

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：34517

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02351

研究課題名（和文）安心・安全を実現する蓄光布の災害を想定した視界不良時における視認性に関する研究

研究課題名（英文）Research on luminous fabric provides safety and security during times of poor visibility in preparation for disasters

研究代表者

竹本 由美子（TAKEMOTO, Yumiko）

武庫川女子大学・生活環境学部・准教授

研究者番号：90581926

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：蓄光布の活用を促すため、日常生活で使用されている様々な光源とりん光輝度との関係性を明らかにし、暗所における蓄光機能を利用した文字識別の有効性と、立体的活用による高視認性とりん光輝度の持続性の改善、さらに災害時における視界不良時の視認性を実験的に確認し、蓄光布の実用性を検証した。日常の光源として、蓄光を励起させる波長領域を含み、かつ放射照度も高い光源が必要であり、蓄光布を立体形状にすることで、視界不良時でもある程度の視認性が得られたが、残光率は輝度に比例せず、持続性の向上が今後の研究課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実験的に検証した蓄光布による文字識別の有効性や、立体形状による高視認性とりん光輝度の持続性の改善、視界不良時を想定した研究成果は、普段から着用している衣服やその他の繊維製品へ蓄光布の利用を促すことにつながり、予期せぬ災害に伴う停電や火災時の暗闇の中でも、ヒトやモノの存在が認識しやすくなる。普段からの蓄光布の活用によって、災害救助や避難の際に迅速な対応が可能となることから、人命を守るために社会的にも意義のある研究である。また、このような蓄光布の視認性や持続性は学術的に研究がほとんどされておらず、今後の研究発展が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In order to promote the use of luminous fabric, the following contents were experimentally verified. 1) Effect of light sources found in daily life on phosphorescence intensity of luminous fabric. 2) Character identification using luminescence in dark environments. 3) Improvement of visibility and sustainability of luminous fabric by making the luminous cloth wavy. 4) luminous performance during times of poor visibility in preparation for disasters. In order to obtain high luminance, light sources found in daily life that have a wavelength range that excites phosphorescent materials and have high irradiance are effective. By making the luminous cloth wavy, a certain degree of visibility was achieved even in poor visibility. On the other hand, the afterglow rate is not proportional to the luminance, and improving its persistence is a future research topic.

研究分野：繊維材料、材料物性

キーワード：蓄光布 りん光輝度 視認性 光源 災害

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

予期せぬ震災や天災などの災害は、誰もがいつ経験してもおかしくない。さらに、災害に伴い停電が起こることで被害はさらに拡大する。停電による暗闇や、火災などによる視界不良時は、避難が難しくなるだけでなく、被災者や行方不明者の早期発見が重要であるにもかかわらず、迅速な救助や捜索が非常に困難となる。通常の間でさえ、人を認識しにくい状況が事故を発生させる。交通事故防止には、光を反射して光る「再帰性反射材」の装着を推奨しているが、停電時は光源がないため反射材は役立たない。そこで、電力を使用せずとも、日中の太陽光を蓄積し暗所で長時間発光が可能な『蓄光素材』が注目されている。時計の文字盤や計器盤など夜間に視認を要するものや、防災・安全のため暗闇でも視認できるように地下通路や非常口などの避難誘導標識、東日本大震災を教訓に津波避難誘導標識、東京オリンピックに向けて災害種別避難誘導標識にも活用されている。

このように、国内外においても様々な蓄光繊維や蓄光糸は新たな高視認性素材として注目されている。しかし、装飾性としての使用ばかりで、本研究課題のような蓄光布を人の安心や安全を守る防災や事故防止を目的とした使用例はない。蓄光板や塗料、蓄光シートなどは、すでに避難誘導灯や床面の誘導標識等に使用されているが、ヒトが身に着けるものにはほとんど使用されていない。停電や火災などによる視界不良時に、ヒトやモノの場所を速やかに特定するには、それ自身が光ることによる利点は大きい。例えば、非常用持出袋には、反射材が使用され「非常用持出袋」と明記されている。しかし、暗闇の中ではその袋も文字も見えなくなる。また、津波で取り残された時に、暗闇の中では声が確認できても場所が特定できず、近くにいなながら気づかれずに救助まで時間を要した被災者もいた（死亡された例もある）。逆に、被災者側からも救助側を認識できていないこともある。最近の震災や台風による災害時の状況から考えても、人命救助に当たる自衛隊や救急隊だけでなく、被災者も衣服や帽子、カバン、靴など身に着けているものに蓄光布を取り入れていれば、突然起こる災害時や事故時において、暗闇の中での災害救助、避難に対して迅速な支援が可能になる。

2. 研究の目的

避難誘導標識等に使用されている蓄光素材は電力を必要とせず、日中の太陽光や照明などからの光によって励起状態となり、暗所においては基底状態になるまでに発光現象としてエネルギーが放出されるため、りん光が確認できる。このような蓄光素材を衣服などの繊維製品に利用できれば、予期せぬ災害に伴う停電や火災による視界不良など、突如起こった災害時の暗闇の中でもヒトやモノの存在が認識しやすくなり、災害救助や避難の際に迅速な対応が可能になる。そこで、我々はこれまでの研究において、まだ活用されていない蓄光糸を蓄光布に製織し、その消費性能と視認性を検証してきた。本研究では、さらに高視認性とりん光輝度の持続性の改善を試み、実際に蓄光布が役割を果たす災害時を想定した視界不良時における視認性評価をおこない、実証実験をもとに蓄光布の実用性を検証することが目的である。

3. 研究の方法

本研究では、蓄光布の実用性を検証するにあたり、実際に実用可能な蓄光布の活用を想定し、暗所における蓄光機能を利用した文字識別の有効性の検証と、立体的活用による高視認性とりん光輝度の持続性の改善を試みた。実験試験布に適した蓄光糸はヒロタ工織株式会社より入手し、株式会社協同へ蓄光試験布の製織を依頼した。

(1) 蓄光布に照射される光源からの波長とりん光輝度の関係性

蓄光に照射される光については、日常で蓄光の光が必要になる状況を考えると、日中の太陽光下ではなく夜など暗所下が想定される。したがって、様々な室内照明や夜道の外灯や月明りなどにより、蓄光は励起されることでりん光する。そこで、まずは実験で用いる蓄光試験布へ照射する光源とりん光輝度の関係性について検証した。今回購入した分光放射照度計 CL-500A (KONICAMINOLTA, Inc.) 及び照明シミュレート装置 (波長可変照明装置 THOUSLITE LED Cube, NAMOTO Co., Ltd.) を使用し、様々な日常の光源からの波長データを照度計で入手し、その波長を照明シミュレート装置で再現した光を蓄光布に照射することで、以下の各種蓄光試験布のりん光輝度の測定を色彩輝度計 CS-150 (KONICAMINOLTA, Inc.) おこなった。

(2) 暗所における蓄光機能を利用した文字識別の有効性の検証

蓄光布を基布として黒糸で文字を同じように刺繍した文字入り蓄光布と、黒地の基布に識別が難しい文字列を蓄光糸で刺繍した文字入り蓄光布を準備し、暗所において文字識別が可能か検証した。全く光が入らない暗室にて、各文字入り蓄光布を設置し、視認者との距離を最長 8m から文字の識別が可能か検証した。文字入りの蓄光布に照射する光は、分光放射照度計及び照明シミュレート装置を使用した再現光を用いた。

また、安全標識としての有効性について検査機関に試験を依頼し、JIS 規格で規定されている

最低りん光輝度の副分類のいずれかに該当するかを確認した。

(3) 立体的活用による高視認性とりん光輝度の持続性の改善

縦糸にポリエステル、ヨコ糸に蓄光糸を使用した蓄光布を製織し、複数のひだ（ノード）を形成して立体形状の蓄光織布を準備した。単位長さ間のノード数や間隔、高さを変化させて、波形状とすることで、光が照射される表面積を増やし、りん光輝度及び視認性への影響を確認した。照射する光は上記と同じく、分光放射照度計及び照明シミュレート装置を使用した再現光を用いた。



図1 立体形状の蓄光織布

(4) 煙霧による視界不良時における視認性

災害時を想定した視界不良時の蓄光布の視認性評価のため、実験装置として購入した簡易ドラフトを連結させ、密閉された空間を準備した。同じく購入したスモークマシンを用いてドラフト内に煙を充満させ、視認対象物となる蓄光布がどの程度確認できるか、りん光輝度の測定をおこない視認性を検証した。

4. 研究成果

(1) 蓄光布に照射される光源からの波長とりん光輝度の関係性

分光放射照度計及び照明シミュレート装置を使用し、様々な日常の光源からの波長を再現し、蓄光布に照射される光源からの波長とりん光輝度の関係性について検証した。まず、照明シミュレート装置を用いて各波長の光を蓄光布に 20 分間照射した直後のりん光輝度を輝度計で計測したところ、420nm の波長光が最も高いりん光輝度を示し、475nm の波長光になるとかなりりん光輝度が低下した。照射後のりん光輝度の変化を計測すると、照射直後のりん光輝度の強度に関わらず、りん光後 10 秒間での輝度低下が著しいこともわかった。

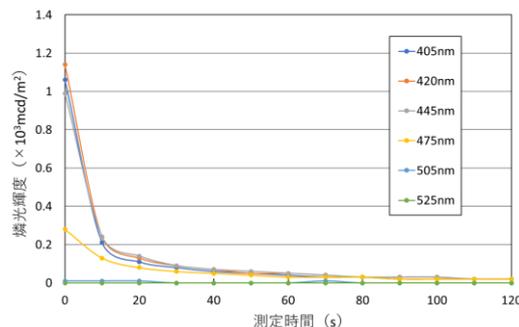


図2 各波長光のみ照射した蓄光布の消灯後のりん光輝度の変化

そこで、日常の様々な光源がどのような波長分布であるかを分光放射照度計で確認したところ、室内や地下鉄・電車内の照明は蓄光布を励起させることができる波長領域に分布が確認できた。だが、地下構内や夜道の外灯ではやや励起される波長領域よりも高波長側に波長のピークがあることを確認した。これらの光源を照明シミュレート装置 LEDCube&Navigator を使用して再現した光を用いて、蓄光布のりん光輝度を測定したところ、蓄光が励起される波長領域の積算強度と比例した。

(2) 暗所における蓄光機能を利用した文字識別の有効性の検証

蓄光布を基布として黒糸で文字を同じように刺繍した文字入り蓄光布（試料 A）と、黒地の基布に識別が難しい文字列を蓄光糸で刺繍した文字入り蓄光布（試料 B）を用いて、暗所における文字の識別を確認したところ、最長 8m では識別できず、試料 A は 5m 以内、試料 B は 3m 以内で識別が可能であった。実用性としては、蓄光布内に文字を表示する方が視認性が良いことが確認できた。

また、文字入り蓄光試験布のりん光輝度が、安全標識として認められる最低りん光輝度の副分類のいずれに該当するか、検査機関に試験を依頼したところ、りん光輝度の測定は特定の面積を測定対象とするため、文字列での違いによる比較ができず、文字部分（蓄光糸の刺繍部分）の面積に比例する結果となったことから、やはり蓄光布内に文字を表示する方が高輝度により、視認性が良いと言える。

(3) 立体的活用による高視認性とりん光輝度の持続性の改善

蓄光織布を用いてノード数と高さが異なる試験片を作製し、D65 光源を照射してりん光輝度を計測したところ、平面形状の蓄光織布に対して約 5 倍のりん光輝度を示す立体形状の蓄光織布を作製することができた。また、安全標識として認められる最低りん光輝度の副分類に対応させると、りん光輝度だけでなく残光性共に輝度クラス JA を満たすことが確認できた。(1)の実験で検証した、室内や地下鉄・電車内の照明、地下構内や夜道の外灯の光に対するりん光輝度を測定したところ、やはり放射照度が低い夜道の外灯では、十分な輝度を得ることは難しかった。また、残光性については、りん光直後の輝度が高くなるほど残光率は低く、立体形状によるりん光輝度の持続性の改善には至らなかった。

(4) 煙霧による視界不良時における視認性

これまでの研究によって高輝度が得られた蓄光布を用いて、煙霧環境下における視認性を検

証した。煙霧濃度がかなり低い値であっても、りん光輝度が著しく低下し、災害時などで煙霧環境が想定される中での蓄光材料の有効性については、再検証する必要がある。輝度クラス JA を満たすことが確認できたとしても、煙霧濃度によって視認性の低下が想定できる。今後は、さらに蓄光布視認性と持続性を高める方法を見出し、実用に向けて研究を進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹本由美子、小野寺美和、谷明日香
2. 発表標題 蓄光布の立体形状による燐光輝度への影響
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会 2023年度年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野寺美和、谷明日香、竹本由美子
2. 発表標題 高視認性安全服と新規の蓄光布を用いた衣服の提案
3. 学会等名 超異分野学会大阪大会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野寺美和、谷明日香、竹本由美子
2. 発表標題 先染蓄光布の洗濯及び摩耗によるりん光輝度の変化
3. 学会等名 日本家政学会第75回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	谷 明日香 (TANI Asuka) (30413446)	大阪樟蔭女子大学・学芸学部・准教授 (34409)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	小野寺 美和 (ONODERA Miwa) (90523762)	甲南女子大学・人間科学部・准教授 (34507)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関