとおり多くの既往研究がみられる。岡ら⁶⁾は、夜間歩行時の歩道構造の分かりにくさの軽減を図る為、歩車分離境界部にLED発光体を敷設しロービジョン者による評価を行っている。敷設された発光体は、LEDを内蔵し夜間に点滅する自発光型道路鋏とLEDが夜間に点灯する自発光型誘導ブロックであった。検証の結果、特に点滅するLED光はロービジョン者にとって、横断歩道の渡り始めと終わりの位置の分かりにくさを解消するとともに、方向性を定めるランド

マークとしての期待が出来るとしている。

そこで本研究では、ロービジョン者はもとより一般の歩行者にとっても視認性が高い視線誘導支援ツールを検討し、視覚的に安心安全な歩行空間を提案することを目的としている。そのために、LED自発光道路鋏を用い特にロービジョン者にとって夜間の視認性が高い道路鋏を検討し、交差点に設置して評価を行った。

3. 実験概要

(1) 実験フロー

第一段階として、ロービジョン者にとって視認しやすい道路鋏を検討するために室内実験を行った。視認性が高い道路鋏とは、輝度が高いことが挙げられるが輝度についてはLEDの性能による場合が多く本実験では対象としていない。本実験では同一輝度のLEDを使用し、最も目立ちやすいLEDの点滅回数とLED発光色を検討することとした。

第二段階として、歩車分離境界を明確化するために最も目立ちやすいとされた点滅回数と発光色を組み合わせた歩行者用道路鋏を設置した。アイマークカメラにより道路鋏設置前後のロービジョン者の視線挙動の変化を調査した。その後、設置を行った歩行者用道路鋏の有効性などの評価を一般歩行者に対してアンケートにより調査した。

(2) LED点滅回数と発光色の検討

a) 被験者及び実験場所

被験者は宮城県立視覚支援学校に在籍する生徒と教諭のロービジョン者7名であった。被験者属性は19歳から61歳までの男性6名、女性1名であり、被験者の疾患は網膜色素変性症が4名、緑内障、網膜委縮、神経委縮がそれぞれ1名であった。

実験場所は、宮城県立視覚支援学校の体育館を使用しており、照度は一般的な交差点が10lx程度であることから室内照明を調整して10lxとした。

b) LED点滅回数の検討

設置を検討する道路鋏は、安心安全歩行空間の整備に使用することを前提としていることから、太陽電池と蓄電池の組み合わせでの稼働を想定している。そのため電力量に限りがあるため、同様の発光システムである道路鋏や視線誘導標（デリネータ）で使用されている点滅回数を参考に検討することとした。本実験で比較した点滅回数は、180回/分、240回/分、360回/分である。180回/分は比較的多くの道路鋏に使用されており、360回/分はドライバーへの視認性が高いためデリネータに使用されている。そして、その中間の240回/分を加えて検討を行



写真-1 実験に使用した鋏



白発光 緑発光 青発光

写真-2 試験鋏発光状況



写真-3 交差点設置状況

うこととした。なお、電力量を統一するために180回/分は360回/分より一回の点灯時間が長くなっている。実験では写真-1のような 5の白色LEDを8個使用した道路鋏を用いた。

それぞれの点滅回数で発光する道路鋏を体育館の床面に50cmの間隔で2台設置し、一対比較法により「目立つ方」を聞いた。評価基準は、「同じくらい目立つ（1点）」、「若干目立つ（2点）」、「目立つ（3点）」、「かなり目立つ（4点）」、「絶対に目立つ（5点）」としている。各被験者の視力や視野を考慮して、被験者別に視認可能な距離より評価を行っている。なお、最大距離は14.7mとした。

c) LED発光色の検討

ロービジョン者にとって視認性が高いLED発光色を検討した。一般的に視認性が高いとされる白色、緑色、青色LEDを用い検討を行った（写真-2）。白色LEDは歩行者用誘導鋏に多く使用される色であり、緑色及び青色LED

は一般ドライバーが最も存在認知に優れているとした色であるため、これら3色で比較検討を行った。なお、輝度による差異をなくすために、統一された輝度で評価を行っている。

それぞれの色で発光する鋌を50cm間隔で視認し、最も目立つ色の順位付けを行った。鋌を設置した場所より14.7m先より前進しながら評価を行った。

(3) 歩行者用誘導鋌の有効性の評価

仙台市内の交差点に、(2)の実験により検討した視認性の高い鋌を写真-3のように設置した。分析の対象とする横断歩道は、片側2車線で幅員は約16mであった。

a) アイマークカメラによる注視点分析

本実験に使用したアイマークカメラは録画された映像に注視点が記録されており、その座標値は視点の停留時間や時刻などをパソコンに取り込むことが出来る。ビデオをコマ送りして、映像上にある注視点と得られた座標を対応させた。

アイマークカメラを用いて歩行者の注視行動を分析したもの⁷⁾や注視点の定義⁸⁾や性質について⁹⁾検討を進めたものなど様々な研究が行われている。知花ら¹⁰⁾は、高齢者と健常者の注視特性を分析しており、注視時間は高齢者の場合、歩道の移動中は0.25秒、信号待ち時は0.45秒、横断中は0.35秒としている。

本研究では、高齢者とロービジョン者の違いはあるものの信号待ち時においては0.45秒以上、横断中においては0.35秒以上停留時間があれば注視したこととし分析を行った。

b) アンケートによる意識調査

歩行者用道路鋌の設置後に対象交差点を横断する一般歩行者に対して意識調査を行った。調査項目は、設置前後の横断のしやすさや有効性などである。

4. 実験結果

(1) LED点滅回数と発光色の検討

a) LED点滅回数の検討

3通りの点滅回数について対比較法によりウエイトを算出した結果を表-1に示す。最大距離14.7mで視認できた被験者は7名のうち4名であった。各点滅回数に最も重みを付けた被験者は、180回/分には5名、240回/分には1名、360回/分には1名であった。180回/分に最も重みを付けた被験者は0.9といずれも非常に高い重みを置いており、240回/分や360回/分に最も重みを付けた被験者においても180回/分に対して0.2の重みが置かれている。よって、最も遅い180回/分が圧倒的に支持されているといえる。各点滅回数に対して、被験者E,Fを除き被験者属性など有意差はみられなかった。

表-1 各被験者のウエイト

被験者	A	B	C	D	E	F	G
視認距離	6.4m	14.7m	14.7m	14.7m	7.5m	8.6m	14.7m
180回/分	0.96	0.93	0.96	0.97	0.23	0.23	0.90
240回/分	0.04	0.06	0.04	0.01	0.08	0.69	0.10
360回/分	0.00	0.00	0.00	0.02	0.69	0.08	0.00



写真-4 アイマークカメラ映像と注視点

表-2 注視点の変化

	信号待		横断時	
	設置前	設置後	設置前	設置後
総データ	45	33	54	101
注視点数	7	13	4	9
注視点 (内訳)	A:4回	A:9回	A:4回	A:6回
	B:0回	B:3回	B:0回	B:3回
	C:1回	C:0回	C:0回	C:0回
	D:2回	D:0回	D:0回	D:0回
		他:1回		

b) LED点滅回数の検討

発光色の目立ちやすさについて順位づけを行った結果、白色LEDが最も目立つと答えた被験者は4名、同様に緑色LEDが最も目立つと答えた被験者は4名であった。一方、青色LEDはすべての被験者が3位にしている。よって、白色LEDと緑色LEDは同程度目立つが、青色LEDは白色LED、緑色LEDと比較すると目立ちにくいといえる。

(2) 歩行者用誘導鋌の有効性の評価

これまでの検証結果を踏まえ、150回/分で白色LEDが点滅する鋌を仙台市内に設置して評価した。

a) アイマークカメラによる視線挙動の変化

写真-4のように得られた録画映像のAからDに注視点を対応させ分析を行った。本研究では設置前後で解析可能であった被験者について分析を行った結果を示す。Aは歩車分離境界、Bは横断歩道終端周辺、Cは同じく横断歩道中央部、Dは同じく始端部である(写真-4)。今回は左目の注視点のみを分析の対象とした。対象とする横断歩道の歩行者用信号が青現示になる直前20秒の信号待

ち時と注視点と横断歩道を歩行時のロービジョン者の注視回数を比較したところ表-2のようになった。得られたデータの中で注視停留時間が0.45秒以上の注視回数は信号待時で設置前は7回であったのに対し、設置後は13回と増加している。同様に、注視停留時間が0.35秒以上の横断中は設置前4回に対し設置後は9回と増加している。注視した場所であるが、歩車道分離境界が最も多く、信号待時においては、設置前は4回だったのに対して設置後は9回、歩行時には4回から6回になっている。

歩行者用鋸を設置することで、信号待時、横断歩道歩行時のいずれも注視点が歩車道分離境界や横断歩道終端周辺に増加する傾向があるといえる。

b) 歩行者用鋸の有効性の評価

対象交差点を夜間において通行した一般の歩行者 61名に対して、設置した歩行者用誘導鋸についてヒアリングを行った。属性は、男性 48%、女性 51%で、年齢別には 20 歳未満が 11%、20 歳代が 22%、30 歳代が 15%、40 歳代が 13%、50 歳代が 23%、60 歳代以上が 15%と全ての年代に対して均等に聞いている。

設置以前と比較して対象交差点の横断のしやすさを聞いたところ、61%が「横断しやすくなった」と答えており、「変わらない」は 39%で横断しにくくなったと答えた被験者はいなかった。横断しやすくなった理由として、歩車道境界が明示されたことで横断歩道が分かりやすくなったことが挙げられている。逆に変わらない理由として街灯や店舗の明かりがあるため、目立たないという意見があった。

自発光鋸の必要性を聞いたところ「必要である」とした被験者は 70%であったが、「なくてもよい」が 14%であった。本来の目的等を説明して再度必要性を聞いたところ、「あった方がよい」が 83%に「いらぬ」が 5%であった。

自発光鋸の減回数については、「ちょうどよい」と答えた被験者は60%に対し、「速すぎる」「やや速い」が 37%、「やや遅い」が2%であった。一方、明るさについては、「ちょうどよい」が78%に対し、「明るすぎる」「やや明るい」が16%、「やや暗い」が7%であった。両者共に、多くの被験者に支持されたと考えられる。

5. 考察とまとめ

本研究では、視認性からみた歩行環境の整備を進めるためロービジョン者にとって視認性が高い歩行者用道路鋸を用いその有効性の検証を行った。

ロービジョン者にとって視認性が高い鋸を点滅回数と発光色より検討した。その結果、180回/分の点滅回数で

白色LEDあるいは緑色LEDが最も目立ちやすいことが示唆された。比較的遅い点滅回数が有効であるのは、点灯時間が長いいため明るく感じるものと思われる。また、緑色が目立ちやすかったのは一般的に知られる比視感度曲線に沿った結果であり、白色はすべての波長が含まれているからであると思われる。

ロービジョンにとって目立ちやすいとされた歩行者用道路鋸を交差点の歩車道分離境界に設置し、設置前後の注視点の変化を観察した。鋸を設置前は、信号待ち時および横断時には歩車道分離境界と横断歩道終端を注視していたが、設置後はこれらの注視回数が増加した。ロービジョン者は横断歩道を渡る際に終端側の歩車道分離境界などを見て歩行しており、今回設置した歩行者用道路鋸はその補助となっていることが示唆された。また、終端部を確実に認識し続けることで、直線的に歩行する効果も期待でき、歩車道分離境界を知る重要な手がかりとなっていると思われる。

一般歩行者に対して、設置された歩行者用道路鋸に対して意識調査を行った。多くが横断しやすくなったと答えており一般歩行者においても一定の効果があった。

本研究ではロービジョン者を対象に行ったが、今後は高齢者に有効であると思われるため安心安全な歩行環境整備の為のツールとして利用を提案していく予定である。

参考文献

- 1)国土交通省ホームページ : <http://www.mlit.go.jp/kasha/>
- 2)厚生労働省ホームページ : <http://www.e-stat.go.jp/SG1/>
- 3)社団法人照明学会編：ロービジョンを対象とした視環境計画に関する研究調査委員会報告書，2006.
- 4)市原孝、原田敦史、松本泰幸、小平宏宏：ロービジョン者にとって望ましい道路照明に関する研究，日本福祉のまちづくり学会第6回全国大会概要集，pp.91-94，2002.
- 5)谷内久美子、大森清博、市原孝、宮崎貴久他：LEDマークを用いたロービジョン者の夜間歩行誘導方法に関する研究，福祉のまちづくり研究第8巻第2号，pp33-43，2007.
- 6)岡正彦、狩野徹：ロービジョン者を対象とした夜間の交差点及び道路横断時のためのLED点滅光の有効性に関する研究，日本建築学会計画系論文集，pp.1743-1749，2009.
- 7)後藤恵之助、木村拓：アイカメラを用いた歩行者の視線分析，長崎大学工学部研究報告，pp.119-124，2001.
- 8)福田亮子、佐久間美能留、中村悦夫：注視点の定義に関する実験的検討，人間工学，pp.197-204，1996.
- 9)村田隆裕：注視行動の統計的性質，土木学会論文報告集，pp.55-63，1973.
- 10)知花弘吉、亀谷義浩、竹嶋祥夫：交差点付近における高齢者と健常者の注視特性，日本計画学会系論文集，pp.319-324，2008.

(2011.3.4 受付)