

2011
Vol.46 No.4

交通工学

Traffic Engineering

特集

道路の役割

<http://www.jste.or.jp/>



JSTE

発行－交通工学研究会

ISSN 0454-4595

高齢者・視覚障害者の道路横断支援のための LED 付音響式信号装置の実用化可能性検証

A Feasibility Study on the Practical Use of an Audible Traffic Signal Device with LED for Elderly and Visually Impaired Pedestrians

柳	原	崇	男*	篠	原	一	光**
高	原	美	和***	三	星	昭	宏****
長	山	泰	久*****	永	礼	正	次*****
				篠	原	耕	一*****

視覚障害者の多くが、信号機のある横断歩道で危険を感じている。今後の高齢社会では、視覚障害者だけでなく、視覚機能が低下する高齢者を含め、歩行者用信号機の灯色状態の視認性あるいは気づきやすさを向上させる方策も横断歩道の安全性向上の一つと考えられる。本研究は、歩行者用信号機の気づきやすさを向上させる方策として、従来の歩行者用信号機の付加装置として、横断手前で信号の灯色状態が確認できる LED 付加装置の実用化に向け、ロービジョン者への信号機の視認性調査およびロービジョン者、高齢者の信号機のある横断歩道の問題点、LED 付加装置の利用意向等についてアンケート調査を実施し、その有用性の検証および期待度の調査を行った。その結果、ロービジョン者や高齢者は、その視覚機能の低下等により、灯色状態の視認性に困難が生じていることを示し、横断手前で信号の灯色状態が確認できる LED 付加装置の有用性が高いことを示した。

キーワード 横断歩行支援 高齢者 視覚障害者 交通信号付加装置 LED 照明

1. はじめに

我が国の高齢者比率は、急速に進展し、2030年には人口の28.6%が65歳以上の高齢者になると予想されている。身体障害者手帳を交付された視覚障害者は、全国で約30万人¹⁾であるが、身体障害者手帳の所持に関わらず視覚的に日常生活に困難がある人はさらに多く、日本眼科医会の試算によると、2007年における視覚障害者数は約

164万人であり、そのうちロービジョン者^{注1)}は約144万人である。さらに、人口の高齢化により、視覚障害者数は2030年に約200万人に達すると推定している²⁾。

このような背景の中、特に高齢者による歩行中の事故が増加し、道路横断中における事故が多く発生している³⁾。また、視覚障害者も横断歩道で危険を感じている人が多く、石川(2001)⁴⁾によると、視覚障害者の5人に1人が横断歩道で事故

* [正会員] 神奈川県総合リハビリテーションセンター研究員(現:近畿大学理工学部社会環境工学科講師
TEL: 06-6721-2332, FAX: 06-6730-1320, e-mail: tyanagihara@civileng.kindai.ac.jp)

** 大阪大学大学院人間科学研究科准教授(TEL: 06-6879-8034, FAX: 06-6879-8034, e-mail: sinohara@hus.osaka-u.ac.jp)

*** 大阪大学大学院人間科学研究科特任研究員(現:愛知淑徳大学人間情報学部講師)(TEL: 06-6879-8034, FAX: 06-6879-8034)

**** [正会員] 近畿大学理工学部社会環境工学科教授(TEL: 06-6721-2332, FAX: 06-6730-1320, e-mail: mihoshi@civileng.kindai.ac.jp)

***** 交通科学研究所所長/大阪大学名誉教授(TEL: 072-843-3966)

***** (財)大阪府交通安全協会顧問(TEL: 06-6941-6983, FAX: 06-6945-1291)

***** 篠原電機(株)取締役相談役(TEL: 06-6358-2657, FAX: 06-6358-2351)

を経験しており、約 80% の人が信号機のある横断歩道で危険を感じている。視覚障害者のための信号機のある横断歩道の横断支援の代表的なものとして、音響信号機があるが、夜間停止されている場合が多い。また、視覚障害者用道路横断帯(エスコートゾーン)、個別端末を持つ PICS (Pedestrian Information and Communication Systems) 等の歩行支援システムなどが整備されつつあるが、十分には普及しておらず、信号機のある横断歩道の安全性向上が求められている。

柳原ら (2008)⁵⁾ の研究では、ロービジョン者の約 7 割が、歩行者用信号機が見えにくく、車や他者の動きを横断開始の手がかりにしていると報告している。このように、今後の高齢社会においては、視覚障害者だけでなく、視覚機能が低下する高齢者を含め、歩行者用信号機の灯色状態の視認性あるいは気づきやすさを向上させる方策は、歩行者の横断に対する安心感を高め、また信号見落とし (または信号が見えない) 等の軽減も期待される。

現在、信号機は電球式から LED 式に順次変更され、西日などによる視認性等も改善されつつあるが、それでも横断距離によってはロービジョン者にとって灯色状態が見にくい場合もある。また視野が欠損している視覚障害者にとっては、信号機自体の発見も困難な状況である。以上のように、信号機の視認性や信号機自体の発見性など、信号機の灯色状態の気づきやすさに関しては課題が残る。

本研究では、歩行者用信号機の気づきやすさを向上させる方策として、横断手前で信号の灯色状態が確認できる「高齢者・視覚障害者用 LED 付音響式信号装置 (以下、LED 付加装置)」を提案し、その実用化に向けた有用性の検証を目的としている。

本研究でロービジョンとは、守山ら (2000)⁶⁾ の定義に従い、「成長・発達あるいは日常生活および社会生活に何らかの支障を来す視機能または視覚」とし、そのうち医学的失明である視力 0 を全盲者と呼び、それ以外をロービジョン者として扱う。

2. 従来の研究と本研究の目的

これまで、信号機のある横断歩道における高齢者の横断行動に関して、高齢者の歩行速度と青時間やクリアランス時間を検討したものとして、清水ら (1991)⁷⁾、山田ら (1997)⁸⁾ の研究があり、家田ら (2002)⁹⁾ はバーチャルリアリティを用いて、高齢者の歩行速度や心理的・生理的指標より、青時間等の長さの検討を行っている。

また、視覚障害者の信号機のある横断歩道における横断行動に関する研究は、御手洗ら (2003)¹⁰⁾、柳原ら (2007)¹¹⁾ があり、視覚障害者の横断行動や横断時の歩行速度が明らかになっている。

これらの研究は、高齢者、視覚障害者の歩行速度や横断行動の実態調査および、青時間の長さ等を検討するものである。その他、具体的な横断歩行支援としては、視覚障害者への支援が中心になされている。それらは、前述の通り、音響信号機、視覚障害者用道路横断帯、PICS 等であり、これらは様々な実証的研究 (例えば、末田 (2002)¹²⁾、大倉ら (2002)¹³⁾、谷内ら (1999)¹⁴⁾) を経て、導入基準の設定や導入・普及がなされている。これらは、白杖利用者や全盲者を中心とした支援策であり、触覚情報、聴覚情報により、横断のタイミングや横断方向を支援するものである。

一方、信号機の灯色状態の視認性等を向上させる支援策も海外ではなされている。イギリスでは横断手前に設置するタイプの信号機 (Puffin crossings)¹⁵⁾ の導入が進められている。この Puffin crossings は横断手前に設置するため、ロービジョン者にとっても、信号が見やすく利用しやすい信号システムであるとされている。また、R. V. Houten, et al. (2001)¹⁶⁾ (2006)¹⁷⁾ は信号ユニットにアニメーションを施し、ロービジョン者にとっての信号の視認性の向上を図っている。

このような見やすい信号システムは、ロービジョン者、高齢者を含む多くの人々にとって利用しやすく、横断時の安心性や安全性を向上させる一つの方策であると考えられる。

Puffin crossings は横断手前に設置するタイプの信号機で、信号の見やすいシステムであるが、

このシステムは通常の対岸にある信号機をすべて手前に設置し、かつ押しボタン式信号となっている。さらに、センサーにより横断中の歩行者が渡りきるまで、車側の信号は変わらない信号システムである。つまり、歩行者は、横断歩道で一旦停止し、ボタンを押して信号が青に変わるまで待つ。そして、信号が変われば横断を開始するが、対岸には信号がないので、横断中には信号を確認することはできない。そのため、センサーにより、車側の信号は横断が終了するまで変わらないという歩行者が確実に横断できる安全性を重視した信号システムである。しかし、Puffin crossings は信号の設置位置を変更しなければならない等、従来の信号システムを大幅に変更する必要がある。

本研究では、歩行者用信号機の灯色状態の気づきやすさを向上させる方策として、従来の歩行者用信号機の付加装置として、横断手前で信号の灯色状態が確認できる LED 付加装置を提案する。LED 付加装置は、音響式信号装置と同様、信号システムを変更することのない付加装置として導入できる。また LED 付加装置の本体は、大阪府下で採用されている視覚障害者用音響ポールに LED ユニットを取り付けたものであるため、製造コストや設置コスト（設置に関するノウハウやポール自体の安全性の検証が必要ないなど）を抑えることができ、導入へ困難性はそれほど高くない。そこで本研究では、LED 付加装置の実用化に向け、その有用性の検証および期待度の調査を目的とし、以下の3つの調査を行った。

- ① ロービジョン者が従来の歩行者用信号機（電球式）をどの程度視認できているかを調査するため、視認性実験を行った。また、LED 付加装置についても、視認性実験を行った。
- ② ロービジョン者の普段の横断に関する困難さおよび LED 付加装置に対する評価および期待度についてアンケート調査を行った。
- ③ 高齢者の普段の横断に関する困難さおよび LED 付加装置に対する評価および期待度についてアンケート調査を行った。

以上より、本研究では、ロービジョン者の信号視認性およびロービジョン者・高齢者の横断歩行

の問題点を明らかにし、LED 付加装置導入に関する有用性および期待度を検証するものである。

なお、LED 付加装置は 2009 年 4 月より、社会実験として、大阪市鶴見区鶴見警察署前交差点に導入されているが、本稿は導入前に実施された調査について報告するものである。

3. LED 付加装置の概要

LED 付加装置とは、大阪府下で採用されている視覚障害者用音響ポールに LED ユニットをポールの両面に取り付けたものである。この LED ユニットが灯色状態を示すため、歩行者は横断歩道手前で信号が確認できる。

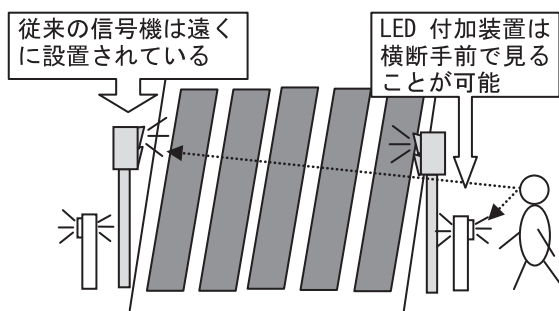


図-1 LED 付加装置の利用イメージ図

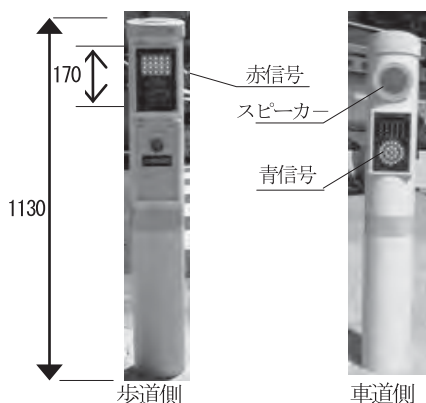


写真-1 LED 付加装置

4. 調査結果

視覚障害者は歩行者用信号機の灯色状態およびその存在自体を発見することが難しい場合がある。従って本研究では、歩行者用信号機（電球式）

表-1 LED 付加装置の仕様

ボール本体		エチレンプロピレンゴム
ゴム表面の塗装の材質		アクリルウレタン塗料 色：イエロー-7.5 YR 7/14
スピーカー		音響信号機のスピーカー
LED ユニット	青色 LED	光度：5520 mcd LED 個数：25
	赤色 LED	光度：1600 mcd LED 個数：20
押しボタン		・青時間延長 ・音響信号の停止時間(夜間)に押すと青時間延長および音響が作動
寸法	ボール本体	高さ：1130 mm (地面より) 外径：165 mm
	LED ユニット (ケース寸法)	170×105 mm

の視認性および設置位置の確認性の調査を行った。LED 付加装置に関しても同様の調査を行った。LED 付加装置は、その設置位置から近距離で灯色状態を視認できるが、ロービジョン者がどの程度の距離から視認可能であるかを調査した。また、LED 付加装置は灯色状態を視認できなくても、その存在を発見できれば、近づいて見ることが可能であるため、設置位置の確認性の調査も行った。視認する角度については、正面からの視認性が重要であるが、実際は斜め方向から見る機会も多いと思われる。LED の光の特性上、斜めから見た場合、輝度が減少し視認性は悪くなるため、補助的に斜め 45 度からの視認性についても調査を実施した。



写真-2 実験時の機器設置状況

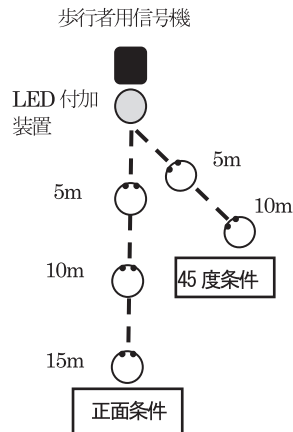


図-2 実験の概略図

実験は、屋外で行っているため、天候などにより各被験者の実験条件が統制されていないが、屋内では、昼間の太陽光の照度を再現することが困難であり、実条件と乖離した実験条件となるため、屋外で計測を行った。

4.1 視認性実験

1) 実験概要

・調査日：平成 19 年 7 月 11～19 日(うち 6 日間)

表-2 被験者の属性

No	性別	年齢	眼科疾患	視力		視野欠損	色覚状態	発症時期(歳)	等級	介助者の必要性	白杖
				右	左						
1	男	18	白内障・無虹彩症	0.18	0.12	なし	正常	0	3	不要	未使用
2	男	16	網膜色素変性症	0.08	0.02	周辺	異常あり	4	2	夜必要	必要に応じて
3	男	47	黄斑部変性症	0.03	0.04	周辺	異常あり	0	2	不要	未使用
4	男	25	網膜色素変性症	0.05	0.03	中心	異常あり	0	1	不要	必要に応じて
5	男	26	ピーターズアノマリー	0.1	0.1	なし	正常	0	5	不要	未使用
6	男	14	網膜芽細胞腫	0	0.1	なし	不明	0	1	不要	未使用
7	女	35	両眼白内症	0.06	0.04	なし	正常	0	5	不要	未使用
8	女	31	視神経萎縮症	0.05	0	中心	正常	14	2	夜必要	必要に応じて
9	女	48	ブドウ膜炎	0	0.02	中心、周辺	異常あり	18	2	夜必要	必要に応じて
10	男	33	視神経萎縮症	0.02	0	なし	正常	3	1	不要	必要に応じて
11	男	18	視神経萎縮症	0.02	0.01	中心	異常あり	14	2	不要	未使用
12	男	16	レーベル症	0.08	0.2	なし	正常	11	3	不要	未使用
13	男	45	錐状体ジストロフィ症	0.01	0.01	中心	異常あり	20	2	不要	未使用
14	女	23	先天性白内障 無虹彩症	指数弁		なし	測定不能	0	1	不要	未使用
15	男	17	朝顔症候群 右 網膜剥離	0.04	0	なし	正常	0	1	不要	未使用
16	女	34	網膜色素変性症	0.02	0.02	中心、周辺	異常あり	31	5	夜必要	必要に応じて
17	男	19	未熟児網膜症	0	0.02	なし	正常	0	1	不要	使用

※視覚機能に関するデータは、盲学校保健室から頂いた。

表-3 測定条件

輝度測定					
	正面方向		45° 方向		単位
	青	赤	青	赤	
LED 付加装置	13410	4060	1456	607	cd/m²
信号機	3880	3201	585	546	

照度測定 注2)				
天候	平均水平照度	垂直照度		単位
		LED 付加装置	信号機	
晴れ	55245	9199	9203	lx
曇り	16150	5055	5390	
雨	7187	1348	1255	

※輝度測定は、LED 付加装置はその信号の高さに設定し、信号機は測定高さを 1.5 m に固定し、測定した。

・場所：大阪府立盲学校校内

・対象者：盲学校生徒 17 名

2) 実験条件

・実験時間帯：13：30～16：00

・天候：11 日（曇）、12 日（曇）、13 日（雨）、
17 日（晴）、18 日（晴）、19 日（晴）

3) 実験方法

・被験者に見にくい方の灯色状態を選択してもらい、正面および斜め 45 度から信号の灯色状態が「はっきりわかる位置」に移動してもらい、その距離を測定した。正面は 15 m、斜め 45 度は 10 m からスタートし、はっきり見える位置まで移動してもらった。スタート地点で視認できた人の視認距離は、正面は 15 m、斜め 45 度は 10 m とした。ここで、視認距離とは、被験者が灯色状態をはっきりと視認できる最大距離である。

・LED 付加装置および信号機の存在がわかるかを調査するため、正面（15、10、5 m）の各地点から信号存在の確認性を調査した。具体的には、被験者を 5、10、15 m いずれかの位置に連れて行き、その場所から LED 付加装置および信号機の位置がわかるかを 3 段階（「全くわからない」、「かろうじてわかる」、「よくわかる」）で判断させた。

4) 実験結果

① 視認距離

図-3 は正面・斜め 45 度からの歩行者信号機の視認距離の累積割合を示したものである。15 m 離れると正面から見て歩行者用信号機の灯色状態がわかる人は約 2 割で、6 m になると約 6 割になる。斜め 45 度からは 10 m 離れると約 2 割で、5 m で約 4 割であった。つまり、横断歩道等では、横断距離が長くなると視認できる人の割合が減少する。

図-4 は正面・斜め 45 度から LED 付加装置の視認距離の累積割合を示したものである。LED 付加装置は、正面、斜め 45 度共に、2 m まで近づくと約 8 割の人が視認できている。

② 視力と視認距離

図-5 は被験者の良眼視力（良い眼の方の視力）と視認距離の関係を示したものである。柳原ら（2008）⁵⁾の研究によると、視力 0.1 未満になると、

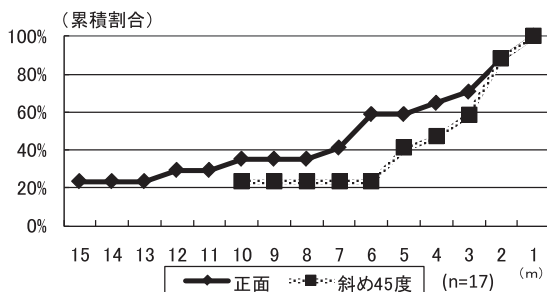


図-3 歩行者用信号機の視認距離の累積割合

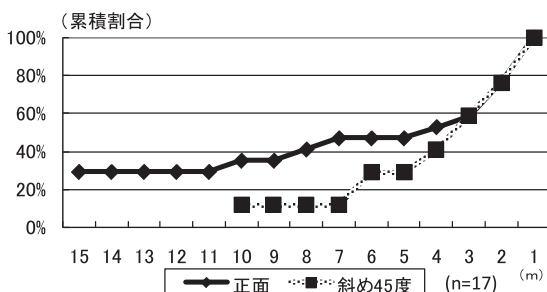


図-4 LED 付加装置の視認距離の累積割合

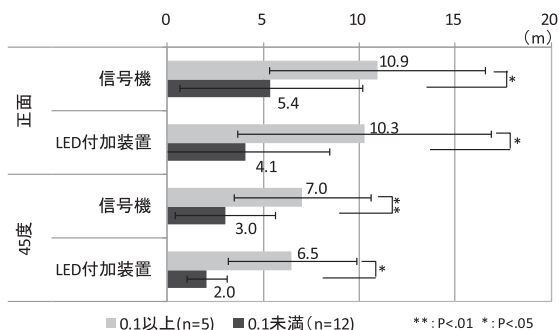


図-5 視力と視認距離の関係

歩行者用信号機が見えずに他者の動き等で、信号を確認している人が多いと報告があるため、視力を 0.1 未満、0.1 以上に分類し、その視認距離を比べた。その結果、0.1 未満群と 0.1 以上群の視認距離のばらつきは共に大きいものの、平均視認距離では、大きな差が見られ、視力 0.1 未満の人にとって、歩行者用信号機は見にくい状況である。

さらに、視力 0.1 未満を 0.04 未満、0.04～0.1 未満と詳細に分類したものを表-4 に示した。群間に統計的な有意差は生じていないが、視力が悪くなるほど、視認距離が減少する傾向にある。

表-4 視力（3分類）と視認距離の関係

(単位：m)

		0.04 未満 (n = 7)		0.04～0.1 未満 (n = 5)		0.1 以上 (n = 5)	
		平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
正面	LED 付加装置	2.8	2.3	5.6	5.1	10.3	6.6
	信号機	4.1	3.5	7.1	6.1	10.9	5.6
45 度	LED 付加装置	2.1	1.2	2.0	1.8	6.5	3.3
	信号機	2.3	1.5	3.9	3.7	7.0	3.6

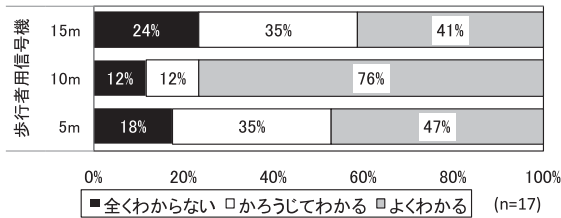


図-6 歩行者用信号機の設置位置の確認性

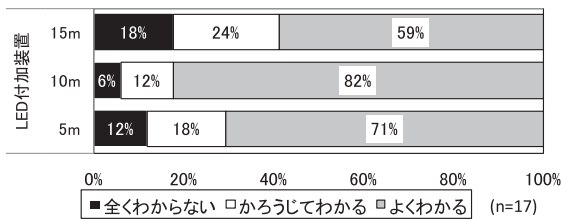


図-7 LED 付加装置の設置位置の確認性

③ 信号設置位置の確認性

図-6, 7 は正面 (15, 10, 5 m) の各地点からの信号機の有無の確認性で, 「全くわからない」, 「かろうじてわかる」, 「よくわかる」の各回答の割合を示している。

歩行者用信号機の有無が「よくわかる」と回答した人は, 10 m でやや多くなっているものの, 15 m においても約 6 割の人が「よくわかる」と回答しており, LED 付加装置はその存在を比較的発見しやすいと考えられる。歩行者信号機, LED 付加装置共に, 「よくわかる」割合が, 10 m よりも 5 m でやや減少している。これらの理由として, このように回答した人の多くは, 中心暗点 (中心部に視野の欠損がある) を持つ被験者であり, 中心が見えないため, 近付くと逆に対象物

表-5 ロービジョン者アンケート回答者の属性

性別	男性 66%, 女性 20%, 無回答 14%
年齢	20 歳未満 22%, 20～29 歳 16%, 30～39 歳 25%, 40～49 歳 32%, 50 歳以上 5%
障害等級	なし 9%, 1 級 12%, 2 級 44%, 3 級 9%, 4 級 9%, 5 級 14%, 6 級 7%, 不明 2% ※全盲者含まず
良眼視力 (良い方の視力)	0.04 未満 37%, 0.04～0.1 未満 19%, 0.1 以上 42%
視野障害	なし 40%, あり 60%
介助の必要性	必要なし 62%, 必要 9%, 夜間のみ必要 29%
白杖利用	常に利用 5%, 必要に応じて 32%, 未使用 64%

が見えにくくなったと考えられる。

4.2 ロービジョン者へのアンケート調査

実験参加者以外にも LED 付加装置の有用性に関する意見および期待度を把握することを目的とし, 大阪府立盲学校生徒に対しアンケート調査を実施した。LED 付加装置は, 実験実施期間中, 常に, 校内に設置されていた。

① アンケート調査の概要

- ・実施日：平成 19 年 7 月 12 日～19 日
- ・調査方法：盲学校の先生より生徒へ配布・回収
- ・配布/回収数：配布数 70 部, 回収数 44 部
- ・アンケート項目：性別, 年齢, 疾患名, 障害等級, 視機能, 介助者の必要性, 白杖利用の有無, 日常の歩行場面について

② アンケート調査結果

表-5 に回答者の個人属性を示す。男性が 66% と多く, 年齢では 40 代が 32%, 障害等級では 2 級が約半数であった。介助が必要な人は 9% であり, 回答者のほとんどは単独で歩行している。

図-8 は回答者の横断行動にかかわる問題について示したものである。「他者追従による危険」とは信号を確認せず他の歩行者に付いて行って危険な目にあつたかどうかを示したものであり, 「時々ある」まで含めると約 4 割の人が危険な目にあっていることがわかる。

「信号残りの可能性」とは灯色状態の確認に時間がかかり, そのため横断開始が遅れ青信号内に渡りきれなかった経験について聞いたものである。その結果, 24% の人がその経験があるとい

高齢者・視覚障害者の道路横断支援のためのLED付音響式信号装置の実用化可能性検証

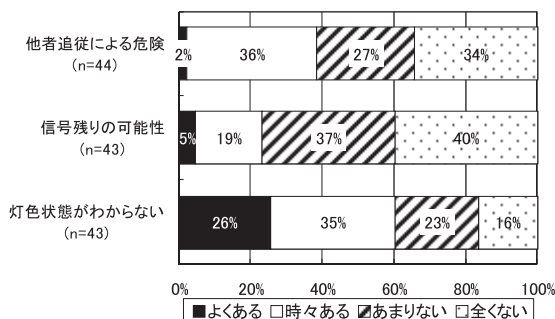


図-8 横断行動にかかわる問題

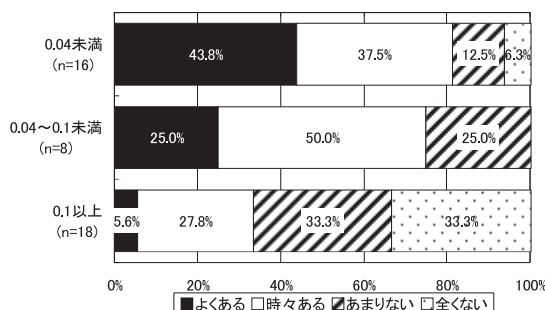


図-9 灯色状態の見えにくさと視力との関係

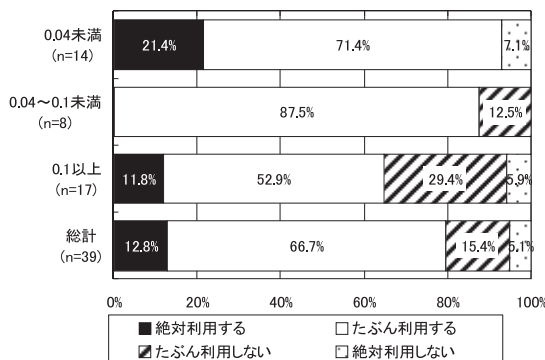


図-10 LED付加装置の利用意向（ロービジョン者）

う回答であった。

「灯色状態がわからない」とは、信号が見えにくく困ることがあったかを聞いたものである。「時々ある」まで含めると約6割の人が見えにくく困った経験があると回答している。

図-9は「灯色状態がわからない」をさらに詳しく、回答者の良眼視力との関係を示したものである。視力0.04未満の人は約44%、0.04以上0.1未満の人は25%の人が信号が見えにくく困るこ

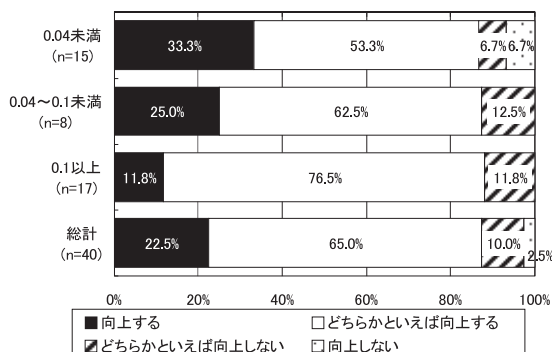


図-11 安全性の向上について（ロービジョン者）

とあると回答しており、「時々ある」まで含めると、視力0.1未満の約8割の人は灯色状態が見えにくい状態となっている（Fisher's exact test, $P=0.0442$ ）。

また、視力0.04未満の人の約2割は見えにくさによる困難を感じていない。これらの人は「特定の色がわからない」「物と物を区別するのにコントラストが必要」といった質問に対して「いいえ」と答えていることから、視力が低くても色やコントラストに対する感度が保たれていれば信号の見にくさは生じにくいのかかもしれない。また、先天性の障害や視野障害がある人のほうが困難さを報告する傾向がややあるように見受けられる。これらの知見から、視力の低さと信号の見易さの関係は単純なものではないことが示唆されるといえる。

図-10は、LED付加装置の利用意向について聞いたものである。視力0.1以上の人で利用しないという回答が約35%存在するが、視力による統計的な有意差はなく、総計としても、約8割の人が利用すると回答している（Fisher's exact test, $P=0.221$ ）。

図-11はLED付加装置の設置により歩行時の安全が向上するかについて質問したものである。総計として、どちらかといえば向上するまで含めると約9割の人が向上すると回答した。低視力の人は、安全性が向上するという意見が多いが、統計的な有意差はない（Fisher's exact test, $P=0.639$ ）。

4.3 高齢者へのアンケート調査

本調査は、高齢者の日常生活における歩行の問題点を明確にするとともに、LED付加装置の有用性および期待度の調査を実施した。

① アンケート調査の概要

- ・実施日：平成19年8月17, 18, 20～23日
- ・場所：大阪市立いきいきエイジングセンター内エレベーターホール
- ・対象者：センター利用の272名（55～87歳）
男性69名、女性203名
- ・調査方法：エレベーターホールにLED付加装置を設置し、調査員による個別の聞き取り

表-6 高齢者アンケート回答者の属性

性別	男性 25%, 女性 75%
年齢	50歳代 2%, 60歳代 54%, 70歳代 41%, 80歳代 3%
免許所持	あり 33%, なし 67%
眼疾患の有無	なし 79%, あり 21% (内訳：白内障 74%, 糖尿病性網膜症 11%, その他 15%)
外出頻度	ほぼ毎日 76%, 時々 23%, あまり外出しない 1%

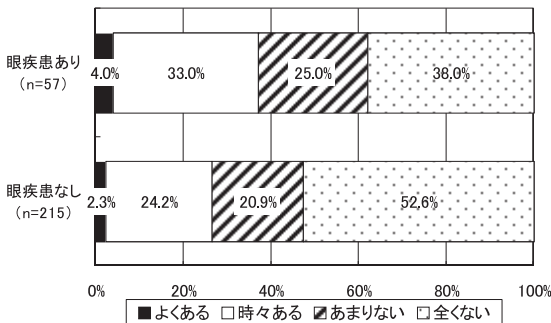


図-12 灯色状態の見えにくさと眼疾患との関係

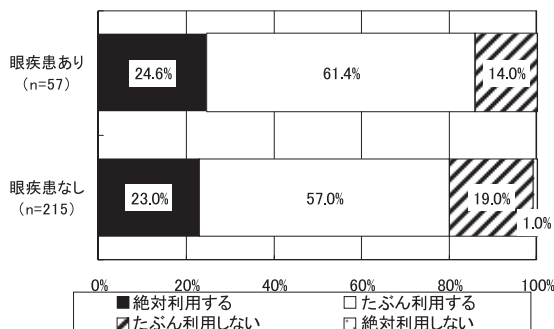


図-13 LED付加装置の利用意向（高齢者）

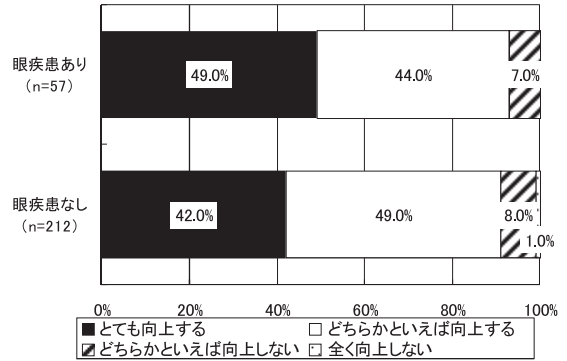


図-14 安全性の向上について（高齢者）

- ・アンケート項目：属性、日常歩行について、LED付加装置について

② アンケート調査結果

表-6に回答者の個人属性を示す。女性が75%と多く、年齢では60代が54%、70代が41%であった。眼疾患については、「あり」と回答した人が21%であり、その内訳は白内障が74%と最も多い。

高齢者には比較的広い横断歩道（片側2車線以上）の灯色状態の見やすさについて調査を行った。「時々ある」まで含めると、眼疾患のある人は約37%、眼疾患のない人は約27%の人が見えにくく困った経験があると回答し、眼疾患のある人ほど見えにくく困るという回答の割合が高いが、統計的な有意差はなかった（Fisher's exact test, $P=0.229$ ）。全体としては、高齢者の約3割程度が見えにくく困った経験があると回答している（図-12）。

図-13は、LED付加装置の利用意向について聞いたものである。眼疾患の有無に限らず、「たぶん利用する」まで含めると、約8割の人が利用すると回答している。また、眼疾患による利用意向についての統計的な有意差はなかった（Fisher's exact test, $P=0.827$ ）。

図-14はLED付加装置の設置により歩行時の安全が向上するかについて質問したものである。疾患の有無に限らず、「どちらかと言えば向上する」まで含めると約9割の人が向上すると回答している。眼疾患による利用意向についての統計的な有意差はなかった（Fisher's exact test, $P=0.710$ ）。

今回の回答者において、眼疾患の影響はほとんどなかった。その理由として、回答者は文化センターに通う比較的元気な高齢者であるため、日常生活に支障きたさない軽度の病態であったと考えられる。

5. 考 察

本研究は、歩行者用信号機の気づきやすさを向上させる方策として、従来の歩行者用信号機の付加装置として、横断手前で信号の灯色状態が確認できる LED 付加装置の実用化に向け、ロービジョン者への信号機の視認性調査およびロービジョン者、高齢者の信号機のある横断歩道の問題点、LED 付加装置の有用性の検証および期待度の把握を行った。以下に信号視認性、LED 付加装置の有用性および期待度に関して考察する。

1) ロービジョン者・高齢者の信号視認性について

ロービジョン者は、視認性実験より、歩行者用信号機を正面から見て、15 m 離れると灯色状態がわからない人は約 8 割で、6 m では約 4 割になる。また、アンケート調査より、約 6 割の人が信号機の灯色状態が見えにくく困った経験があると回答するなど、ロービジョン者にとって信号機の灯色状態を確認することは、困難性が高いと考えられる。例えば車線幅員を約 3 m と考えると、片側 3 車線の大きな横断歩道では、ロービジョン者のほとんどが信号の色をはっきり確認できず、片側 1 車線程度でも、約 6 割の人しかはっきり確認できていない。さらに、視力 0.1 未満の人の歩行者用信号機の平均視認距離は 5.4 m であることから、片側 1 車線程度でも視認困難であることがわかる。

今回調査した高齢者は、比較的元気な高齢者であるため、それほど灯色状態の視認性に困難を感じている人は多くないが、それでも比較的広い横断歩道の灯色状態の見やすさについて、約 3 割程度の高齢者が見えにくく困った経験があると回答していた。

やはり、視覚機能が低下することにより、信号機の灯色状態の確認が困難になるため、今後の高齢社会においては、歩行者用信号機の気づきやす

さを向上させる方策は重要であると考えられる。

2) LED 付加装置の有用性と期待度

上記より、ロービジョン者や高齢者は、歩行者用信号機の視認性に関して、困難が生じていることがわかった。本研究では、それらの対策として、LED 付加装置を提案したが、今回の実験被験者にいた視覚障害 1 級の重度障害を持つ人にも、LED 付加装置は視認可能であった。特に、視力 0.01 未満の指数弁（目の前で指を振れば、それが分かる程度の視力の人）の人でも視認できたことから重度障害者にも有効であることが分かった。このことから、現在、視覚障害者にとってニーズの高い、音響信号機が設置されている箇所には、その有用性は高く、また、夜間、音響信号機が停止されている箇所でも、全盲者以外には、その代替策としても有効である。

また、ロービジョン者の LED 付加装置の利用意向や安全性向上についての意見としては、その人の視力に関係なく約 8 割の人が利用意向を示し、横断時の安全性が向上すると回答した人は約 9 割おり、LED 付加装置の期待度は高い。また、高齢者も約 8 割の人が利用意向を示し、高齢者にとっても、LED 付加装置の期待度は高いと考えられる。

以上より、次のような箇所において、LED 付加装置の設置の有用性が高いと考えられる。

- ・片側 3 車線程度の横断距離の長い大きな横断歩道
- ・夜間音響信号機が停止される箇所または音響式信号機が設置されている視覚障害者にとってニーズの高い場所。

6. ま と め

本研究は、ロービジョン者、高齢者に対し、LED 付加装置の有用性の検証および期待度の把握を行った。以下にその結果を示す。

- ・歩行者用信号機を正面から見て、15 m 離れると歩行者用信号機の灯色状態がわかる人は約 2 割、6 m では約 6 割になり、ロービジョン者の多くが、歩行者用信号機の灯色状態をはっきり視認できていない。
- ・LED 付音響装置は、正面、斜め 45 度共に、2 m

まで近づく」と約8割の人が視認できている。また、視覚障害1級の重度障害を持つ人にも視認可能であったことから、その視認性には問題がないと考えられる。

- ・高齢者は、比較的広い横断歩道で約3割程度の人が見えにくく困った経験がある。
- ・ロービジョン者、高齢者共にLED付音響装置の利用について多くの人が利用意向を示し、その有用性に関する期待度は高い。

以上より、本研究で提案したLED付加装置は、今後の高齢者社会において、その有用性および設置に対する期待度は高いと考えられる。ただし、本研究で用いたLED付加装置は単一の製品の評価であり、LEDの明るさ、大きさ、形、設置高さなどは最適のものとは限らない。今後、異なる性能を持つ類似製品等が現れ、ある程度普及した暁には製品基準を定めることが必要であろう。

また今後は、現在導入されている大阪市鶴見区において、公道上での運用現場における利用状況や運用上の安全性や課題について、継続的に調査を行っていく予定である。

(注1) わが国では、ロービジョン者に対する明確な定義はないため、日本眼科医会では、アメリカのロービジョン者の定義（ロービジョンは良い方の視力0.1以上0.5未満、失明が良い方の視力0.1未満）を用いて、推計している。

(注2) 平均水平照度とは、床面の照度を5m間隔の格子状に12点計測したものを平均したものであり、垂直照度とは床面に対して垂直な面（本研究では、各信号機の光の発行面）の照度である。

謝 辞

調査にご協力いただいた大阪府立盲学校、大阪市立いきいきエイジングセンターの皆様に対して心から謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 総理府；「障害者白書」，平成21年版，2009
- 2) 日本眼科医会ホームページ；
http://www.gankaikai.or.jp/info/20091115_socialcost.pdf
(最終訪問日 2010年7月20日)
- 3) 高山純一，中山昌一郎，福田次郎；「高齢者の横断歩道外における横断行動の実態およびその意識に関する調査分析」，土

木計画学研究・論文集，Vol. 21，pp. 647～655，2004

- 4) 石川英尚；「視覚障害者のモビリティに資する信号機の在り方に関する調査研究について」，月刊交通，9月号，pp. 24～33，2001
- 5) 柳原崇男，北川博巳，齋藤圭亮，三星昭宏；「ロービジョン者の視覚機能と外出時の歩行問題の関係に関する研究」，土木計画学研究・論文集，No. 25，pp. 525～533，2008
- 6) 守山典子，大月洋；「「ロービジョン」の定義確立に向けての提言」，日本眼科紀要，Vol. 51，No. 12，pp. 1115～1120，2000
- 7) 清水浩志郎，木村一裕，吉岡靖弘；「道路横断施設における高齢者の歩行特性に関する研究」，交通工学，Vol. 26，No. 2，pp. 29～38，1991
- 8) 山田稔，山形耕一；「高齢歩行者を考慮した横断時間のゆとりに関する研究」，土木計画学研究・論文集，No. 14，pp. 861～868，1997
- 9) 家田仁，鳩山紀一郎；「横断歩行者の視点からみた高齢化社会に向けた信号交差点の設計・制御法に関する基礎実験」，交通工学，Vol. 37，No. 6，pp. 51～60，2002
- 10) 御手洗京介，三井達郎；「視覚障害者の道路横断行動に関する研究」，第23回交通工学研究発表会論文報告集，pp. 69～72，2003
- 11) 柳原崇男，三星昭宏，北川喜代治，藤田和宏；「視覚障害者の道路横断行動と歩行支援情報システムの効果に関する研究」，福祉のまちづくり研究，Vol. 8，No. 2，pp. 23～32，2007
- 12) 末田統；「音響信号機におけるスピーカの最適位置と音響のあり方に関する調査報告書」，社団法人新交通管理システム協会 受託研究報告書，2002
- 13) 大倉元宏，浦川龍平，寺本宏明他；「視覚障害者用道路横断帯の標準的敷設法に関する研究(1)」，労働科学，Vol. 78，No. 6，pp. 310～316，2002
- 14) 谷内一正，大久保紘彦；「歩行者等支援情報通信システム(PICS)のフィールド実験について」，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 99，No. 460，pp. 61～66，1999
- 15) UK Dept. of Transport；
<http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/tss/gpg/puffingoodpracticeguide.pdf> (最終訪問日2010年7月20日)
- 16) Van Houten, R., Blasch, B. and Malenfant, L. ; "A comparison of the recognition distance of several types of pedestrian signals with low-vision pedestrians", Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 38, No. 4, pp. 443～448, 2001
- 17) Williams, M. D., Van Houten, R. and Blasch, B. ; "Recognition distance of pedestrian traffic signals by individual", Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 43, No. 6, pp. 771～776, 2006

(2010年7月26日 受 付)
(2010年12月20日 再 受 付)
(2011年3月3日 再々受 付)
(2011年6月10日 再々再受 付)