

令和元年6月6日現在

機関番号：34507

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12880

研究課題名(和文)新規の蓄光素材による視認性及び持続性に優れ社会的弱者の安全に配慮した蓄光服の創製

研究課題名(英文)Excellent visibility and persistence with new phosphorescent materials. Creating light-sensitive garments for the safety of the socially disadvantaged

研究代表者

小野寺 美和 (Onodera, Miwa)

甲南女子大学・人間科学部・講師

研究者番号：90523762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：異なる種類の「蓄光糸」から本研究全てに使用する共用試料(蓄光布)を作製した。次に蓄光布の特徴を、客観的な検討実験として、りん光輝度の測定、耐久性とりん光輝度の関係、蓄光布の表面の状態の観察、また、客観的な検討実験として布の風合い測定(KES計測システムから物理量を算出等)から明らかにした。次に蓄光布を知覚するヒトに着目し、ヒトの心理に与える影響を、ヒトの触覚として視覚認識を「主観的な検討実験」の暗所曝露時の蓄光布の心理的影響(唾液採取、視線を計測、SD法主観評価測定等)から検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、警視庁は車社会の進展や防災対策として、薄暮夜間における歩行者や自転車利用者の交通事故防止を図るために、再帰反射素材の被覆着用を推奨する活動を行っているが、デザイン性や着心地などの問題点から利用拡大には至っていない。故に自由なデザインにすることが可能な『蓄光布』が、防災・防犯対策に十分な物性を備えていることを明確に提示することができれば、社会的弱者の安全を守る服として利用拡大が期待できる。

研究成果の概要(英文)：A shared sample (phosphorescent fabric) for use in all of this research from different types of "phosphorescent yarn" was prepared. Next, the characteristics of the phosphorescent fabric, as an objective study experiment, the measurement of phosphorescent luminance, the relationship between durability and phosphorescent luminance, observation of the State of the surface of the phosphorescent fabric, also as an objective study experiment it was clarified from the texture measurement of the cloth (calculation of the physical quantity from the KES measurement system, etc.). Then, focusing on the human perception of the phosphorescent fabric, the effect on human psychology, the psychological effect of the light storage fabric at the time of the dark exposure of the "subjective study experiment" visual recognition as a human touch ((2) Saliva collection, (3) Measurement of gaze, (4) The SD method subjective evaluation measurement, etc.) was examined from.

研究分野：アパレル感性工学

キーワード：蓄光糸 感性工学 りん光輝度 災害 防災 社会的弱者 視認性 耐久性

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災以降、蓄光商品は防災や安全用品として、再帰反射素材とともに取り上げられることが多く需要が高まっている。蓄光素材は太陽光や蛍光灯の光を蓄え暗所で光するという性質を持つことから、突然の震災や災害時による電気の供給停止に対応した、蓄光式誘導標識や、避難誘導のような安全対策に利用されている。また蓄光素材を用いた商品には、塗料やプリント、テープなどが存在し、主に病院や公共施設、さらに商業施設のような広大な室内において、就寝時や暗闇の中でも必需品の保管場所を確認できるような環境整備に使用されている。しかし、蓄光素材やその素材を施した商品は価格が高いことからまだ普及するにまでには至らず、衣服への応用は未だされていない。今後、簡易携帯式の懐中電灯やラジオ、携帯電話などにも蓄光機能を施したものが普及し、さらに衣服への利用が実現すれば非常時の対応もとやすくなる。現在、人々の地震に対する防災の意識は高まっており、突然の災害時に備える物や行動などの情報は、内閣府の防災情報や気象庁、さらに各自自治体などのホームページをとおして、簡単に入手できる様になっている。ここで筆者は災害が発生し、倒壊した建物等の下敷きになった人の救出を示す「72時間の壁」という言葉に着目した。これは、災害で救出を待つ人たちの生存率が急激に低下し、災害医療分野で生死を分けるタイムリミットとされる。72時間は一般に、一切の飲食を絶ち生き延びられる限界とされる。このような環境下において、蓄光素材を用いた自衛隊、消防隊、救急隊など人命救助に当たる人達の衣服や、被災者（特に高齢者や幼児などの社会的弱者）が日常的に被覆する服や帽子、カバンや靴などのアイテムに取り入れることは、突然起こる災害や事故時において暗所でも情報収集や災害救助の応援、避難など迅速な対応を支援するものとして期待される。実際に、蓄光性能を知っている団体が被災地に救援品として蓄光テープやシールなどを贈っていた。これは蓄光素材が放つ光が、被災者と救助者の存在を明らかに示し、救助者の救助に掛かる時間の短縮を可能にするためである。被災者は救助者の存在を、救助者は被災者の存在を互いに視覚的に確認でき、「72時間の壁」を超えることなく救助できるようになる。一方、災害時だけでなく日常生活においても、夜間の交通事故を未然に防ぐ対処法としての活用が期待できる。自動車や自転車などを操作する運転手にとって、歩行者の存在が認知しにくい状況は、事故を起こす大きな要因となる。故に、暗闇で互いの存在を認知しやすくすることは、救助者や被災者、歩行者や運転手など双方の不安感を和らげることに繋がる。そこで、筆者は蓄光素材を衣服設計に用いるために、蓄光素材に関する繊維業界の取組を調査した。その結果、蓄光素材は主として刺繍糸やファスナー、そしてファッション用の付属テープ等に加工された商品として展開されている。また国内外のメーカーのほとんどが、『蓄光糸』の開発に専念しており、『蓄光布』の開発までには至っていない。自身のこれまでの研究活動で用いている国内の蓄光糸メーカーの糸は、りん光輝度の保持時間が長くエコテックス認証「繊維製品およびその関連製品に特定芳香族アミンなどの身体に有害な物質が含まれていないことを証明する、全世界共通の「繊維製品の安心・安全の証」を有する製品である。しかし、蓄光糸で織られた蓄光布や蓄光服の設計、またこれに関連した商品開発や研究などの詳細な検討については未だなされていないのが現状である。

2. 研究の目的

蓄光糸から蓄光布を作製し、この布がどの程度の耐久性を持ち、りん光するのか実験的に検証する。また、蓄光布を知覚するヒトにも着目し、ヒトの心理に与える影響を解明するなど、『社会的弱者を守る視認性と耐久性、そして機能的で優れたエコテックス規格100に基づく新たな蓄光布』の基礎的知見を得ることによって、蓄光糸（光を蓄え自ら長時間発光することが可能

な糸)を用いた衣服設計の実現を目指す。

3. 研究の方法

本研究において、数種類の異なる蓄光糸から蓄光布《織物の三原組織と編物（平編み）》を作製し、以下の内容を明らかにしていく。

[1] 蓄光布によるりん光輝度の効果

糸密度が等しい布地も、糸の太さにより糸間の隙間が異なるため外観や布特性が変化する。そこで糸密度や糸の太さが、りん光輝度測定値に及ぼす影響をコニカミノルタ・CS-150 色彩輝度計測を用いて明らかにする。

[2] 蓄光布による耐久性とりん光輝度との関係

糸密度や糸の太さ、蓄光糸の種類が異なる蓄光布が、どの程度、耐久性を持ちりん光するのかを、洗濯試験 JIS L 1930(A 法)と磨耗試験 JIS L 1096(E 法)の前後の結果から講究する。

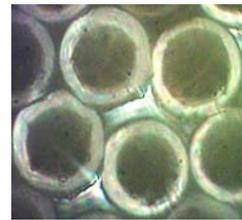


図 1. 二層構造の蓄光糸断面画像

[3] 耐久試験前後の、蓄光布の表面観察

本研究で用いる蓄光糸の構造は蓄光材を練り込んだポリプロピレン(PP)の芯糸に、ポリブチレンテレフタレート(PBT)を鞘糸として覆う二層構造である*。(図 1) 従って、蓄光布の耐久試験前後では、蓄光糸の表面にどのような影響が出現するのかを検討する必要がある。そこで、本研究では、蓄光糸の繊維断面や側面の観察形状を電子顕微鏡及びデジタルマイクロスコープを用いて観察し、蓄光布を形成している蓄光糸の耐久性について視覚的に確認をおこなう。

[4] 蓄光布の風合い測定（力学的特性と表面特性）

蓄光布を使用の際に、ヒトは手で触れ素材との適合性を判断している。このようにして感知する布の性格を『風合い』とよんでいる。人体を覆いこむアパレル性能評価はいわゆる風合い評価で、ヒトとの適合性が評価対象となる。そこで、蓄光布の性質・性能を客観的な測定値を用いて導き出す KES 計測システムを用いて、布の力学的性質（引張り・曲げ・せん断・圧縮変形に対する性質）と布の表面特性（表面摩擦・表面粗さ・布の厚さ）を布の物理量から検討する。生地を伸ばしたり、押ししたりする時の応力をセンサーで感知することによって、その引張特性や曲げ特性などを数値化できる。その結果、ドレープ係数(drape factor) や、こし、ぬめりなどが計算されたことから、最終的に風合いの定量評価を検討する。

[5] 蓄光布を知覚するヒトの心理的影響

反射視認暗室テント内に暴露させた蓄光布《織物の三原組織と編物（平編み）》の状態を客観的測定と主観的測定から検証する。①実験環境だが、明所の室内の照度は「学校環境衛生基準」に従い、300~600(lx)の範囲に設定した。この時の室内の温度は $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度は $50\pm 10\%$ に設定した。上記の環境下に蓄光布を20分暴露させる。その後、②暗所に暴露した蓄光布のりん光輝度の経時変化を、HDカメラとコニカミノルタ・CS-150 色彩輝度計測値の2つの方法で記録した。次に③として、②を知覚したときのヒトの交感神経の興奮や沈静などの心理的影響を、唾液バイオマーカーによる評価と感性評価(SD法)の測定値『服装により生起する感情状態尺度』を用いて検証する。

4. 研究成果

[1] 蓄光布によるりん光輝度について

JIS Z 9107「安全標識-性能分類における性能基準及び試験方法」に準じてりん光輝度を測定した結果、本実験で用いた集束燃糸やこの糸から構成する各試験布は、4つの副分類のいずれにも該当しなかった。つまり、JIS Z 9107「安全標識-性能分類における性能基準及び試験方法」の条件を満たすことはできなかった。

[2] 蓄光布による耐久性とりん光輝度との関係について

衣服の繰り返しの着用を想定し、初期設定、洗濯試験後、摩耗試験後における各試験布のりん光性能の変化を比較検討した。その結果、平編が洗濯や摩耗による外力の影響に対してりん光性能が向上した。

[3] 耐久試験前後の、蓄光布の表面観察について

表面観察をデジタルマイクロスコープで行った結果、洗濯試験前後では糸の太さに違いがあり、洗濯によって糸が膨潤し、乾燥しても元には戻らず、糸間の空隙が狭くなっていることが観察できた。このことは、りん光輝度の結果において洗濯後の輝度が高い値を示したことを裏付けるものであった。摩耗試験後では、平織、綾織、朱子織の順に摩耗による布表面からの繊維の毛羽立ちが多く観察され、一部はピリング状に繊維が絡み合っていた。また、平編においても、かなり繊維の毛羽立ちが確認できた。表面観察を走査型電子顕微鏡で行った結果、洗濯試験後の各蓄光布表面の繊維には、洗濯前の状態と比べても全く変化はなかった。摩耗試験後の各蓄光布表面の繊維を観察したところ、繊維の外層の剥離や、繊維の枝分かれが確認できた。

[4] 蓄光布の風合い測定（力学的特性と表面特性）について

蓄光糸の繊維は二層構造であるため、摩耗によって糸と糸、繊維と繊維が擦れ合い、芯の部分から鞘の部分剥離しやすくなるものと推察される。平織ではそれほど多くは確認できなかったが綾織、朱子織の順に激しく損傷・剥離した繊維が多く観察された。そのため摩耗による繊維表面の変化が、りん光輝度の低下に繋がったものと考えられる。

[5] 蓄光布を知覚するヒトの心理的影響について

3種の光源（光源1：D50 蛍光灯、光源2：タングステンランプ、光源3：昼光色蛍光灯）に各々20分間①の間に照射された、本実験の共用試料6種【縦20cm×横20cm形状の3種の蓄光布（織物の三原組織と密度の違う3種の平編み）】を被験者に10分間提示した後も、同様の手順で2回目の唾液採取と感性評価実験を行なった。被験者の交感神経の興奮や沈静などの心理的影響を、共用試料を知覚する前後の唾液採取と感性評価実験で比較検討した。唾液採取の結果、光源別に比較してみると光源1と光源2ではストレスが減っている人が多く、光源3ではストレスが増えている人が多いことがわかった。感性評価実験では光源による大きな違いはないが、「安らぎのある」「明るい」「見えやすい」「和む」「鮮明な」「単純な」「新しい」で評価が高かった。また、糸密度が高いものほど明るく蓄光する蓄光布は安らぎを与える反面、温かみや快適感が薄れる傾向も見られた。

<引用文献>

- 1) 平田米一；蓄光塗料，化学と教育，57(3)，pp.122-123，2009
- 2) 林田和人，渡辺仁史；暗闇での避難時における蓄光階段の有効性に関する研究，日本建築学会技術報告集，13(26)，pp.721-724，2007

- 3) 坪井倫也, 小川家資; 避難時における階段での光誘導の効果に関する基礎研究, にんげん工学, 42, pp.86-87
- 4) 上嶋一生, 藤田晃弘, 竹内信義, 村山秀彦, 金坂香里; 蓄光式避難誘導標識の視認性に関する研究, 人間工学, 40, pp.350-351
- 5) 小川英次, 藤田晃弘, 日東英成; 蓄光タイルの諸特性に関する研究, 人間工学, 40, pp.534-535
- 6) 牟田緑, 谷川綾子, 城島栄一郎; 再帰性反射素材の布の表面特性, 日本家政学会研究発表要旨集 65 回大会, 2013
- 7) 畝正二; 反射材の視認性に関する実験的研究
- 8) 石橋賢, 飯村伊智郎, 赤星陽香, 中山茂; 反射材普及の阻害要因に着目した安全指向型衣服の開発および性能評価, 日本感性工学会論文誌 14(4), pp.505-509, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- ① (紀要) 谷 明日香, 小野寺美和, 竹本由美子; 「収束撚糸を用いた蓄光布の表面状態がりん光輝度に及ぼす影響」, Difference of Phosphorescent Luminance on Phosphorescent Cloth Using Twisted Yarn, 四天王寺大学紀要 (I), 第 66 号, 277-286, 2018 年 9 月, (査読あり)
- ② (紀要) 谷明日香, 小野寺美和, 「実践的な社会人基礎力育成のためのサービ斯拉ーニングの試み -幼稚園児の古着と切り絵を用いた防災アイテムの製作」四天王寺大・学短期大学部, 第 3 号, 2017 年 3 月, (査読有り)

〔学会発表〕(計 7 件)

【2019 年】

- ① 蓄光布の光がヒトの心理反応に及ぼす影響, 竹本由美子, 谷 明日香, 小野寺美和, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集 71(0), 92, 2019
(招待講演: 事例報告)
- ② 災害時の高視認性安全服の役割と蓄光素材布を用いた衣服設計, 小野寺美和, 平成 30 年度被服心理学部会「公開春季セミナー」2019

【2018 年】

- ③ (若手研究者ポスター賞) 「JIS Z9107 に相当する蓄光布を用いた衣服設計」, 小野寺美和, 谷 明日香, 竹本由美子, 日本家政学会誌 Vol. 69 No. 7 (583) 99, 2018.
- ④ (特別招待講演) 「災害時の高視認性安全服の役割」, 小野寺美和, 一般社団法人日本高視認性安全服研究所/JAVISA 第五回総会

【2017 年】

- ⑤ 「蓄光布の表面特性がりん光輝度に及ぼす影響」, Influence of surface condition on luminance of phosphoresce materials 小野寺美和, 谷 明日香, 竹本由美子, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集 69(0), 206, 2017
- ⑥ 「JIS Z9107 から検討する蓄光糸と蓄光布の特徴」, 小野寺美和, 谷 明日香, 竹本由美子, 一社日本家政学会東北・北海道支部発表要旨集, 2017

【2016 年】

- ⑦ (招待講演) 「蓄光糸を用いた織物のりん光輝度の測定」 Phosphorescent Brightness

Measurement of Woven Fabric using Phosphorescent Yarns , 小野寺美和, 谷 明日香,
竹本由美子, 日本家政学会被服衛生学部会, 第 35 回被服衛生学セミナー, 2016

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究分担者

(2) 研究協力者

① 研究協力者氏名 : 谷明日香

ローマ字氏名 : TANI ASUKA

② 研究協力者氏名 : 竹本由美子

ローマ字氏名 : YUMIKO TAKEMOTO

※ 科研費による研究は, 研究者の自覚と責任において実施するものです. そのため, 研究の実施や研究成果の公表等については, 国の要請等に基づくものではなく, その研究成果に関する見解や責任は, 研究者個人に帰属されます.