ノート

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

石橋 賢*, 飯村 伊智郎*, 赤星 陽香*, 中山 茂**

* 熊本県立大学, ** 鹿児島大学

Development and Performance Evaluation of Safety-Oriented Cloth Focused on Hindrances for Widespread Use of Reflective Materials

Ken ISHIBASHI*, Ichiro IIMURA*, Haruka AKAHOSHI* and Shigeru NAKAYAMA**

* Prefectural University of Kumamoto, 3-1-100 Tsukide, Higashi-ku, Kumamoto-shi, Kumamoto 862-8502, Japan

** Kagoshima University, 1-21-40 Korimoto, Kagoshima-shi, Kagoshima 890-0065, Japan

Abstract : The aim of this study is to develop and evaluate a safety-oriented cloth using LilyPad Arduino. General reflectors allow users to avoid night-time traffic accidents. However, the reflectors penetration rate is only 20% because of the low designability and convenience. For improving their hindrances, we developed the safety-oriented cloth that is embedded seven LED lights. The safety-oriented cloth turns on the LED lights depending on user's environmental brightness. In addition, we investigated the performance based on designability and functionality via questionnaires. In the results of our investigation, we have confirmed that the safety-oriented cloth has enough designability and functionality as a fashionable and convenience substitute of general reflectors. We expect that the safety-oriented cloth enables us to increase our safety in the near future.

Keywords : Safety-Oriented Cloth, LilyPad Arduino, Reflective Materials

1. はじめに

日本における交通安全対策は、内閣府や警察、交通安全協会などが中心となり、講演会や研修など様々な活動を行っている。特に、夜間交通事故の軽減を目的に反射材の普及に関する活動を積極的に進めている。しかしながら、反射材用品の着用率は、自転車用を含み3割、歩行者用のみでは2割程度であり、日本における反射材の普及に際して複数の課題が残されている[注1]。

反射材普及の妨げとなっている主な要因としては、反射材用品を身につける煩わしさ(36.1%)、反射材用品を身につけることによる見た目の悪さ(17.2%)が挙げられている。それに対する改善要望として、身につけて格好の良いものにする(64.0%)、靴等に組み込まれているものを増やす(36.6%)といった意見が挙げられている。また、組み込み式の衣服や装身具であっても、夜間ウォーキングやランニング向けの商品が多く、市販品の種類や使用場面が限定的であることも日常利用の妨げとなっていることが考えられる。

これらの背景下において、反射材普及の阻害要因に着目し、デザイン性(ここでは、見た目の良さを意味する)と機能性を念頭においた安全指向型衣服の開発に取り組んだ。安全指向型衣服は、LilyPad Arduino[1]を用いて衣服に取り付けたセンサを制御することで、周辺の明るさに応じて自動的にLEDが点滅する衣服である。安全指向型衣服は、ユーザーの要望であるデザイン性と機能性の高さを保持しつつ、

安全性を向上させることが期待できる。本研究では、安全指向型衣服の開発過程を提示し、デザイン性と機能性における評価結果を示すことで、反射材用品の代替品としての可能性を探る。

2. 関連研究

近年では、ウェアラブルデバイスを用いた安全性の向上を目的とする研究が進められている。その中でも、ウェアラブルデバイスの開発用にLilyPad Arduinoと呼ばれるマイコンボードがあり、専門的知識を有しない一般の人々でも各種デバイスを開発できる。LilyPad Arduinoの特徴は、衣服や帽子、バッグなど布地に縫い付けて使用し、各種センサを簡単に制御することができる点であり、ウェアラブルデバイスの開発に適しているといえる。次に、近年のウェアラブルデバイスによる安全性向上に関する研究、および、LilyPad Arduinoの研究や活用事例についてそれぞれ紹介する。

2.1 ウェアラブルデバイスによる安全性向上に関する研究

先行研究では、触感覚を提示することで、運転時の安全性向上を目指した手法が報告されている[2,3]。文献[2]では、オートバイの運転時に運転者に振動を与えることで、目的地方向を指し示すデバイスが開発されており、運転の安全性を高めている。同様のアプローチで、自転車向けのナビゲーションシステムとして、ベルト型のウェアラブルデバ

イスとスマートフォンを連動させて触覚を提示する仕組みが提案されている [3].

触感覚以外の情報提示手法として、LEDを用いた事例が挙げられる。例えば、自転車用ジャケットにLEDを取り付け、ジャケットのボタンを赤色に点灯させる、あるいは、方向指示表示を行う制作物が公表されている [注2, 注3]。また、文献 [4] では、交通安全対策を目指したウェアラブルLEDディスプレイが開発されており、腕、脚、背中に取り付けることができ、自転車操作に応じてブレーキランプや方向指示を提示することができる。その他にも、歩行者やスケートボードの利用者への応用も可能となっている。その他のLEDディスプレイに関連する研究として、グループサイクリングやグループランニング時に、ヘルメット、あるいは、衣服に取り付けたLEDディスプレイに心拍数を表示する試みが進められている [5, 6]。心拍数をグループで共有することで、身体の安全性についてお互いに確認できるメリットがある。

上述のとおり、ウェアラブルデバイスの研究では、触感覚やLEDディスプレイを用いた情報提示手法が複数提案されており、各活動において安全性を高める支援研究が行われている。しかしながら、近年の課題である反射材普及における有効なアプローチは提案されておらず、LEDを取り付けたジャケットの例も個人制作やコンセプトデザインの段階にとどまっている。一般普及の促進のためには、反射材普及の阻害要因を明示し、その解決策と有効性を実証する必要がある。本議論により、ウェアラブルデバイスに関連する研究分野において、日常生活の支援という枠組みから安全性の概念まで研究の裾野を広げることで、社会的な研究意義の拡張に繋がることが期待される。

2.2 LilyPad Arduinoに関する研究およびその普及可能性

本研究における安全指向型衣服の開発に導入したLilyPad Arduinoは、先行研究において教育支援 [7] や従来の手芸と電気工作を組み合わせたワークショップ [8] などに利用されている。文献 [7] では、コンピューティングのキーコンセプトを幅広く理解するために、LilyPad Arduinoを用いてコンセプト設計から実装まで行う授業を行った。この授業により、受講者のコンピューティングに対する良好なアイデアが増え、制作物は触知可能性を含むためプログラミングの理解が促進されるという結果が得られている。また、落ちこぼれる可能性のある子どもたちのためのワークショップにもLilyPad Arduinoが用いられており、その活動を通して、学習、課題解決、ものづくりのモチベーションを保つことを可能にしている [9]。

上記のとおり、LilyPad Arduinoは年齢や専門を問わず幅広く活用があり、開発の容易性と汎用性の高さが認められ、各活動における有効性も実証されている。本研究の安全指向型衣服の開発においても、多様なデザインや機能を容易に実装でき、将来的なデザイン性や機能の拡張も期待できる。

3. 安全指向型衣服の開発

図1に、開発した安全指向型衣服の構成図を示す。本衣服は、左腕に取り付けられた白色LEDが着用者周囲の明るさに応じて自動的に点滅する仕組みを有しており、反射材用品の置き忘れや装着の煩わしさといった課題を解決している。また、もう一方の反射材普及の阻害要因であるデザイン性の面では、衣服として使用者の年齢や性別を問わず年中着用品で、色の嗜好が左右されにくいグレー色のパーカーを採用し、ビーズを用いてLEDの露出を避ける工夫を施した。

安全指向型衣服は、LilyPad Arduino、LilyPad明るさセンサ、7個のLilyPad高輝度白色LED、導電性糸、および、赤色と青色のビーズから構成される。LilyPad Arduinoは衣服の内側に縫い付けてあり、明るさセンサは左胸元、白色LEDは左腕を囲むように等間隔に取り付け、LEDを隠すために赤色のビーズで覆っている。また、赤色に発光することで、誘目性を高める効果が期待できる。LilyPad Arduinoと明るさセンサ、白色LEDはそれぞれ導電性糸で繋げ、電気回路を形成している。なお、青色のビーズは、デザイン性の観点から装飾用として取り付けた。明るさセンサは、周辺環境の明るさ L を取得し、LEDは、取得した明るさデータに応じて自動的に点滅する。

開発した安全指向型衣服では、 $0 \leq L < 7$ で暗い、 $7 \leq L < 13$ で薄暗い、 $13 \leq L$ 明るいという判定条件を設定した。各判定条件では、暗いで7個のLEDが毎秒1回点滅、薄暗いで4個のLEDが毎秒0.4回点滅する(図1下部)。判定条件の設定は、自然光の測定実験にて記録した明るさのデータの平均値を参考にした。測定実験では、自然光の明るさデータのみを取得可能な場所で、明るさが顕著に変化する時間帯(12月の17時~18時)で3日間実施し、ランダムサンプリングで得た14個の明るさデータから平均値を算出した。さらに、

図1 安全指向型衣服の構成図

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

表1 評価項目およびその質問内容

質問番号	評価項目	質問内容
Q1	安全性	安全指向型衣服は、安全性の向上に効果があると思いますか？
Q2	デザイン性	日常のファッションにも取り入れられるデザインだと思いますか？
Q3	快適性	従来の反射材用品よりも着用しやすくなったと思いますか？
Q4	利便性	従来の反射材用品利用の手間を省くことができると思いますか？
Q5	視認性	暗くなった際に、安全指向型衣服を認識することができましたか？

安全指向型衣服は電池を取り外すことで洗濯が可能となり、平服としても十分利用できることが期待される。

4. デザイン性と機能性を中心とした性能評価

開発した安全指向型衣服の性能を評価するために、アンケート調査を実施した。次に、アンケート調査内容の設定、および、その調査結果について述べる。

4.1 アンケート調査内容の設定

安全指向型衣服では、デザイン性と機能性の課題に着眼点をおいて開発されている。性能評価においても、この二点を主眼に表1に示す評価項目を設けた。

これらの評価項目は、安全指向型衣服が反射材普及の阻害要因について改善されているかを中心に調査するために独自に設定した。Q1とQ2は、それぞれ安全性とデザイン性の評価項目、Q3～Q5が機能性の評価項目であり、快適性、利便性、視認性に細分化している。具体的には、Q1は総合的安全性の評価、Q2は阻害要因の一つであるデザイン性の評価、Q3は衣服としての快適性の評価、Q4は阻害要因一つである利便性の評価、そして、Q5は反射材としての役割を評価するため、視認性の評価項目を設けている。

アンケート実施者が安全指向型衣服を着用した状態で各機能について説明し、その後、回答者が安全指向型衣服を着用した上で、タスキ型の反射材用品と比較して、Q1～Q4について4段階評価（そう思う、まあそう思う、あまりそう思わない、そう思わない）で回答してもらった。また、Q5は回答者が安全指向型衣服を装着した状態で消灯して、実際にLEDを点滅させることで、視認性を評価してもらった。なお、衣服の着用時間は任意とし、回答を終えるまで着用してもらった。

アンケートの回答者は、20歳前後の大学生30名（女性26名、男性4名）である。回答者の募集においては、ファッションへの関心や外出着の着想記述に対する意識の高い女性[10]を中心に募り、特に関心が高いことが想定される20歳前後の大学生を対象を絞った。なお、本調査は蛍光灯照明のある大学の教室で実施した。

図2 アンケート調査の結果

4.2 アンケート調査の結果

図2にアンケート調査の結果を示す。図2の結果では、Q1～Q5すべての評価項目で「そう思う」、「ややそう思う」の回答が得られ、安全性、デザイン性、および、機能性（快適性、利便性、視認性）において良好な評価が得られた。

Q1の安全性への期待は80%が「そう思う」と回答しており、反射材普及における安全性への期待について高い評価が得られている。これは反射材用品と異なり、置き忘れない点と自動的に周囲環境に合わせて点滅することが評価されたものと考えられる。Q2のデザイン性については、「そう思う」の回答が70%となっており、評価に厳しい回答者選出と個人の趣向が影響しやすい項目である点を鑑みると、良好な結果であるといえる。この要因としては、安全指向衣服の設計において、万人でも利用可能な衣服としてグレー色のパーカーを選定した点やビーズを用いた工夫が関与したものと考えられる。Q3の快適性に関しては90%以上の回答が「そう思う」という結果が得られた。その理由として、LilyPad Arduinoや各種センサが布地に縫い付けてあり、それらが着心地の低下に影響していない点が評価されたものと考えられ、その結果として従来の反射材用品の装着感よりも快適に感じられたものといえる。Q4の利便性については、「そう思う」の回答が90%となっており、反射材用品を携帯する、あるいは、装着する煩わしさや置き忘れる心配もないため、高い評価を得たものと考えられる。回答者の自由回答にも、周囲の明るさに合わせて点滅する点、衣服に組み込まれている点、洗濯できる点といった利便性に関する良好な評価コメントが多く挙げられていた。Q5では、70%以上の回答者が「そう思う」と答えており、視認性において高い評価が得られた。これは、LEDが赤色に点滅することで暗闇でも十分に視認できたことが関係したものといえる。

4.3 反射材用品の普及と安全指向型衣服に関する考察

多くの組織が反射材用品に対する広報活動を進めていることから、反射材用品が夜間事故防止に繋がることは、幅広く周知されているものと考えられる。しかしながら、日常生活で身に付ける用品であれば、デザイン性や機能性の低さが

安全対策への意識を削いでしまう結果となる。その点において、安全指向型衣服は、平服に各種センサを取り付けることで、従来通りの利用を可能にするため、デザイン性と機能性を維持しつつ、無意識にユーザの安全性を高めるメリットがある。本研究の性能評価結果では、組み込み式による解決方策は、安全性への期待はもとより、デザイン性や機能性といった一般普及のための条件を満たす効果が示された。これらは、ユーザの嗜好や美的感覚が影響しており、それらの要因を考慮することで、結果として社会全体の安全性を高める可能性を示唆している。ユーザが求めるモノやサービスに対して、自然と安全性を高める仕組みづくりを進めることで、社会の安全性を高めるための新しい研究方策として進展することが期待される。本研究の結果は、その一つの切り口であり、これまで蓄積してきた多様な感性工学の知見を活用し、安心・安全な社会づくりのための効果的な解決方策を提示していくことが求められる。

5. ま と め

本研究では、従来の反射材用品において普及の阻害要因となっていたデザイン性と機能性の低さの一解決方策として、安全指向型衣服を開発した。安全指向型衣服は、LilyPad Arduinoと明るさセンサ、LEDで構成されており、周辺の明るさに応じて自動的にLEDが点滅する。それにより、ユーザは別途反射材用品を装着する必要もなく、ユーザが意識せずに夜間交通事故を予防することができる。また、布地であれば、靴やバッグなどにも同様の機構を導入することができるため、組み込み式の市販品のように選択肢が狭いという課題も存在しない。

安全指向型衣服に関する性能評価のアンケート調査結果では、安全性、デザイン性、および、機能性（快適性、利便性、視認性）の評価項目において良好な評価が得られた。すなわち、安全指向型衣服が、従来の反射材用品としての効果を保ちつつ、デザイン性と機能性の従来課題を解決できているといえる。

将来的な安全指向型衣服の活用事例としては、通塾時の児童の靴や衣服に応用することで、反射材用品の置き忘れや紛失などを防ぎ、安全性の向上に寄与することが見込まれる。

注

- [注1] 平成22年度反射材の普及活用に関する調査結果（全日本交通安全協会） <http://www.jtsa.or.jp/topics/pdf/houkoku2011.pdf>（2015年5月閲覧）
- [注2] talk2myshirt : <http://www.instructables.com/id/Light-for-life-Shining-bright-cycling-jacket/>（2015年5月閲覧）
- [注3] Arduino/LilyPad : <https://www.pinterest.com/designomaniac/arduinoililypad/>（2015年5月閲覧）

参 考 文 献

- [1] Buechley, L., Eisenberg M., Catchen, J. and Crockett, A.: The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education. Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '08), pp.423-432, New York, NY, USA, 2008.
- [2] Prasad, M., Taele, P., Goldberg, D. and Hammond, T. A., HaptiMoto: Turn-By-Turn Haptic Route Guidance Interface for Motorcyclists, Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14), New York, NY, USA, pp.3597-3606, 2014.
- [3] Steltenpohl, H. and Bouwer, A.: Vibrobelt: Tactile Navigation Support for Cyclists, Proc. of the 2013 conference on Intelligent user interfaces (IUI '13), New York, NY, USA, pp.417-426, 2013.
- [4] Grosse-Puppenthal, T., Bechtold, O., Strassel, L., Jakob, D., Braun, A., and Kuijper, A.: Enhancing Traffic Safety with Wearable Low-Resolution Displays, Proc. of the 2nd International Workshop on Sensor-based Activity Recognition and Interaction (WOAR '15), New York, NY, USA, Article 10, 10 pages, 2015.
- [5] Walmlink, W., Wilde, D., and Mueller, F. F.: Displaying Heart Rate Data on a Bicycle Helmet to Support Social Exertion Experiences, Proc. of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '14), New York, NY, USA, pp.97-104, 2014.
- [6] Mauriello, M., Gubbels, M. and Froehlich, J. E.: Social Fabric Fitness: the Design and Evaluation of Wearable E-textile Displays to Support Group Running, Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14), pp.2833-2842, New York, NY, USA 2014.
- [7] Kafai, Y. B., Lee, E., Searle, K., Fields, D., Kaplan, E. and Lui, D.: A Crafts-Oriented Approach to Computing in High School: Introducing Computational Concepts, Practices, and Perspectives with Electronic Textiles. Trans. Comput. Educ. 14(1), pp.1:1-1:20, 2014.
- [8] Buechley, L. and Wilson, H. P.: Crafting Technology: Reimagining the Processes, Materials, and Cultures of Electronics, ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 19(3), pp.21:1-21:21, 2012.
- [9] Kuznetsov, S., Trutoiu, L. C., Kute, C., Howley, I., Paulos, E. and Siewiorek, D.: Breaking Boundaries : Strategies for Mentoring through Textile Computing Workshops, Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11), New York, NY, USA, pp.2957-2966, 2011.
- [10] 安永明智, 野口京子: ファッションへの関心と着装行動に関する基礎的調査研究: 性別, 年齢, 主観的経済状況, 性格による差の検討, ファッションビジネス学会論文誌, 17, pp.129-137, 2012.

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

石橋 賢 (正会員)

2014年 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士後期課程修了。同年、日本学術振興会特別研究員PD。2015年 熊本県立大学総合管理学部総合管理学科講師、現在に至る。博士（知識科学）。感性情報メディアの

創出およびグラフィックデザインの支援に関する研究に従事。日本感性工学会、電子情報通信学会、各会員。

飯村 伊智郎 (非会員)

1994年 上智大学大学院博士前期課程修了、同年(株)日立製作所日立研究所入所、1997年 熊本県立技術短期大学校講師、2002年 熊本県立大学総合管理学部総合管理学科助手、

2003年 同講師、2006年 同助教授、2007年 同准教授、2012年 同教授、現在に至る。博士（工学）。進化計算、群知能、実世界指向インタフェース、学習環境デザインの研究に従事。情報処理学会、電子情報通信学会等各会員。

赤星 陽香 (非会員)

2014年 熊本県立大学総合管理学部総合管理学科卒業。電子工作と手芸を融合させたテクノロジー手芸に興味を持つ。学士（総合管理学）。

中山 茂 (非会員)

1977年 京都大学大学院博士課程修了、同年 上智大学助手、1981年 京都工芸繊維大学助手、1987年 兵庫教育大学助教授、1997年 鹿児島大学工学部情報工学科教授、2009年 同大学院理工学研究科情報生体システム工学専攻教授、

2014年より同名誉教授、現在に至る。工学博士。量子コンピュータ、量子風アルゴリズム、進化計算、群知能、分散並列処理、画像処理の研究に従事。