

視覚障害者の夜間歩行を支援する小型電灯の調査開発研究

Development of Flashlights for Visually Impaired Persons Walking at Nighttime

北山一郎 大森清博 松井利和 杉本義己

KITAYAMA Ichiro, OMORI Kiyohiro, MATSUI Toshikazu, SUGIMOTO Yoshimi,

原田敦史 (国立神戸視力障害センター)

HARATA Atsushi (Kobe National Rehabilitation Center for Persons with Visual Disabilities)

キーワード：

ロービジョン、LED、懐中電灯

Keywords:

Low-vision, LED, Flashlight

Abstract:

Visually impaired persons use flashlights to walk at nighttime. However, these flashlights are unfit for them in the points of luminance or usability because these flashlights are not the ones made for them.

In this research, we make the flashlight which is able to adjust the luminance and the area of the spot, and conduct the experiments to verify the necessary conditions of the luminance and the area of the spot for visually impaired persons. The experimental results show that the subjects admire the flashlights where the spotlight is 20 cm in diameter and the central illuminance is 2000lx, and also where the spotlight is 40cm in diameter and the central illuminance is 600lx.

Furthermore, we made a prototype circuit board of LED flashlight which uses three nickel-metal-hydride batteries. As a result, it was clarified that the heat liberation of LED and the efficient energy use are issues to be solved.

1 はじめに

平成17年度版障害者白書¹⁾によると、身体障害者手帳の交付を受けている視覚障害者は全国に約30万人で、このうち重度に分類される1級と2級は約18

万人である。一方、残された視覚を活用できる視覚障害者や、身体障害者手帳の交付を受けていないが視覚的に日常生活に支障をきたす人はロービジョン者と呼ばれ、約100万人いると推定されている²⁾。

ロービジョン者は残された視覚を用いて歩行しており、照明環境が十分でない夜間の道路などは特に歩きづらい環境となっている。このため、懐中電灯を用い、ガードレールや歩道分離の白線、電柱、塀や柵、看板といった目印を照らして確認しながら歩いている³⁾。このとき使用される懐中電灯には、通常の物に比べて強い明るさが必要となるため、現在はストリームライト社製の高性能ライトなど、欧米からの輸入品がほとんどである。これらの製品はもともとアウトドアや警備用に開発されているため、必ずしも視覚障害者のニーズを満たしてはならず、価格も高価になっている。

本研究では、小型電灯で実現できる照明環境を把握し、ロービジョン者の夜間歩行を支援することを目的とする。本年度は、昨年度行った懐中電灯照射実験をもとに目標物の設置場所を増やし、既存の懐中電灯との比較も行う。また、LED懐中電灯の基板の一次試作を行ったので、合わせて報告する。

2 試作懐中電灯を用いた照射実験

2.1 概要

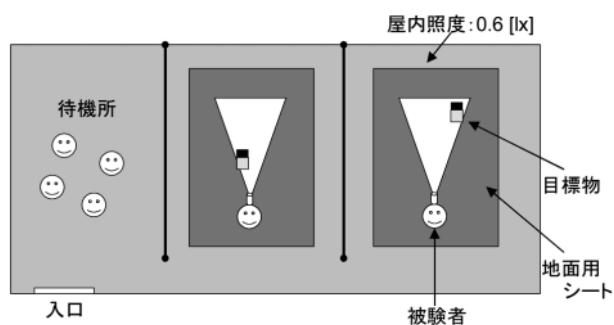
ロービジョン者用懐中電灯に要求される明るさと照射面積に関する仕様の把握と整理のため、昨年度行った懐中電灯照射実験をもとに、目標物の設置位置を増やして追加実験を行う。本実験は、夜間に懐中電灯を使用する場面を想定し、照明を落とした室内で、懐中電灯を用いて特定の目標物を発見するの

に要する時間を計測することにより、目標物の探しやすさを評価する。

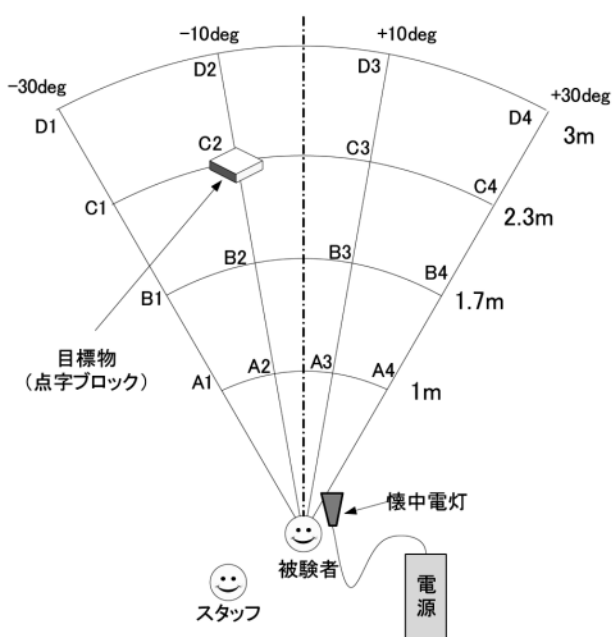
2.2 実験方法

2.2.1 実験環境

実験環境を図1に示す。



(a) 実験場所の様子



(b) 探索範囲

図1 懐中電灯照射実験の概要

Fig.1 Overview of the experiment of the flashlight

実験環境は、図1(b)の目標物設置位置の平均照度を0.6[lx] (十分に暗い屋外を想定した照度)に設定し、床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4)を施設する。

目標物として点字ブロックを用いる。図1(b)に示すように、被験者の前方左右 $\pm 30^\circ$ 、距離1[m]から3[m]の16点(A1~D4)のいずれかに設置す

る。なお、この距離は、国立神戸視力障害センターで行われている歩行訓練において、懐中電灯の効果的な利用方法に関する指導が含まれており、ここでは2[m]程度(白杖を使って検知する範囲よりも遠いところ)を照らすよう指導されていることをもとに設定している。

被験者は実験時の安全性を考慮し、その場から移動せず、懐中電灯のみで目標物を探索するものとする。また、各試行の合間に目標物の位置を変更する様子が見えないように目の前についたてを設置する。

2.2.2 実験用懐中電灯

実験用の懐中電灯を図2に示す。試作した懐中電灯は、光源としてLED(ルミレッズ社製LED、5[W]、120[lm]、定格電流700[mA])を用いる。これは、現在市販されているLEDの中で最も明るい物の一つである。また、非球面レンズ(直径30[mm]、焦点距離23.5[mm]、後側焦点距離16.3[mm])を用い、スポットライトの明るさが一様になるようにする。なお、スポットライトの明るさの調整を容易にするため、外部電源を用いている(本実験では被験者が移動しないため、実験に影響しない)。



図2 実験用懐中電灯

Fig.2 Flashlight for the experiment

懐中電灯の明るさと照射面積は、1[m]先の壁に対して垂直に照らしたときにできるスポットライトの直径と中心照度で定義する。直径はLEDと非球面レンズとの距離で、中心照度は電流値で制御する。直径と中心照度の設定を図3、電流値の設定を表1に示す。

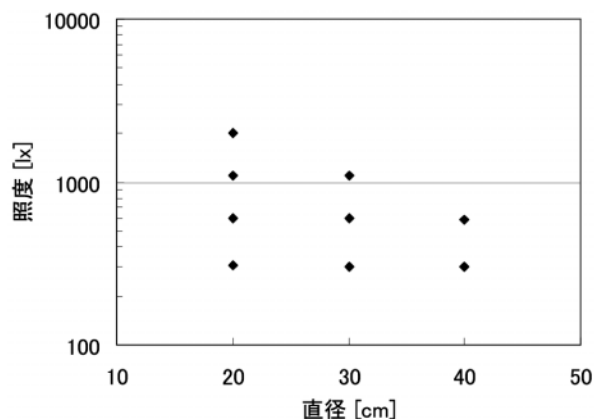


図3 照射面積と明るさの設定
Fig.3 Settings of illumination area and illumination brightness

表1 懐中電灯の電流値設定
Table 1 Current settings of the flashlight

各設定での 電流値 [mA]		スポット直径[cm]		
		20	30	40
中心照度 [lx]	2000	720	—	—
	1100	330	720	—
	600	170	350	1000
	300	80	160	430

本実験では、図3のとおり、懐中電灯の設定は全9種類とし、直径ごとに別々の懐中電灯を用意する(計3本)。なお、他の設定との対応を取るため、また、将来的なLEDの発展を考慮し、一部の設定で定格以上の電流値を用いる(実験時は短時間の照射に限定した)。

また、ロービジョン者に利用されている既存の懐中電灯として、ストリームライト社製のスコーピオン(光源:キセノンバルブ、電源:3[V] CR123A リチウム電池×2)を用いる。スコーピオンを1[m]先の壁に垂直に照らしたときのスポットライトの中心照度は3220[lx]である。ただし、スコーピオンのスポットライトは、中心部に直径約20[cm]の特に明るい領域があり、その周りに薄明るい領域となっており、実験用懐中電灯に比べて照射範囲は広いが一様性では劣っている。

2.2.3 実験手順

実験用懐中電灯の設定9種類、およびスコーピオンの計10種類の設定で、1つの設定につき目標物探

索を4試行行う(計40試行)。なお、それぞれの設定において、目標物が図1(b)の距離AからDにそれぞれ1回ずつ出現するものとする。また、計測時間が30秒を超えた場合、目標物を発見できなかったと見なし、その試行を失敗と判定して終了する。

実験手順は以下の通りである。

1) 属性調査および予備実験:

実験前に被験者の属性、および懐中電灯を使わずに1[m]、または3[m]先に置いた点字ブロックを見つけられるかを確認する。なお、3[m]先の点字ブロックをすぐに見つけられる被験者は懐中電灯を必要としないものと見なし、本実験を行わない。

2) 実験:

実験は、ある直径についてランダムに中心照度を変更しながら探索を行い、その後、次の直径に変更して探索を続ける。なお、直径を変更するときに被験者に休憩を取ってもらう。各設定の提示順は被験者ごとにランダムに決定する。

また、各設定での探索が終了するときに被験者に懐中電灯の使いやすさを、(1)探しにくい、(2)やや探しにくい、(3)やや探しやすい、(4)探しやすい、の4段階で評価してもらうものとする。

2.3 実験結果

視覚障害を有する被験者として、国立神戸視力障害センター入所者13名、およびKinki-ビジョン・サポート兵庫会員7名、計20名の参加の下、実験を行った。ただし、20名中2名については、予備実験において3[m]先の点字ブロックをすぐに見つけられたので、本実験において除外した。



図4 実験風景

Fig.4 Experiment scenery

2.3.1 被験者の属性

除外した2名を除く被験者18名の属性を表2から表7に示す。なお、懐中電灯の照射距離は、属性調査時に被験者に懐中電灯を手渡し、目標物の無いところで夜間歩行をイメージして自由に懐中電灯を照らしてもらい、そのときの被験者のつま先からスポットライトの中心までの距離を測定した。

なお、予備実験により除外した2名は、それぞれ身体障害者手帳2級と5級で、両名とも視野障害はなかった。

表2 被験者の年齢、性別、等級、疾患
Table 2 Age, sex, grade, and disease of experimental subjects

		人数	%
年齢	20代	2	11.1
	30代	1	5.6
	40代	4	22.2
	50代	4	22.2
	60代	5	27.8
	70代	2	11.1
性別	男	11	61.1
	女	13	38.9
身体障害者手帳等級	1級	5	27.8
	2級	11	61.1
	3級	1	5.6
	4級	0	0.0
	5級	0	0.0
	6級	1	5.6
原因疾患	網膜色素変性症	12	60.0
	緑内障	2	10.0
	網膜剥離	2	10.0
	白内障	1	5.0
	黄斑性変性症	1	5.0
	その他	2	10.0

表3 疾患の発症時期
Table 3 Age of pathogeny of respondents

発症時期	人数	%
先天性	1	5.6
10歳未満	2	11.1
10代	1	5.6
20代	5	27.8
30代	3	16.7
40代	2	11.1
50代	4	22.2
60歳以上	0	0

被験者の年齢構成や障害の程度はばらつきがあるが、ロービジョン者を対象としたため、全国平均に比べて1級の人が少なく、2級の人が多くなった（全国平均では、1級34.9%、2級24.6%¹⁾となっている）。

表4 回答者の視覚属性
Table 4 Visual attribute of respondents

		最大視力（左右の視力の大きい値）				計
		0.01未満	0.01-0.09	0.1-0.4	0.5以上	
残存視野	5°以下	0	0	0	1	1
	10°以下	1	4	5	2	12
	障害無し	0	1	0	0	1
	未回答	2	0	2	0	4
計		3	5	7	3	18

表5 回答者の白杖と歩行訓練経験の有無
Table 5 Presence of blind stick and experience of gait training of respondents

		歩行訓練の経験		計
		有り	無し	
白杖	有り	10	2	12
	無し	2	4	6
計		12	6	18

表6 夜間歩行時における懐中電灯携帯の頻度
Table 6 Frequency of carrying around with flashlights at nighttime

懐中電灯の携帯程度	人数	%
常に持つ	3	16.7
時々持つ	4	22.2
以前あったが今は持たない	5	27.8
持っていない	6	33.3

表7 懐中電灯の照射距離
Table 7 Illumination area of the flashlight

距離	人数	%
1m未満	3	16.7
1.0m-1.4m	5	27.8
1.5m-1.9m	5	27.8
2.0m-2.4m	3	16.7
2.5m-2.9m	1	5.6
3m以上	1	5.6
平均	1.54m	
標準偏差	0.68	

2.3.2 実験結果および考察

実験後の被験者の各懐中電灯の設定に対する評価を図5に示す。なお、(1)探しにくいを1点、(2)やや探しにくいを2点、(3)やや探しやすいを3点、(4)探しやすいを4点として、平均点を算出している。

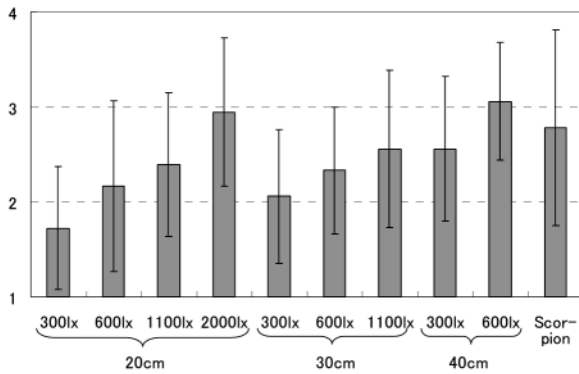


図5 被験者評価

Figure.5 Sensory evaluation results

図5より、直径40[cm]・中心照度600[lx]、および20[cm]・2000[lx]の評価が高く、スコープオンと同程度となった。

次に、目標物の設置位置を近距離 (A 1～B 4)、遠距離 (C 1～D 4) に分類し、各設定での失敗回数を図6、40試行中1回も失敗しなかった被験者10名が目標物を発見するのに要した平均時間 (探索時間) を図7に示す。失敗回数、探索時間について、ともに有意な差は見られなかったが、直径が同じとき明るいほど目標物を発見しやすい傾向が見られた。

探索課程を観察していたスタッフから、

○直径20[cm]の場合、特に近距離 (図1(b)のA 1～A 4) の探索においてスポットライトのサイズが小さいため、目標物をスポットライト内に収められない場合があった

○20[cm]・2000[lx]の場合、一部の被験者にとって明るすぎ、眩しそうであった

といった意見が得られた。また、同様に被験者からも「目標物を大ざっぱに探すときは広い方が、しっかり捉えるときは明るい方が良い」といった意見が得られた。

本実験では、ロービジョン者の視覚障害の多様性が顕著に現れた。このことより、ロービジョン者用懐中電灯には、明るさや照射範囲を容易に変更可能な機構が望まれると共に、ロービジョン者の視認特性ごとの分類が必要になると考えられる。

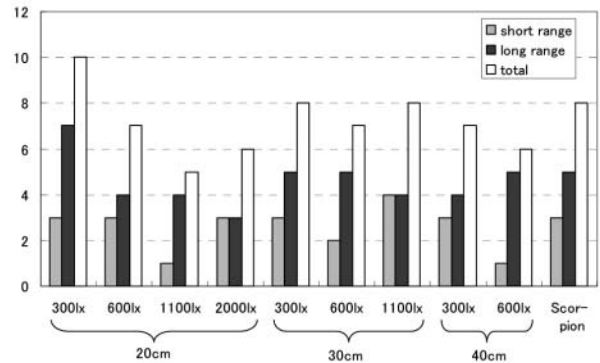


図6 失敗回数

Figure.6 The number of failure trails

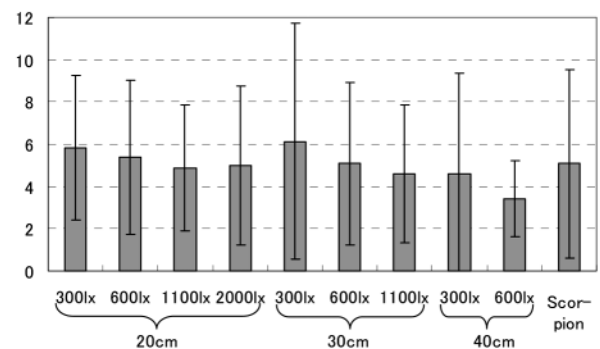


図7 失敗しなかった被験者の探索時間

Figure.7 Average search time of the subjects who have no failure

3 LED懐中電灯用基板の試作

3.1 概要

懐中電灯照射実験の結果を実際の使用場面で実証するため、ニッケル水素二次電池3個を用いることを想定したLED懐中電灯用基板の一次試作を行った。

3.2 仕様

製作したLED懐中電灯の仕様は以下の通りである。

○光源としてLED (ルミレッズ社製高輝度LEDの3[W]タイプおよび5[W]タイプの2種類のいずれか) を用いる。

○光量調節機能を有する。

○電源として、単三形Ni-MH (ニッケル水素) 電池を3個直列に接続する。

○充電機能および自動完了検知を有する。

3.3 基板製作および考察

試作したLED懐中電灯のブロック図を図8、LED懐中電灯の基板を図9、充電用基板を図10に示す。懐中電灯の光量は、図9(a)の基板上に配置した回転式ボリュームで調光可能となっている。

一次試作より、以下の課題が明らかとなった。

- 調光回路のサイズおよび効率に課題が残った。今後は、回路の最適化、および二次電池の再検討を進める必要がある。
- 定格以上の電流を流すことを想定したため、巨大な放熱板が必要となった。今後は筐体による放熱も含め、放熱板の最適化を進める必要がある。

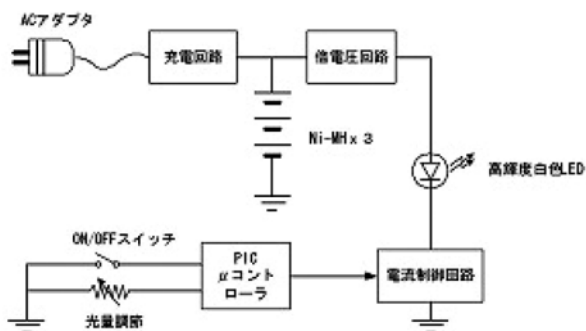
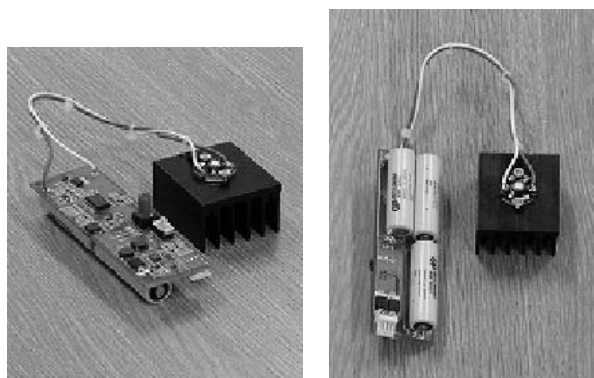


図8 LED懐中電灯ブロック図
Figure.8 Block diagram of LED flashlight



(a) 基板・表 (b) 基板・裏

図9 LED懐中電灯基板
Figure.9 Circuit board of LED flashlight

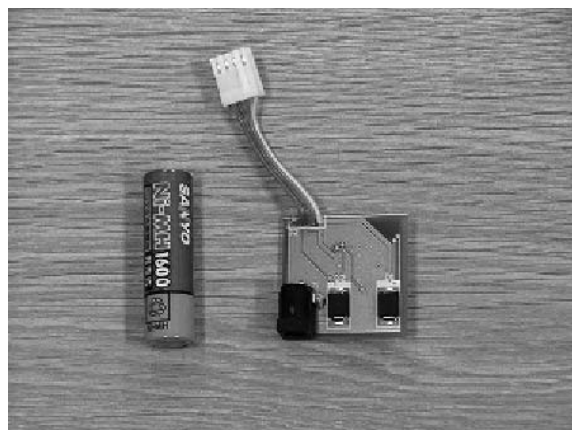


図10 充電用基板
Figure.10 Circuit board of battery charger

4 おわりに

本年度は、昨年度行った懐中電灯照射実験をもとに目標物の設置可能な位置を増やして追加実験を行った。その結果、懐中電灯のスポットが直径20[cm]・中心照度2000[lx]と、直径40[cm]・中心照度600[lx]のとき、既存の高性能懐中電灯と同程度の評価が得られた。また、ニッケル水素二次電池3個を用いることを想定したLED懐中電灯の基板の一次試作を行った。今後、これらの結果をもとにLED懐中電灯の試作を進め、実用化を目指していきたい。

謝辞

懐中電灯照射実験においてご協力いただいた国立神戸視力障害センター、およびKinki-ビジョン・サポート兵庫の方々、実験に参加いただいた視覚障害者の皆さまに、心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府編：「障害者白書 平成17年度版」、国立印刷局、2005
- 2) 高橋広：「ロービジョンケアの実際 視覚障害者のQOL向上のために」、医学書院、2002
- 3) JRPS（日本網膜色素変性症協会）監修：「フラッシュライトの選び方・使い方」、株式会社大活字、2002