

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 Study on system using LED marks that lead the people with low vision to walk safely at night

谷内 久美子¹⁾, 大森 清博²⁾, 市原 考³⁾, 宮崎 貴久⁴⁾, 北山 一郎²⁾, 新田 保次⁵⁾,
猪井 博登⁶⁾, 松本 泰幸⁷⁾, 藤田 淳一⁷⁾, 小平 恭宏⁷⁾, 外山 芳弘⁷⁾, 原田 敦史⁸⁾

Kumiko Taniuchi, Kiyohiro Omori, Ko Ichihara, Takahisa Miyazaki, Ichiro Kitayama, Yasutsugu Nitta,
Hiroto Inoi, Yasuyuki Matsumoto, Junichi Fujita, Yasuhiro Kodaira, Yoshihiro Toyama, Atsusi Harata

和文要旨

ロービジョン者の多くは残された視覚を使い歩行しており、夜間の道路は歩きづらい環境になっている。本研究の目的は、夜間の低い照度下でもロービジョン者が歩きやすくなる方法として、LED 誘導マークを用いた誘導方法を提案することである。提案する誘導方法は、道路面からの発光ではなく、電柱等に取り付けた LED から光を照射し、道路面に明るいマークを作り出すものである。まず、アンケート調査を行い、ロービジョン者の夜間歩行の実態を把握した。ロービジョン者の多くは、昼間は残存視力を使って歩行しているが、夜間になると残存視力を有効に用いることができず、同行者を必要とするなど外出方法が変化し、外出頻度も少ないことがわかった。次に、提案した誘導方法がロービジョン者の夜間歩行の誘導に有効である周辺照度はどれくらいなのか、誘導マークの設置間隔と明るさの目安はどのくらいなのかを把握するために、ロービジョン者の参加による歩行実験を 2 種類実施した。実験 1 では、周辺照度がどの程度であれば有効であるかを確認するため、周辺照度を 3 通り変えて歩行実験を行った。その結果、提案した誘導方法は、周辺照度が 6lx 以下の場合、ロービジョン者の約 8 割から「有効である」との回答が得られた。実験 2 では、周辺照度 6lx の場合にロービジョン者の夜間歩行の誘導に効果を発揮する LED 誘導マークの設置間隔と明るさの目安を把握した。その結果、誘導マークが“5.0m 間隔、照度 90lx (輝度対比 1.9~9.0)”, “7.5m 間隔、照度 180lx (輝度対比 4.9~19.5)” の場合にロービジョン者の約 8 割から「わかりやすい」との回答が得られた。

キーワード：ロービジョン、LED、誘導マーク、道路面

Abstract

Many of people with low vision walk using their low sight ability. They have difficulties to walk especially at night. In this research, we propose the guidance system with LED lighting, in order to make people with low vision easy to walk at night. First of all, the questionnaire was performed in order to clarify night walk of people with low vision. Many of them walk daytime using residual eyesight. They, however, can't use residual eyesight at night. Therefore they need guide and reduce going out at night. Secondly, we perform laboratory experiments by low vision subjects in order to verify effectiveness of the proposed system. As a result, the system is effective for those who walk under low illumination (6 lx or less). In addition we verify the suitable combinations of the installation interval and brightness of spots. “5m interval and 90lx brightness” and “7.5m interval and 180lx brightness” are efficient for the guidance of them.

Keywords: low vision, Light Emitting Diode, spot light to guide, surface of road

1) 会員：大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻（前 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所）

〒565-0871 吹田市山田丘 2-1, TEL:06-6879-7609, FAX:06-6879-7612, E-mail: taniuchi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

2) 会員：博士（工学）、兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所

〒651-2181 神戸市西区曙町 1070, TEL:078-925-9283, FAX:078-925-9284, E-mail:omori@assistech.hwc.or.jp

3) 会員：兵庫県上郡土木事務所（前 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所）

4) 会員：淡路市都市整備部区画整理課（前 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所）

5) 会員：工学博士、大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

6) 会員：博士（工学）、大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

7) 会員：小糸工業(株)、〒244-8569 横浜市戸塚区前田町 100, TEL:045-826-6798, FAX:045-822-7123

8) 会員：国立神戸視力障害センター 〒651-2181 神戸市西区曙町 1070 TEL:078-923-4670, FAX:078-928-4122

1 はじめに

ノーマライゼーション理念の浸透を受け、身体の障害に関わらず自立的に移動できる歩行環境の整備が求められている。厚生労働省の調査によると、身体障害者手帳を交付された視覚障害者は、全国で約 30 万人である¹⁾。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（ロービジョン者）はさらに多く、日本眼科医学会は日本には 100 万人のロービジョン者がいると推定している²⁾。このようにロービジョン者は膨大な人数がいると推定されているのにも関わらず、視覚障害というと全盲者のイメージが強く、そのためロービジョン者に配慮した歩行環境の整備はあまり進んでいない。

現在、わが国においてはロービジョン者を含む視覚障害者のための歩行環境の整備として、視覚障害者用誘導ブロック、音声案内などの整備が進められている。しかし、夜間には誘導用ブロックは認知しづらく、音声を用いた案内は周囲の家屋への影響などから夜間には停止されている場合もある。このように夜間の道路等の歩行環境は、ロービジョン者にとって歩行しづらいと推察される。

そこで本研究は、夜間の低い照度下でもロービジョン者が歩きやすくなる方法として、道路面から発光するのではなく、電柱等に取り付けた LED 照射装置から光を照射し、道路面に一定間隔で表示したマークを用いた誘導方法を提案することを目的とする。

研究の方法は、まず、ロービジョン者が実際に夜間の歩行に対して困難を感じているのかを把握し、夜間の歩行誘導施設が必要であるかどうかを考察する。次に、ロービジョン者を被験者とした歩行実験を 2 種類実施する。実験 1 の目的は、周辺がどの程度の照度であれば、提案した誘導方法がロービジョン者の夜間の歩行を誘導する効果があるのかを検証することである。実験 1 では、誘導マークの明るさと設置間隔は用いる実験施設や機器から制約を受けており適正な値かどうか検証していない。そのため、実験 2 では誘導マークの明るさと設置間隔の目安を把握することとする。

2 既往研究の整理

交通バリアフリー法では「高齢者や身体障害者等が安全で円滑な移動を図るために適切な明るさを確保する」とされており、数値での基準は示されていない³⁾。一方、夜間の道路照明は、JIS Z 9111 で基準が示されている。交通量の多い商業地域の道路では、水平面照度 20lx の明るさが望ましいとされているが、その他の地域は 10lx 以下の照度が基準となっている（表 1）⁴⁾。

表 1 JIS Z 9111 道路照明基準⁴⁾

夜間の歩行者交通量	地域	水平面照度
交通量の多い道路	住宅地域	5 lx
	商業地域	20 lx
交通量の少ない道路	住宅地域	3 lx
	商業地域	10 lx

道路照明基準に関する研究として、ロービジョン者を対象とした研究は少ない。ロービジョン者を対象としていないが、林ら⁵⁾は車いす利用者を対象として照明を 5 段階に変えて歩行実験を実施している。車いす利用者は円滑な移動のために段差等の周辺の情報を必要としているが、視線が低く運転操作で前傾姿勢になるため暗い照度の中では走行しにくい。林らは歩行実験後の評価から、車いす利用者が安全に走行するためには、10lx 以上の照明が必要であるとしている。筆者らは、ロービジョン者を被験者として周辺照度を変化させて歩行実験を行い、照明の明るさを 20lx 程度確保すれば、ロービジョン者でも歩きやすくなることを示している⁶⁾。このように、照明を明るくすればロービジョン者をはじめ移動に制約を受けている人達にとって歩きやすい環境を作ることができるが、現実には隣接する家屋への影響や照明の維持管理費等を考えると、街路灯を明るくするというわけにはいかない。

こうした中、近年 LED 内蔵誘導用ブロックが研究開発されており⁷⁾⁸⁾、歩道で試行される事例も増えている。LED 内蔵型誘導用ブロックは、ロービジョン者にとって視認性が高く⁷⁾、誘導効果も高いことが確認されている⁸⁾。しかし、これらのブロックは路面に埋め込まれているため、高額な設置費用と維持管理費、故障時の取替えが困難である等の問題があり、さらなる普及には課題が多い。

3. 本研究で提案するロービジョン者の夜間誘導方法の概要

本研究で提案する LED マークを用いたロービジョン者の夜間歩行誘導方法は、LED 照明を既設の電柱等に添設し、道路面に照射し、道路面に一定間隔に連続したマークを作り出し、これを用いて誘導するものである（図 1）。誘導マークは、周囲を照らす間接的な照明として機能するのではなく、ロービジョン者に連続したマークを目印として認知させて歩行を誘導することを想定している。照射装置に用いるレンズ一体型 LED は、鋭角なビーム発光と高い輝度を有し、明るいマークを作り出すことができる上に、周囲への光の漏れも少なく家屋への影響も少ない。

また、この誘導方法は、既設の電柱等に添設するため、地中工事もなく、配線工事も低額で済み、埋設方式と比べ維持管理の問題も少ないという利点がある。

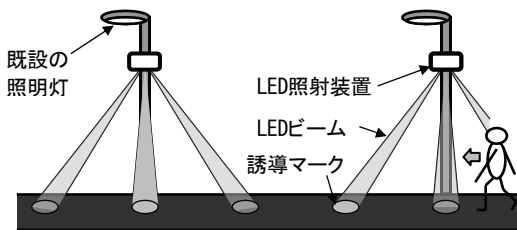


図 1 提案する誘導方法

4 ロービジョン者の夜間歩行の誘導施設の必要性調査

(1) 調査の目的

本章の目的は、ロービジョン者が実際に夜間の歩行に対して困難があるのかを把握し、夜間の歩行誘導施設が必要であるかどうかを考察することである。視覚障害者の中でもロービジョン者の歩行の現状に着目した研究は多くなく、特に夜間歩行に言及した研究は少ない。そのため、ロービジョン者にアンケート調査を行い、夜間歩行の現状を把握した。

(2) 調査の方法

アンケート調査は、国立神戸視力障害センターの入所者及び神戸アイライト協会の会員で身体障

害者手帳を所持しているロービジョン者を対象とした。ロービジョン者に限定するため、最大視力（左右の矯正後視力の高い値）が 0.01 以上の 43 人を対象とし、0.01 未満の人は除外した。身体障害者手帳を所持していないロービジョン者は数多くいるが、ロービジョン者であるかどうかの判定が困難であることから身体障害者手帳所持者を対象とした。調査にあたって、調査票を手渡しで配布し、回収は郵送で行った。調査は平成 14 年 9 月に実施した。

回答者の属性は、表 2 に示すとおりである。厚生労働省の調査によると、視覚障害者は 1 級が 34.9%、2 級が 24.6%となっている¹⁰。本調査ではロービジョン者を対象としたことから、全盲が多く含まれている 1 級は少なく、2 級が最も多い。原因疾患に関しては、日本における失明原因として網膜色素変性症が最も多いといわれているが²⁾、今回の回答者も網膜色素変性症が 21 人（48.8%）と最も多く、次いで緑内障、視神経萎縮、白内障、網膜剥離がそれぞれ 5~6 人である。歩行訓練に関しては、日本において歩行訓練の経験のあるロービジョン者は少ないが、今回の調査でも訓練経験者は 12 人（27.9%）と少なく、現状を反映しているといえる。なお、歩行訓練とは、視覚障害リハビリテーション施設等において、視覚障害者が一人で安全に歩行できることを目的とした訓練である。

表 2 回答者の属性

障害等級	1 級：5 人，2 級：21 人，3 級：4 人，4~6 級：13 人
最大視力	0.01：4 人，0.02~0.05：13 人，0.06~0.09：6 人，0.1 以上：20 人
原因疾患（複数疾患者有り）	網膜色素変性症：21 人，緑内障：5 人，視神経萎縮：5 人，白内障：5 人，網膜剥離：6 人，その他：10 人
視野障害	有り：33 人，無し：10 人
歩行訓練	経験有り：12 人，経験無し：31 人

(3) ロービジョン者の夜間歩行の実態

a) 昼間と夜間の外出方法

どのような方法で外出しているかを昼間と夜間に分けて聞いた結果が表 3 である。昼間では「白杖を携帯しているが、主に残存視力使用」，「残存

視力を使いひとりで歩く」が合わせて 72.1%であるのに対し、夜間では 48.9%と少なくなり、代わりに「人に同行してもらう」が 9.3%から 30.2%に増えている。このことから、ロービジョン者の中には、昼間は残存視力を用いてひとりで歩行できるものの、夜間になると残存視力を有効に使うことができず、同行者が必要となる人がいることがわかる。

表 3 昼間と夜間の外出方法

	昼間		夜間	
	人数	構成率	人数	構成率
白杖を使用	8	18.6%	8	18.6%
白杖を携帯しているが、主に残存視力使用	9	20.9%	3	7.0%
残存視力を使いひとりで歩く	22	51.2%	18	41.9%
人に同行してもらう	4	9.3%	13	30.2%
その他	0	0.0%	1	2.3%
合計	43	100.0%	43	100.0%

b)外出頻度と歩きやすさ

どのくらいの頻度で外出しているかを昼間と夜間で分けて聞いた結果が図 2である。夜間は昼間に比べ外出頻度が減っており、特に、夜間では「ほとんど出歩かない」が 27.9%と多い。夜間に出歩く人が減るのは、夜間は昼間に比べ用件が少ないことも考えられるが、夜間の歩みにくさも外出頻度に影響していると考えられる。

次いで、夜間と昼間の歩きやすさの差を聞いた結果が表 4である。「夜間の方が歩きづらい」と回答している人が 81.4%と多い。また、歩きやすさと夜間と昼間の外出頻度の変化をクロス集計したところ、「夜間の方が歩きにくい」と回答している人では 68.6%の人が夜間で外出頻度が減っているのに対し、その他の回答者では、夜間と昼間の外出頻度に差がない人が多かった (図 3)。

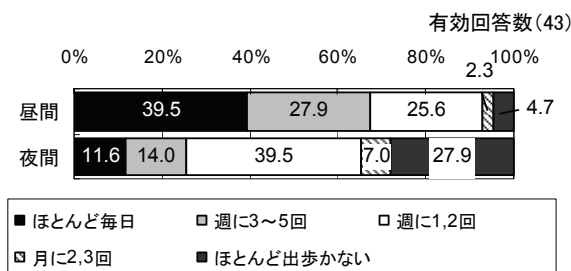


図 2 昼間と夜間の外出頻度

表 4 夜間と昼間の歩きやすさの比較

	度数	構成率
夜間の方が歩きづらい	35	81.4%
夜間と昼間の歩きやすさは同じ	6	14.0%
夜間の方が歩きやすい	2	4.7%
合計	43	100.0%

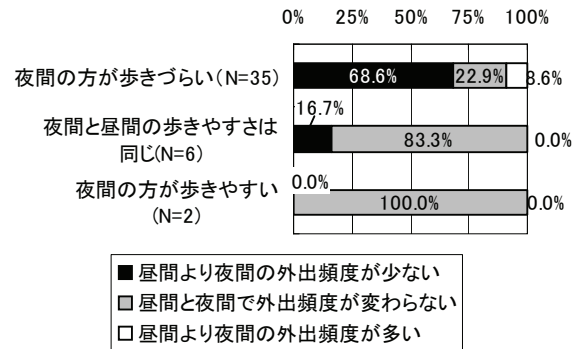


図 3 昼間と夜間の外出頻度の比較と歩きやすさ

(4) アンケート調査のまとめ

ロービジョン者を対象にアンケート調査を行い、ロービジョン者の夜間歩行の実態を把握した。

ロービジョン者の多くは、昼間は残存視力を使って歩行している。しかし、夜間になると残存視力を有効に用いることができず、同行者を必要とするなど外出方法が変化し、外出頻度も少なくなることがわかった。これらのことから、ロービジョン者が夜間でも残存視力を用いて移動できる施設を整備することにより、ロービジョン者の夜間の歩きやすさを改善し、夜間にひとりで外出できるロービジョン者を増やすことにつながるのではないかと考えられる。

5 実験による提案方法の検証

(1) LED 誘導マークの予備検討

3章で述べた LED 誘導マークを用いたロービジョン者の夜間の歩行を誘導する効果があるのかを確認するために、ロービジョン者を被験者とした歩行実験を実施する。本実験を行う前に、本研究で誘導として用いる LED 誘導マークの色、形、大きさに関する予備検討を行った。予備検討には、被験者として緑内障の疾患一人 (視力 0.03, 視野障害有り) が参加し、国立神戸視力障害センター日常生活訓練の指導員の指導の元に行った。予備検討の際に用いたマークの照射装置は、レンズ

一体型 LED は、三菱オスラム製エフェクトライ
ト OS-WL01A-Y1 であり、歩行実験で用いるもの
と同じ規格である。

マークの色に関して、色覚に異常がある場合に
誤認しやすいといわれている赤、緑、青は除外し
た。特に赤は、警告に使われていることが多く、
道路に設置した場合に信号機や発行紙と誤認
する可能性が高い。白は高い輝度を得ることがで
きるが、通常の照明との色の違いを誤認しやすい
ことから除外した。黄は視覚障害者用誘導ブロッ
クとして用いられていることと、アスファルト路
面で高いコントラストを得られる。

マークの形に関して、ロービジョン者の多くは
視力が低下しているため、形を認識することは難
しいと判断した。そのため、マークの形は誘導方
向を示す形にするのではなく、マークを簡易に作
りやすい丸形とした。

マークの大きさに関して、ロービジョン者の多
くには視野障害があり、視野欠損のある箇所も個
人によって異なっていることから、大きさを絞っ
て輝度をあげるのではなく、マークが視野に入り
やすいようにある程度の大きさを確保することが
重要であると判断した。大きさを変化させて被験
者に視認できるか確認したところ、200mm×200
mm 程度の大きさがあれば 10m 先から十分認知
できるとの結果が得られた。

以上の検討をもとに、本実験の LED 誘導マー
クの色は黄色、形は丸形、大きさ 200mm×200mm
以上とすることとした。

(2)2 種類の歩行実験の概要

LED 誘導マークを用いたロービジョン者の夜
間歩行誘導方法が有効に使える周辺照度はどれく
らいなのか、誘導マークの設置間隔と明るさの目
安はどのくらいなのかを把握するために、ロービ
ジョン者の参加による歩行実験を 2 種類実施した。

実験 1 の目的は、周辺がどの程度の照度であ
れば、提案した誘導方法がロービジョン者の夜間
の歩行を誘導する効果があるのかどうかを把握す
ることである。表 1 に示すように、周辺の照度は環

境によって異なっており、LED 誘導マークの見え
やすさはそれに応じて異なると考えられる。そこ
で、LED 誘導マークの照度を一定に保ったまま、
周辺照度を 3 通りに変えて歩行実験を行い、提案
する誘導方法が効果を発揮する周辺照度の最大値
を求める。

実験 2 では、実験 1 で効果があると確認できた
周辺照度下で、ロービジョン者の夜間の歩行誘導
に効果のある誘導マークの明るさと設置間隔の目
安を把握する。実験 1 では誘導マークの明るさと
設置間隔を用いる実験施設や機器から制約を受け
ており、適正な値であるかは検証していない。そ
のため、2 つ目の実験では誘導マークの明るさと
設置間隔を変化してロービジョン者参加の歩行実
験を行い、歩行後に評価してもらう。また、誘導
マークの設置間隔と明るさの目安となる値を複数
求める意義は、設置の際に電柱等の現場の条件か
ら制約を受けるため、それに合わせて誘導マーク
の設置間隔と明るさを変更することができること
である。

(3)実験 1 : LED 誘導マークの有効性確認

a) 実験 1 の概要

周辺がどの程度の照度であれば有効であるかを
確認するため、LED 誘導マークの照度は一定に保
ったまま、周辺照度を 3 段階変えて実験を行った。
被験者としてロービジョン者の参加による歩行実
験を行い、歩行後、被験者に LED 誘導マークに
よる誘導方法が誘導として有効か評価を求めた。

b) 実験条件

実験 1 の条件を表 5 に、実験の模式図を図 4 に
示す。実験設備は、屋内に実験歩行路を設置し、
照明灯と LED 誘導マークの照射装置をセットし
た。レンズ一体型 LED は、高さ 3.25m に 1 箇所あ
たり 2~3 個設置し、誘導マークが歩行路面の中
心線上に 5m 間隔で表示されるようにした。LED
誘導マークの照度は平均 90lx とした。周辺照度は、
照明灯の明るさを変化することにより、3lx、6lx、
12lx と 3 段階に変化させた。それぞれの照度は、
3lx は交通量が少ない住宅地域、6lx は交通量が多

い住宅地程度、12lxは交通量が少ない商業地域に相当する。

実験歩行路の区間は、アスファルト舗装の歩道を想定しマンセル値 N4 の写真背景紙を用い、幅員は道路構造例に定められている自転車歩行者道の最小幅員の 3.0m とした。被験者が誘導マークを連続した点として認知できるように、歩行路は誘導マークを 5 つ配置できる 22.0m とし、歩行区間は最終の誘導マークの一つ手前までの 16.0m とした。

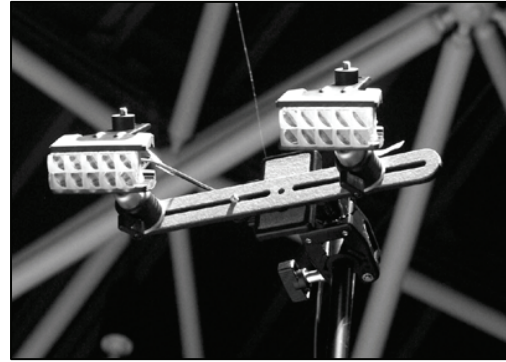


図 5 実験で用いた LED 照明装置

表 5 実験 1 の条件

歩行路	①全 21.0m, 幅 3.0m, 被験者の歩行は 16.0m ②歩行路面にはアスファルト舗装色に近い写真背景紙 (マンセル値 N4) を敷設した。
周辺の照明条件	①水平面照度は 3lx, 6lx, 12lx の 3 段階に変化させた。照度は照明灯にニュートラルデンシティフィルターを設置し調節した上で、JIS7612 の照度測定方法で測定し確認した。水平面照度の均斉度は 0.25~0.26 である。 ②灯具は 15.0m 間隔に 4.0m の高さに片側配列。光源は蛍光水銀ランプ HF100X である。
誘導マークの器具	①使用レンズ一体型 LED: 三菱オスラム製エフェクトライト OS-WL01A-Y1, 光色-黄, LED 個数 10 個, 定格主波長 587nm, 放射角 3°, 1 箇所あたり 2~3 個設置 ②器具の設置高さ: 3.25m ③誘導マークの大きさ: 個々の誘導マークは LED から路面までの距離と角度が異なるため、大きさも 200×200mm~300×500mm と異なる。 ④誘導マークの間隔: 5m ⑤誘導マーク照度: 90lx (平均値) ⑥誘導マークと周辺路面の輝度対比 周辺照度 12(lx)の場合: 2.0~7.3 6(lx)の場合: 4.2~13.3 3(lx)の場合: 9.7~24.5

表 6 誘導マークと周辺路面の輝度

単位: cd/m ²	誘導マーク	周辺路面
周辺照度 12lx の場合	1.1~8.0	0.3~1.5
周辺照度 6lx の場合	1.0~7.4	0.1~0.7
周辺照度 3lx の場合	1.0~7.9	0.1~0.5

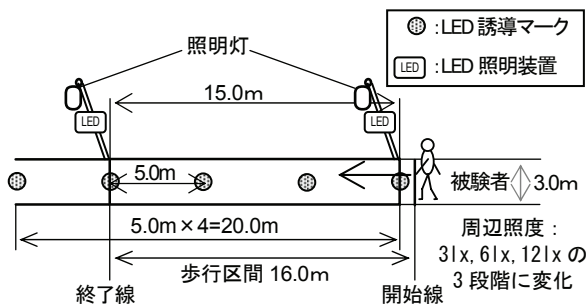


図 4 実験 1 の模式図

c) 実験手順

周辺照度を 3 段階変えて、被験者としてロービジョン者の参加による歩行実験を行った。被験者には、1 人ずつ実験歩行路を歩いてもらい、歩行後、被験者に誘導マークが目で見える誘導サインとして有効かどうか評価を求めた。歩行の慣れの影響を小さくするために、周辺照度を変化させる順番は 10 人ごとに入れ替えて実施した。また、歩行中に幅 3.0m のコースから外れた場合は、歩行を中止させた。



図 6 歩行実験風景

d) 被験者

被験者は、身体障害者手帳を有しているロービジョン者とし、全盲者は除外した。被験者数は 31 人であり、属性は表 7 のとおりである。障害等級別にみると、1 級は 5 人 (16.1%)、2 級は 11 人 (35.5%) である。原因疾患については、網膜色素変性症が 11 人 (35.5%) と最も多い。歩行訓練の経験者は 5 人 (16.1%) である。

表 7 被験者の属性

障害等級	1級：5人，2級：11人，3級：5人，4～5級：10人
最大視力	0.01：6人，0.02～0.05：9人，0.06～0.09：2人，0.1以上：14人
原因疾患 (複数疾患 者有り)	網膜色素変性症：11人，緑内障：2人，視神経萎縮：9人，白内障：4人，網膜剥離：2人，その他：5人
視野障害	有り：26人，無し：5人
歩行訓練	経験有り：5人，経験無し：26人

e)誘導マークの有効性の評価結果

歩行後，被験者に誘導マークが目で追う誘導のサインとして有効かを聞いた結果が図 7である。周辺の照度が 3lx，6lxの場合は約 8 割の被験者が「有効である」と回答している。周辺の照度が 12lx場合は評価が落ち，6 割の人が「有効である」と回答している。周辺の照度が 6lxの場合に「有効である」と回答し，12lxの場合は「どちらともいえない」と回答した人が 5人いる。これらの被験者は最大視力が 0.1 以上と視力があり，周辺の照度が 12lxになれば誘導の指標がなくても歩行に支障がないと考えられる。なお，いずれの照度の場合も 1人の被験者を除いて，30人（96.8%）が実験歩行区間を歩くことができた。

また，「有効ではない」と常に回答した被験者 2人は，視野がかなり狭い人である。1人は網膜色素変性症で，視力が右 0.01，左光覚と視力が低いのに加え，視野がかなり狭かった。歩行実験中にもコースから外れ，最後まで歩けなかった。もう一人の被験者も，網膜色素変性症で視野障害のある人である。歩行後にいずれの被験者からも「歩行中にマークを見失った」，「マークの 2つめが見えない」とのコメントを得た。

また，過度の輝度対比がある場合グレアを生じるおそれがあるため，被験者に誘導マークをまぶしく感じるか尋ねた。周辺の照度がいずれの場合においても全員から「まぶしくなかった」との回答が得られており，LED 誘導マークは歩行の際に問題となるグレアを生じさせていないといえる。

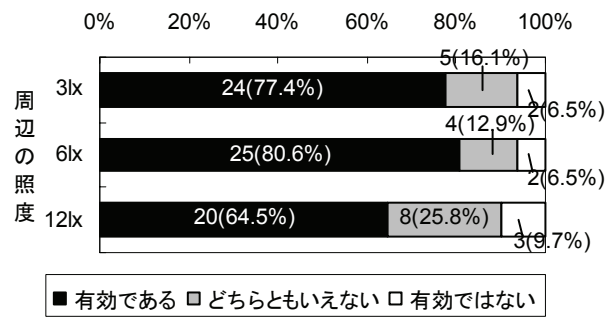


図 7 誘導マークの有効性の評価

g) 実験 1 の考察

周辺照度が 6lx 以下の場合において，約 8 割の被験者が LED 誘導マークを用いた誘導方法は「有効である」と回答している。周辺照度 6lx 以下は，住宅地が想定できる。提案する誘導方法は住宅地等の周辺照度が低い場所において，ロービジョン者の誘導方法として有効にはたらくものと考えられる。一方で，視野が極端に狭い人は，誘導マークを見失ってしまう可能性があることも確認できた。

周辺の照度が 12lx の場合には，周辺路面と LED 誘導マークの輝度対比が低下しマークの視認性が低下したことも挙げられるが，残存視力のある人は誘導の手がかりがなくても歩行に支障がないことが推察できる。そのため，LED 誘導マークを設置した場合の誘導効果が低いと考えられる。

(4)実験 2：LED 誘導マークの有効な設置間隔と明るさの検討

a)実験 2 の概要

実験 2 では，誘導マークの明るさと設置間隔を変化させて，ロービジョン者の夜間の歩行誘導に効果がある誘導マークの明るさと設置間隔の目安を把握することとする。

b)実験条件

実験 2 の条件を

表 8に，実験の模式図を図 8に示す。実験 2 の設備および条件は，実験 1に準じたものとした。実験 1においては，周辺照度を変更したが，実験 2においては周辺の水平面照度は平均 6lxと一定に

保ち、LED誘導マークの明るさと設置間隔を変更した。周辺照度 6lxは実験 1 の条件（誘導マークの設置間隔“5.0m, 90lx”）でLEDマークによるロービジョン者の誘導方法に効果があると思われる照度である。また、この明るさは、ロービジョン者の歩行誘導の必要性が高いと考えられる交通量が多い住宅地程度に相当する。

マークの明るさは、実験 1 より「暗い」、「同様」、「明るい」の 3 通り行うこととし、45lx, 90lx, 180lx とした。また、誘導マークの明るさを一定に保つために、実験 1 とは異なり、マークは直上から照らし、大きさはいずれも概ね直径 200mm の円形とした。誘導マークの設置間隔については、現状の道路の既設柱の設置状況から、5.0m 未満の設置は困難であると考えた。そのため、5.0m, 7.5m, 10.0m の 3 通りの設置間隔とした。

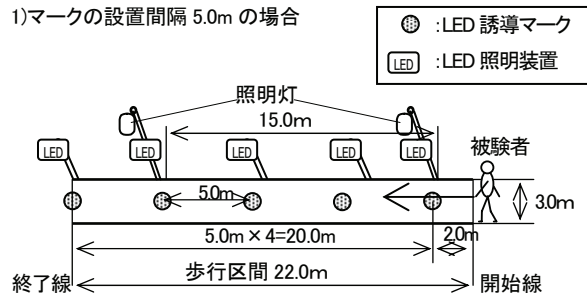
表 8 実験 2 の条件

歩行路	①全 22.0m, 幅 3.0m, 被験者の歩行は 22.0m ②歩行路面にはアスファルト舗装色に近い写真背景紙（マンセル値 N4）を敷設した。
周辺の照明条件	①水平面照度は平均 6lx. JIS7612 の照度測定方法で測定し確認した。水平面照度の均斉度は 0.25~0.26 である。 ②灯具は 15.0m 間隔に 4.0m の高さに片側配列。光源は蛍光水銀ランプ HF100X である。
誘導マークの器具	①使用レンズ一体型 LED：三菱オスラム製エフェクトライト OS-WL01A-Y1, 光色-黄, LED 個数 10 個, 定格主波長 587nm, 放射角 3°, 1 箇所あたり 1 個設置 ②器具の設置高さ：3.25m ③誘導マークの大きさ：200×200mm ④誘導マークの間隔：5.0m, 7.5m, 10.0m ⑤誘導マーク照度：45lx, 90lx, 180lx 照度の変更は電圧で調節した。 ⑥誘導マークと周辺路面の輝度対比 誘導マークの照度 45(lx)の場合：1.0~6.0 90(lx)の場合：1.9~9.0 180(lx)の場合：4.9~19.5

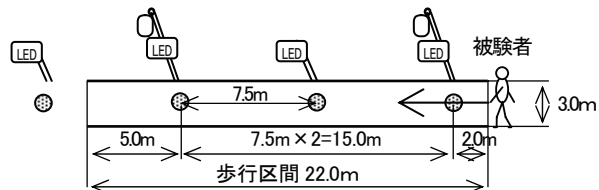
表 9 誘導マークと周辺路面の輝度

単位：cd/m ²	誘導マーク	周辺路面
マーク照度 45lx の場合	1.4	0.2~0.7
マーク照度 90lx の場合	2.0	0.2~0.7
マーク照度 180lx の場合	4.1	0.2~0.7

1)マークの設置間隔 5.0m の場合



2)マークの設置間隔 7.5m の場合



3)マークの設置間隔 10.0m の場合

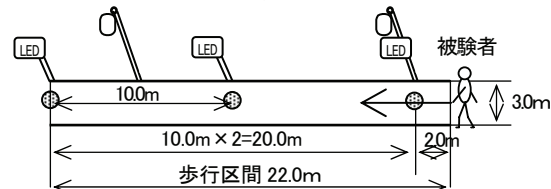


図 8 実験 2 の模式図

c) 実験手順

誘導マークの設置間隔、明るさを変えて、被験者としてロービジョン者の参加による歩行実験を行った。実験 2 の手順は、実験 1 に準じたものとした。被験者には、1 人ずつ実験歩行区間を歩いてもらい、歩行後に被験者に誘導マークが目で見え誘導サインとしてわかりやすいかどうか評価を求めた。

設置間隔 3 通り、明るさ 3 通りの場合、計 9 パターンの組み合わせができるが、実施したのは、表 10 に示す 6 パターンである。実験 1 の条件と同じ設置間隔 5m で実験 1 の照度 90lx の LED 誘導マークより明るい 180lx は十分歩行できるものと考え、歩行実験を取りやめた。また、歩行しにくいと考えられる“7.5m 間隔、照度 45lx”、“10.0m 間隔、照度 45lx”については、歩行実験前に開始線より誘導マークが見えるかどうかの目視実験を行った。その結果、この 2 つのパターンについて「マークを 1 つも視認できない」被験者がいたため、歩行実験をとりやめた。

表 10 実験を行った明るさと設置間隔のパターン

		誘導マークの設置間隔		
		5.0m	7.5m	10.0m
誘導マークの照度	180lx	●	○	○
	90lx	○	○	○
	45lx	○	△	△

○：歩行実験を実施したパターン
 ●：実験1の結果から、歩行実験をとりやめたパターン
 △：目視実験により視認性評価をした上で歩行実験をとりやめたパターン

d)被験者

被験者は実験1の実験と同様に、身体障害者手帳を有しているロービジョン者とし、全盲者は除外した。被験者数は18人であり、属性は表11のとおりである。障害等級別にみると、1級は2人(11.1%)、2級は7人(38.9%)である。原因疾患については、網膜色素変性症は3人(16.7%)と少ないが、他の疾患に大きく偏ってはいない。歩行訓練の経験者は、2人(11.1%)である。

表 11 被験者の属性

障害等級	1級：2人，2級：7人，3級：3人，4～5級：6人
最大視力	0.01：2人，0.02～0.06：5人，0.07～0.15：5人，0.16以上：6人
原因疾患 (複数疾患者有り)	網膜色素変性症：3人，緑内障：2人，白内障：4人，網膜剥離：3人，未熟児網膜症：2人，その他：9人
視野障害	有り：14人，無し4人
歩行訓練	経験有り：2人，経験無し：16人

e) 誘導マークの設置間隔と明るさの評価結果

誘導マークが認知しやすければ歩行中の誘導として使いやすくと判断し、歩行後に誘導マークがわかりやすいかについて評価してもらった。結果は図9である。

設置間隔が5.0mの場合、誘導マークが90lxの明るさであれば、8割以上が「わかりやすい」と評価した。7.5mと設置間隔が長くなると、90lxでは「わかりやすい」と回答している人は減少し、180lxの明るさであれば、8割以上が「わかりやすい」と評価した。設置間隔が10mとさらに長くなると、180lxの明るさであっても「わかりやすい」と回答しているのは6割であった。マークの設置間隔が長くなるとマークが被験者の視野に入り

くくなるが、マークの明るさを増せば認知のしやすさを補うことができることが確認できた。

“5.0m 間隔，照度 90lx”，“7.5m 間隔，照度 180lx”の組み合わせにおいても、実験歩行路を外れて歩行を中止した被験者が2人いたが、いずれの人も網膜色素変性症で視野障害があった。実験1と同様に、これらの人からは、「歩行中にマークを見失った」とのコメントを得た。

なお、被験者のうち16人(88.9%)に関しては、いずれのパターンに関しても実験歩行区間から外れずに歩くことができた。「わかりにくい」との回答しながらも多くの人が歩行区間から外れずに歩くことができている。この理由としては、歩行区間が短いことと、白杖を用いて歩いており直線を歩きやすいことが影響しているものと思われる。

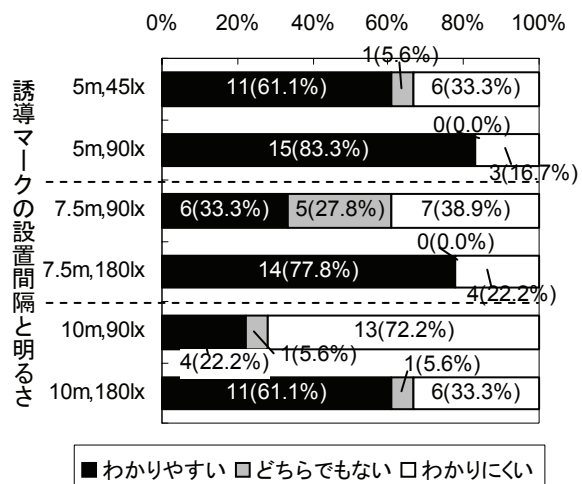


図9 誘導マークの設置間隔と明るさの組み合わせを変えた場合の視認性の評価

f)実験2の考察

周辺照度が6lxの場合に、LED誘導マークが設置できる間隔に応じた照度の目安を確認できた。誘導マークを5.0m間隔で設置できる場合は、マークに90lxの明るさがあれば8割程度の人が「わかりやすい」と回答している。7.5m間隔で設置できる場合は、マークに180lxの明るさがあれば8割程度の人が「わかりやすい」と回答している。設置間隔が10.0mとさらに長くなると、マークに180lxの明るさがあっても、「わかりやすい」と回答する人は6割程度となり、ロービジョン者の誘

導方法としては不十分であると考えざるを得ない。ただし、これらの値は、路面がアスファルトの場合であり、コンクリートやインターロッキング等路面が他の素材の場合は、輝度対比をもとに照度を算出する必要がある。

6 おわりに

本研究では、夜間の低い照度下でもロービジョン者が歩きやすくなる方法として、LEDを道路面に照射して作り出したマークを用いた誘導方法を提案した。この誘導方法は、電柱等に取り付けたLED照射装置から光を照射し、道路面に一定間隔の誘導マークを作り出し、これを用いて誘導するものである。本研究での知見を以下にまとめる。

- ①ロービジョン者を対象にアンケート調査を行い、夜間歩行の実態を把握した。ロービジョン者の多くは、昼間は残存視力を使って一人で歩行している。しかし、夜間になると残存視力を有効に使うことができないため、同行者を必要とするなど外出方法が変化し、外出頻度も少ないことがわかった。これらのことから、ロービジョン者が夜間でも残存視力を用いて移動できる施設を整備することにより、ロービジョン者の夜間の歩きやすさを改善し、夜間にひとりで外出できるロービジョン者を増やすことにつながるのではないかと考えられる。
- ②本研究で提案するLED誘導マークを用いた夜間歩行誘導方法が、周辺照度がどの程度であればロービジョン者の夜間の歩行を誘導する効果があるのかを検証するために、被験者としてロービジョン者参加のもと、周辺の照度を3段階変化させて歩行実験を実施した。周辺照度が6lx以下の場合、ロービジョン者の約8割がLED誘導マークを用いた夜間歩行誘導方法が「有効である」と回答している。このことから提案した誘導方法は、周辺照度が6lx以下の箇所に設置した場合にロービジョン者の歩行誘導に効果があるといえる。
- ③周辺照度6lxの場合の、ロービジョン者の夜間の歩行誘導に効果があるLED誘導マークの設

置間隔と明るさの目安を把握した。周辺照度6lxの場合、ロービジョン者の約8割が「わかりやすい」と回答している組み合わせは、“5.0m間隔、照度90lx（輝度対比1.9～9.0）”、“7.5m間隔、照度180lx（輝度対比4.9～19.5）”である。

今後、提案したLEDマークによる誘導方法が地方自治体等で採用されるためには、詳細な設置基準が必要である。また、この誘導方法は、視野が極端に狭い人には有効でないことが明らかになった。詳細な設置基準を定めていくには、さらに多くの被験者を対象にし、視野障害の程度等の症状を詳細に把握した実験が必要である。

謝辞

本論文の5(3)節における実験は、平成16年度兵庫県COEプログラム推進事業の研究助成を受けて行われたものです。また、アンケートにご協力いただいた神戸アイライト協会の方々、アンケートおよび実験において多大な支援とご協力をいただいた国立神戸視力障害センターの入所者ならびに職員の方々に、心より謝意を表します。

文 献

- 1) 総理府編：平成16年版障害者白書，pp.130-131，2004
- 2) 日本眼科医会ホームページ：<http://www.gankaikai.or.jp/>
- 3) 国土交通省道路局企画課監修：道路の移動円滑化整備ガイドライン，pp.241-243，2003
- 4) 日本規格協会：JIS Z 9111「道路照明基準」，pp.4-5，1988
- 5) 林堅太郎，森望，安藤和彦：歩行者用照明の必要照度に関する研究，照明学会第35回全国大会，pp.214-215，2002
- 6) 市原考，原田敦史，松本泰幸，小平恭宏：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.91-94，2003
- 7) 上野朋子，赤坂人司，魚住拓司，川上幸二，築島謙次，久保明夫：視覚障害者のためのLED(発光ダイオード)視線誘導灯システムの研究，第25回感覚代行シンポジウム講演論文集，pp.87-90，1999
- 8) 魚住拓司，上野朋子，川上幸二，築島謙次，中西勉：視覚障害者のための視線誘導システムの研究開発ーLED点字ブロックの開発と誘導効果の検証，第28回感覚代行シンポジウム講演論文集，pp.57-60，2002
- 9) 江崎公暢，今泉誠，藤田晃弘，坂口陸男，池田典広：視覚障害者誘導用LEDの視認性に関する検討，日本福祉のまちづくり学会第6回全国大会概要集，pp.95-98，2003
- 10) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部：身体障害児・者実態調査結果，2002