

照明器具を利用した緊急情報伝達システムに関する研究

— その3 点滅による「緊急度」及び「避難の必要性」評価実験 —

筑波技術大学 産業技術学部 総合デザイン学科¹⁾ 産業情報学科²⁾

伊藤三千代¹⁾ 今井 計²⁾ 櫻庭晶子¹⁾ 金田 博¹⁾

要旨：本研究は「照明器具を利用した緊急情報伝達システム」の具体化に向け、建物内で緊急時に必要とされる「瞬時に気付く」のための情報と同時に、「何が起きているか（地震、火災、危険人物侵入等）」といった情報種別並びに「現象の程度」「避難の必要性」等緊急性の情報を、天井 LED 照明器具の点滅パターン及び色光の違いで伝達する可能性を探ることを目的とする。本実験では、緊急、避難の必要性を判断するのに有効な点滅パターンを明らかにするため、前回の実験で選定した天井 LED 照明器具の点滅パターン6種類について「緊急度」及び「避難の必要性」の評価を行なった。

キーワード：緊急情報伝達、LED 照明器具、点滅、緊急、避難

1. はじめに

聴覚障害者にとって「光点滅」は、注意喚起や緊急時に異変を知らせるために大変有効であるが、音情報を入手するのが困難な彼らにとって必要な情報は、実際に災害や事故に遭遇した等の緊急事態における状況把握と行動判断に繋がる内容である。聴覚情報で周囲の状況を察知して状況判断することが困難であるため、うろたえたり不安を感じたり精神的な負担も大きい。

前回のアンケート調査では、「緊急時の行動と意識」並びに「緊急時に最も必要な情報」について報告した。その結果、緊急時に最も必要な情報は「何が起きているか」で、続いて「どこで起きている」と「避難の必要性」であることがわかった。聴覚障害者と健聴者を比較して、重要な点は、聴覚障害者を考慮し、「何が」「どこで」の情報を同時に伝達することであった。「何が」「どこで」と「避難の必要性」について、その判断が可能な方法を実験で検証する必要がある [1]。

本報は前報に引き続き、NTT ファシリティーズからの委託研究で、天井 LED 照明器具の点滅パターン及び色光の違いで伝達可能な「照明器具を利用した緊急情報伝達システム」に関するものである。

2. 実験及び調査目的

本実験では、前報その1で挙げた課題のうち、⑧点滅の違いによる「緊急度」及び「避難の必要性」について検討を行なう。緊急、避難の必要性を判断するのに有効

な点滅パターンを探るために、実験（本研究その2）で選定した天井 LED 照明器具の点滅パターン6種類を被験者に評価してもらう。また、実験後の聞き取り調査では、実験中の尺度評価だけでは得られにくい潜在する感覚的な意見や感想から心理的影響を探る。点滅によっては不安感を誘引してしまう等の心理的負荷が問題となるため、緊急時に落ち着いた行動ができるように、極度な心理的負荷がかからない刺激での情報種別の可能性と、心理的影響との関係を明らかにする。

3. 被験者の概要

本実験の被験者は、正常な色覚を有する健聴学生 26 名(男性 12 名、女性 16 名)、同じく聴覚障害学生 28 名(男性 16 名、女性 12 名)の計 54 名で、両者とも年齢は 20 歳以上 30 歳未満である。

4. 点滅パターンと環境照度（机上の照度分布）

実験で使用した天井 LED 照明器具とソフトウェアにおいて、JIS 等の基準に抵触しない範囲の速度で、変化のある6種類の点滅パターンを選定した。選定理由については、本研究その2を参照してほしい [2]。各点滅パターンは、白色光で明時（100% 照度）、暗時（50% 照度）で点滅をさせる。

天井 LED 照明器具の点滅のパターンを以下に示す（図 1）。

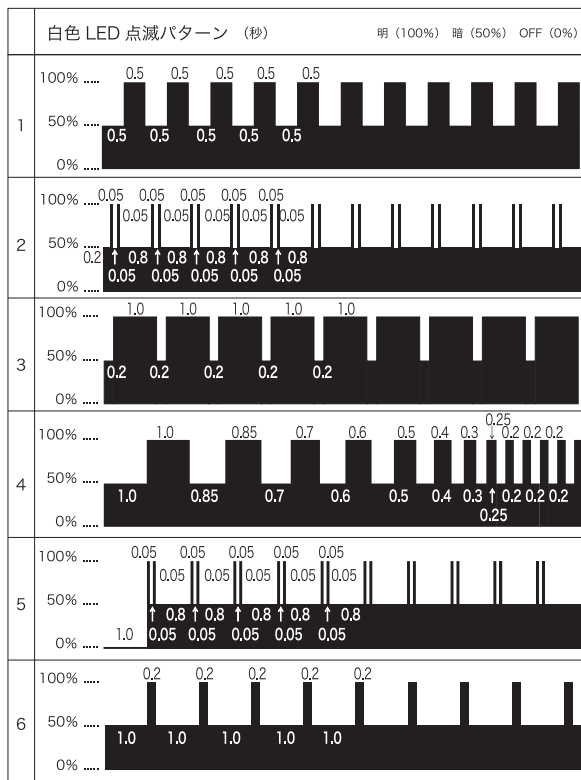


図1 天井 LED 照明器具 点滅パターン

- パターン1：明時と暗時が0.5秒ずつ等間隔の点滅
- パターン2：明時0.05秒の短い点滅2回、暗時0.8秒でアクセントをつけた点滅
- パターン3：明時1.0秒と長く、暗時0.2秒と短い点滅
- パターン4：一部の目覚まし時計にあるような始めはゆっくりで次第に点滅が速くなる点滅
- パターン5：冒頭に1.0秒間「全消」した後、パターン2と同じ点滅（本学の授業中など聴覚障害学生に対して、教員が注意喚起したい時にしばしば用いられる「天井灯をいったん消す」方法）
- パターン6：パターン3の逆で、明時が短く暗時が長い点滅

実験室内の環境照度は、天井 LED 照明器具から机上までの高さは1590mmで、白色光100%の出力時の机上中央が、573 lx程度、机上の端側が304～362 lx程度である。また、白色光50%出力時の机上中央は139 lx、机上の端側は73～91 lx程度である（図2）。

313		304
	573	
357		363

77.5		73.3
	139.4	
90.8		86.2

図2 天井 LED 照明器具点灯時の机上面照度分布 (lx)

5. 実験手順及び方法

6種類の点滅パターンの中から2つずつ対にしてAとBとし、その2つの点滅パターンを15対体験してもらう。それぞれの点滅は5秒ずつ2回提示する。被験者はAとBのパターンを比較して、緊急度や避難の必要性をより感じる方を判定してもらう。まず、最初のパターンAを5秒とパターンBを5秒提示して、「緊急度」がより高いと感じる方を選択する。同様のパターンAを5秒とパターンBを5秒提示し、「避難の必要性」をより感じた方を選択する。実験では、刺激提示の順番が評価に与える影響を軽減するため、乱数を用いて点滅パターンの対の提示順序を2種類に分け（実験パターンあ／実験パターンい）、被験者を2つのグループに分けた（表1）。

表1 実験パターンの提示順序

実験パターンあ 24名															
対	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	6	1	5	1	2	3	6	3	3	3	3	6	1	1	2
B	2	6	4	6	5	5	4	1	2	4	6	5	2	4	5

実験パターンい 30名															
対	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	1	2	3	1	3	6	3	1	6	2	3	5	6	1	3
B	2	4	4	5	2	4	5	6	2	5	6	4	5	4	1

6. 実験結果

6つの点滅パターンについて、緊急及び避難の必要を感じる度合いについて比較するため対比較法（Thurston Method）を実施し、回答の一致性を検討し、対象の尺度化を行なった。実験での有効回答数は46名（聴覚障害学生26名 健聴学生20名）であった。

回答の一致性については、一致性係数が「緊急度」 $\mu = 0.23$ 、「避難の必要性」 $\mu = 0.29$ で、有効回答者の回答の一致は完全ではない（完全に一致： $\mu = 1$ ）。しかし、自由度を18（全員 $v = 16.04$ 、聴覚障害学生 $v = 16.93$ 、健聴学生 $v = 17.59$ ）とし、カイ二乗分布を引くと棄却域が28.869以上（危険率 $\alpha = 0.05$ ）であることから、全てのグループにおいて回答者同士の回答の一致はあるものとする（表2）。

表2 回答者の一致性の検討表

	緊急度			避難の必要性		
	μ	v	χ^2	μ	v	χ^2
全員 (n=46)	0.23	16.04	186.99	0.29	16.04	222.27
聴覚障害学生 (n=26)	0.20	16.93	98.51	0.36	16.93	162.01
健聴学生 (n=20)	0.30	17.59	112.04	0.24	17.59	92.70

(μ = 一致性係数 v = 自由度 χ^2 = カイ二乗値)

点滅パターンに対する緊急や避難の必要性の評価では、尺度値から分析して、点滅パターン3（明時が長く暗時が短い）と点滅パターン5（全消し）に所属間で若干の差があるが、順位には大きな違いは見られなかった。点滅パターン4（次第に速くなる）や点滅パターン5は緊急度、避難の必要性の両方を感じさせる。逆に点滅パターン2（短い点滅2回のアクセント）は両方ともあまり感じさせなかったパターンと言える（表3、表4、図3、図4）。

<緊急度>

緊急度については、特に緊急を感じさせる点滅パターンは4や5で、2や3はあまり緊急を感じさせないパターンであったといえる。点滅パターン5については、聴覚障害学生と比較して健聴学生の方がより緊急を感じる傾向にあった（図3、表3）。

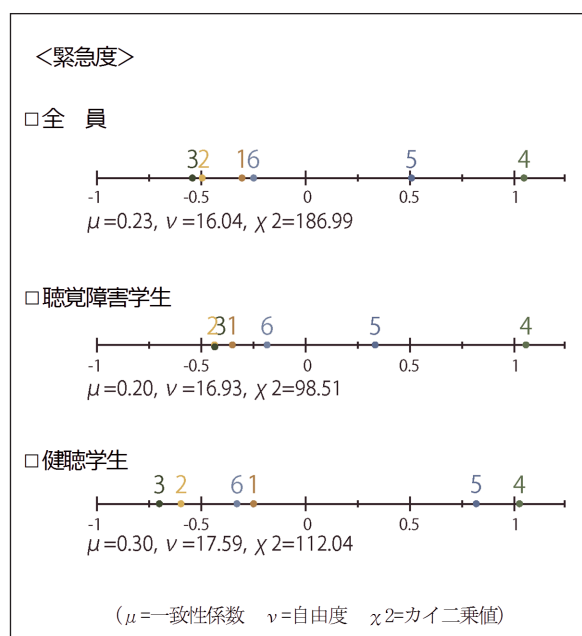


図3 緊急性の度合い

表3 緊急性の度合い（尺度値）

点滅パターン	1	2	3	4	5	6
全員	-0.30	-0.49	-0.54	1.05	0.51	-0.24
聴覚障害学生	-0.35	-0.43	-0.43	1.06	0.32	-0.18
健聴学生	-0.24	-0.59	-0.70	1.03	0.82	-0.32

<避難の必要性>

避難の必要性については、特に避難の必要性を感じさせた点滅パターンは4や5であった。健聴学生は、点滅パターン6も5と同じくらい避難の必要を感じるようだった。逆に、あまり避難の必要性を感じさせないのは点滅パターン1や2であった（図4、表4）。

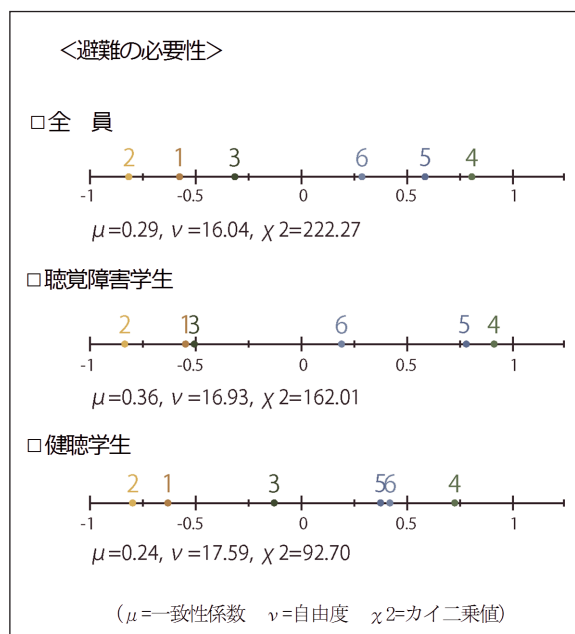


図4 避難の必要性

表4 避難の必要性（尺度値）

点滅パターン	1	2	3	4	5	6
全員	-0.57	-0.80	-0.31	0.81	0.59	0.29
聴覚障害学生	-0.55	-0.83	-0.50	0.91	0.78	0.19
健聴学生	-0.63	-0.79	-0.12	0.73	0.38	0.42

7. 聞き取り調査結果

実験後、控室で点滅パターンの違い、点滅が緊急性の判断や避難の判断に有効かどうかに関する聞き取り調査を行った。有効回答数は54名（聴覚障害学生28名 健聴学生26名）であった。

7.1 点滅パターンの識別

まず、点滅パターンAとBについてははっきり違いがわかったかどうか5段階で尋ねた（5.非常にわかる 4.ややわかる 3.どちらともいえない 2.あまりわからない 1.全くわからない）。所属、性別、全員の集計結果を平均値、標準偏差、有意差（p値）で示す（表5）。

その結果、所属間では有意差（p=0.003）が見られた。聴覚障害学生（平均=3.86）に比べ健聴学生（平均=4.65）の方がより点滅パターンの違いが分かった。男女による識別の差ははく、全体（平均=4.48）では違いが分かったと回答された。

7.2 緊急性の判断

次に、緊急性の判断に点滅が有効であるかを5段階で尋ねた（5.非常に有効 4.やや有効 3.どちらともいえない

表5 点滅パターンの識別(平均値、標準偏差、有意差)

	平均	標準偏差	有意差(p値)
聴覚障害学生	3.86	0.387	
健聴学生	4.65	0.629	
<所属差>			0.003
男	4.40	0.737	
女	4.56	0.616	
<性差>			0.513
全員	4.48	0.667	—

(P値：有意差検定の結果、 $p < 0.05$ を有意差ありと見なす)

表6 緊急性の判断(平均値、標準偏差、有意差)

	平均	標準偏差	有意差(p値)
聴覚障害学生	4.39	0.875	
健聴学生	4.54	0.859	
<所属差>			0.540
男	4.54	0.838	
女	4.38	0.898	
<性差>			0.525
全員	4.46	0.862	—

(P値：有意差検定の結果、 $p < 0.05$ を有意差ありと見なす)

2.あまり有効でない 1.全く有効でない)。集計結果を示す(表6)。全員の平均値は4.46であり「有効である」と回答していた。所属、性別で有意差はみられなかった。

7.3 避難の必要性の判断

避難の必要性の判断に光の点滅が有効であるかを5段階で尋ねた(5.非常に有効 4.やや有効 3.どちらともいえない 2.あまり有効でない 1.全く有効でない)。集計結果を以下に示した(表4)。全員の平均値は3.83であり、全体ではやや有効である。男性(平均=4.11)と女性(平均=3.54)の間に有意差($p = 0.033$)があり、女性については回答が「やや有効」と「どちらともいえない」の間であった。

表7 避難の必要性の判断(平均値、標準偏差、有意差)

	平均	標準偏差	有意差(p値)
聴覚障害学生	4.00	0.943	
健聴学生	3.65	1.018	
<所属差>			0.200
男	4.11	0.87	
女	3.54	1.029	
<性差>			0.033
全員	3.83	0.986	—

(P値：有意差検定の結果、 $p < 0.05$ を有意差ありと見なす)

8. 考察

8.1 実験結果より

6種類の天井LED照明器具の点滅パターンの中では、点滅パターン4(だんだん速くなる)が、「緊急度」や「避難の必要性」が高いと判断するのに最も有効な点滅パターンであると言える。聴覚障害のあるなしに関わらなかった。次に、点滅パターン5(全消しのちアクセント)が、緊急度と避難の必要性の双方を感じていた。しかし、このパターンについては、聴覚障害学生と比較して健聴学生の方がより緊急を感じる傾向にあった。聴覚障害学生にとっては、「天井灯をいったん消す」方法が授業中など注意喚起の合図としてしばしば用いられるため、さほど緊急と感じないと考えられる。また、避難の必要性では評価が高いことから、何かの合図や注目する必要があると認識していると言える。このように普段使い慣れた手法や点滅パターンがあれば健聴学生もさほど緊急と感じないのではないかと。同様に、事前に点滅パターンの内容の周知があれば精神的な負担は少なくなるだろう。

点滅パターン6(明時が短い点滅)は、避難の必要性は感じるが、緊急性はあまり感じていないことから、点滅のパターンのみで双方を使い分ける場合には「避難」に採用出来るかもしれない。

点滅パターン3(明時が長い点滅)、点滅パターン2(短い点滅2回のアクセント)、点滅パターン1(明暗が等間隔)については、緊急度と避難の必要性の双方であまり感じない点滅パターンであることが分かった。

8.2 聞き取り調査より

聞き取り調査によると、一対比較で対になった点滅パターンについて、はっきりと違いが識別されていることがわかった。所属間で有意な差があり、聴覚障害学生より健聴学生の方が、よりはっきりと違いを識別していた。

緊急性の判断については、点滅が有効であることがわかった。所属や性別に有意差はなかったことから、障害の有無や性別にかかわらず緊急性の判断に有効であると考えられる。

避難の必要性の判断については、光の点滅はやや有効であり、性別では有意差が見られた。

光の点滅の有効性について、聞き取り調査で理由を聞いた。緊急性の判断と避難の判断に共通して回答が多みられたのは、「だんだん速くなる点滅(点滅パターン4)」や「短い点滅2回のアクセント(例えば、点滅パターン2、5)」であった。点滅の間隔については、普段の生活の古い蛍光灯の点滅などと間違えてしまう可能性があり、この点で配慮が必要である。点滅のスピードでは、点滅が速いほど緊急性を感じ、特に人の心拍数のスピード以上であると緊

急性を感じるという意見もあった。一部の健聴学生の意見として、暗い時間が長いほど不安や緊急性を感じていた。このことから点滅パターン5の「全消し」が避難の情報として結び付きかについては不明であるが、冒頭に全消することで緊急性を感じているようであった。

9. まとめ

実験及び聞き取り調査の結果、実験で選定した6種類の天井 LED 照明器具の点滅パターンについては、容易に識別ができると言える。また、これらの点滅パターンは、避難の必要性の判断に比べ緊急性の判断に有効であることが明らかとなった。点滅パターンの識別が可能であることから、どの点滅が何の情報を示しているか事前に周知すれば、点滅パターンを利用した緊急情報発信は可能であろう。

点滅の種類では、パターン4（だんだん速くなる）が、聴覚障害学生と健聴学生ともに緊急や避難の必要性を判断するのに有効な点滅パターンであると考えられる。

点滅だけでは判断の材料に乏しく言葉や色での追加情報が必要という意見もあったので、今回の研究では明らかにしていない点滅以外の情報との複合については今後の課題である。

以上、今回の検証で点滅の違いによる「緊急度」「避難の必要性」、色光の実験と合わせ、本システムの具体化に向けて検討を進めて行く。

参考文献

- [1] 伊藤三千代、今計、櫻庭晶子、田博：照明器具を利用した緊急情報伝達システムに関する研究 —その1 緊急時における聴覚障害者の行動及び必要とされる情報について—、筑波技術大学テクレポート Vol.18 (1)：2010
- [2] 今井計、伊藤三千代、櫻庭晶子、金田博：照明器具を利用した緊急情報伝達システムに関する研究 —その2 光の点滅に関する実験的検証—、筑波技術大学テクレポート Vol.18 (1)：2010

Study on Emergency Information Transfer System that Uses Lighting Equipment (Part3 Assessment Experiment on Emergency and Need of evacuation by Flashing)

ITO Michiyo¹⁾, IMAI Hajime²⁾, SAKURABA Shoko¹⁾, KANEDA Hiroshi¹⁾

¹⁾Department of Synthetic Design, Faculty of Industrial Technology

²⁾Department of Industrial Information, Faculty of Industrial Technology
Tsukuba University of Technology

Abstract: The purpose of this study is to assess the possibility of conveying information by varying the flashing patterns of LED light equipment in order to immediately inform people of an emergency inside a building and provide emergency information such as the cause of emergency (earthquake, fire, trespassers, etc.), degree of the emergency, and need of evacuation. In this paper, we describe the results of our Assessment Experiment about degree of the emergency and Need of evacuation using six kinds of flashing patterns of LED light equipment.

Keywords: Emergency information, Lighting equipment, Hearing impaired, emergency, evacuation