

안전의복 착용자의 동작분석에 의한 재귀반사 소재 위치의  
적합성 평가박순자<sup>1</sup> · 타나베 사토코<sup>2</sup> · 사토 마리코<sup>2</sup><sup>1</sup>인하대학교 다문화융합연구소 교수 · <sup>2</sup>일본 문화학원대학 복장학부 교수Evaluation of Suitability of Retroreflective Material Locations by Motion Analysis of  
the Wearer of Safety ClothingSoon Ja Park<sup>1</sup> · Satoko Tanabe<sup>2</sup> · Mariko Sato<sup>2</sup><sup>1</sup>Convergence Institute for Multicultural Studies, Inha University, Professor · <sup>2</sup>Department of Design of Functional Clothing, Bunka Gakuen University, Professor

## Abstract

Since ISO 20471 regulations(2013) were enacted, high-visibility clothing made of fluorescent fabric and retro-reflective materials has been standardized to distinguish the wearers from the surrounding background in a dark place and to protect them. Accordingly, we made high-visibility safety clothing based on the international standards, and examined the positions of the retro-reflective materials on the attached sites to evaluate the suitability of the positions, by 3 types of safety clothing and the body regions when the wearers work or move. Two retro-reflective films of 5cm-horizontal lines were attached to the front/back of the upper-wear, and the lower-wear. Vertical lines were attached from the shoulder to the horizontal waistline. To analyze the motion in 3-dimension, we took pictured infrared-reflective markers on the retro-reflective film covered with yellow-tape on the front-side when 6 subjects wearing experimental garments performed 6 types of motions. According to the metronome tempo, the motions were performed for 30 seconds and repeated 6 motions ①~⑥ by 3 experimental clothing. Among the 6 motions, significant differences in the appearance rate of the markers by body region during the motions were found in 5 types except for motion ③. Significant differences by the post-hoc test were shown in motions ④ and ⑥ as well. Therefore, for high-visibility safety clothing, it is necessary to anticipate the worker's motion and consider the attaching position of the retro-reflective material. It is considered desirable to attach the retro-reflective materials to several places where the clothing is hard to wrinkle.

## Keywords

high-visibility safety clothing, retro-reflective materials, 3-dimension motion analysis, appearance rate of infrared-reflective marker

Received: July 7, 2023

Revised: August 12, 2023

Accepted: August 14, 2023

## Corresponding Author:

Soon Ja Park

Convergence Institute for Multicultural  
Studies, Inha University, 100 Inha-ro,  
Michuhol-gu, Incheon 22212, Korea  
E-mail: park2000sj@naver.com

## 서론

차량사고 위험성이 높은 도로변 작업자와 재해현장에서 일하는 근로자들의 작업복은 원거리에서도 인지하기 쉽게 설계되어야 한다. 2013년 ISO 20471 규정이 제정된 이래 시인성이 높은 형광 직물과 재귀반사 소재로 제작된 고시인성 안전의복(high-vis clothing)은 어두운 곳에서 그 착용자를 주위 배경과 구별하여 여러 각도에서 명확하게 볼 수 있도록 규격화함으로써 위험한 상황에서 발생하는 사고를 방지하는 역할을 해왔다(International Organization for Standardization (ISO)

20471, 2013; Japanese National Standard (JIS T) 8127, 2015; Korean Agency for Technology and Standard, 2018; Korean Standard Service Network, 2016a). 이러한 특성의 안전의복은 현재 도로변 근로자나 산업 종사 작업자 또는 경찰관 등이 주로 착용하고 있다. 그렇지만 점차 일반인인 보행자, 어린이, 장애인, 고령자 등 교통약자와, 자전거나 전동킥보드 이용자, 플랫폼 노동자, 스포츠 활동자 등을 위하여, 고시인성 안전의복을 착용하도록 권장하는 방향으로 전개되고 있다(Japan Safety Appliances Association, 2017; Japan Traffic Safety Education Association, 2016). 또한 최근 우리나라는 플랫폼 노동자 등 야간 근로자가 증가하고 있고, 도로변 작업자 중 다수인 환경미화원이나 가로수 정비 작업자들이 야간이나 새벽에 작업이나 업무를 수행하는 작업환경임을 감안할 때 국제표준에 부합하는 안전의복(warning clothing, safety clothing) 착용 등 개인차원에서의 교통사고 예방 대책이 더욱 요구되고 있다.

안전의복과 관련된 규정으로 국제적으로는 현재 고시인성 안전의복 착용규정을 법제화하여 시행 중에 있으며(ISO 20471, 2013), 더욱이 안전의류 소재나 제품 수출 시에는 국제기준에 근거한 국가별, 바이어별로 요구되는 성능 수준에 부합하는 인증을 요구하는 경우도 있는 상황이다(Park et al., 2020). 그러나 현재 우리나라에서는 국제표준의 3등급에 해당하는 엄격한 안전의복에 관한 법적 의무는 제시하고 있지 않고 안전조끼 착용만을 의무화하고 있다(Korean Agency for Technology and Standard, 2018).

이에 연구자들은 특히 야간이나 새벽에 도로교통상에서 업무를 수행하는 작업자들의 안전과 작업의 효율성은 물론, 일반인의 개인 안전을 위하여 야간 보행과 스포츠 활동을 하는 데도 고시인성의 안전의복을 착용할 수 있도록 착용 대상이나 영역을 확대하여 연구를 수행해 왔다. 선행연구를 살펴보면 ISO 20471 (2013) 규정에 부합되는 안전의복 소재의 물성에 관한 연구(Park & Choi, 2018; Park, 2019), 설계와 시작(試作) 및 인체 착용실험 연구(Park et al., 2020), 어린이용 안전의복의 디자인 및 착용 시 동작분석이나 샘플 제작 발표(Jung, & Cho, 2006; Park & Jang, 2019; Park, Ko, & Jang, 2023), 청소년의 레포츠를 위한 안전의복을 개발한 후 착용 선호도 조사 등이 있다(Park & Ko, 2021). 또한 안전의복 표준에는 재귀반사 소재로 의복면적의 20%(국제 기준 분류 3등급)를 부착해야 하는 ‘고시인성 국제기준 디자인 가이드라인’이 제시되어 있다(Korean Standard Service Network, 2016b). 그러므로 이를 반영하여 기능적이고 쾌적하며 미적 감각을 부여한 안전작업복과, 더 나아가 최근에는 주위에 광원이 없어도 능동발광이 가능하도록 LED나(Ishihashi et al., 2015; Park &

Kim, 2020) 광섬유를 적용(Park et al., 2021) 또는 LED와 태양 전지를 부착한 스마트 안전모를 개발한 연구(Lee, 2020) 등이 보고되고 있다. 나아가 야간이나 악천후에도 사고예방에 더 효과를 발휘할 수 있는 광섬유를 일체화한 스마트 안전의복 연구도 발표되고 있다(Park, Ko, & Jang, 2023; Park, Ko, & Moon, 2023) 게다가 안전의복의 디자인 측면에서는 착용자의 신체 윤곽을 신속하게 인지할 수 있도록 규정한 ‘고시인성 국제기준 디자인 가이드라인’(Korean Standard Service Network (2016b) -고가시성 의류 디자인에서 형광 및 재귀반사 소재를 가장 효과적으로 이용하는 추가적인 방법으로 모든 방향에서의 가시성, 조각화된 부분 최소화하기, 팔다리 말단부 표시로 동작인식을 통한 가시성 최적화-등을 제시하고 있다. 그렇지만 의류학 분야에서 동작분석 연구는 찾아볼 수 없고 국외에서도 관련 자료를 찾아보기 어렵다. 다만 최근에 연구목적은 다르나 인간공학적 지견에 기반을 둔 병원 실내 청소원의 작업자세가 작업능률과 신체동작에 미치는 영향을 연구한 몇 편의 동작분석에 관한 연구가 검색될 뿐이어서(Uno et al., 2019) 동작분석에 관한 연구가 필요한 실정이다.

이에 근거하여 본 연구에서는 야간이나 새벽/일몰 시 작업 또는 업무를 수행하는 도로변과 도로상의 작업자의 안전과 작업의 효율성, 보행자와 교통약자의 보행횡단 시 안전성을 높일 수 있는 국제기준 3등급에 부합하는 소재와 디자인으로 가시성을 높인 안전의복을 제작하였다. 제작한 안전의복 착용자의 동작 시 재귀반사 소재의 부착위치를, 작업자세 및 신체부위 차이에 따라 6부위의 출현율을 3차원 시스템으로 분석하여 재귀반사 소재의 부착위치의 적합 정도를 평가하여 적절한 위치를 제시하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 착용실험 피험자 및 실험복

피험자는 건강한 일본인 남자 대학생 6명(연령 22±2세)으로 기관생명윤리위원회(IRB)서식에 동의한 남학생으로 선정하였다. 평균 신장은 약 172cm로, 우리나라 남성 20-24세 남성의 평균치(사이즈코리아 2015년, 174.2cm)보다 다소 작은 수치이고, 평균체중은 약 62kg로 우리나라 남성(71.1kg)보다 작은 편이다. 동작실험은 일본의 B대학교 기능성 의복디자인 실험실에서 실시하였다.

실험복은 국제 안전의복 규정(ISO 20471, 2013)에 의거하여 선행연구(Park et al, 2020)에서 제작한 긴소매+긴바지에 격자 무늬 반사필름을 부착한 긴소매 1벌, 반소매+긴바지에 민무늬 반



a: 긴소매+긴바지 조합의 안전의복  
b: 반소매+긴바지 조합의 안전의복  
c: 검정 니트에 연두 배색의 긴 소매 T 셔츠+안전조끼+긴바지 조합

Figure 1. Types of experimental safety clothing.

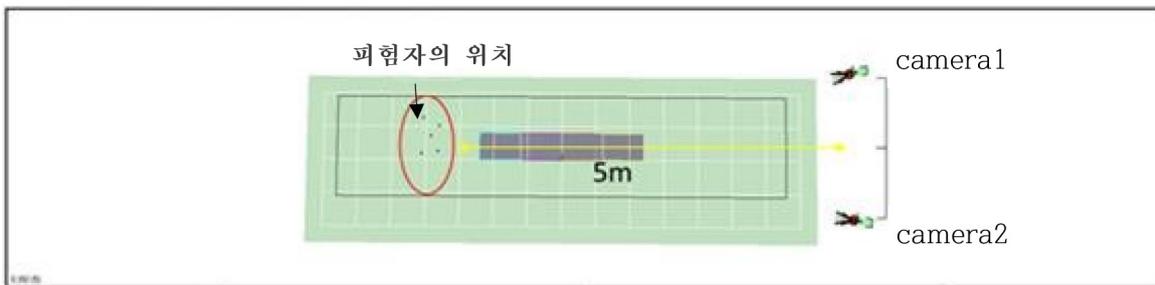


Figure 2. Location of the two cameras and the subject.

사필름을 부착한 반소매 1벌에, 민무늬 재귀반사 필름을 부착한 안전조끼를 검정색에 연두색 배색의 티셔츠 위에 착용한 3가지 형태로, 바지는 모두 춘추/여름용으로 제작한 긴바지로 통일하였다. 안전의복의 소재로 형광직물은 연두색 폴리에스테르 78%/면 22%와 재귀반사 필름으로 구성되어 있다. 안전의복의 재귀반사 필름은 몸통 전·후면에 평행의 5cm의 가로선 2줄, 바지에는 무릎에서 5cm 상·하부위에 평행한 가로선 2줄씩을 부착하였다. 반사필름의 세로선은 신체 전·후면에 어깨에서 허리 방향으로 내려와 가로선 2줄 중 위쪽 가로선까지 연장하여 부착하였다. 동작분석을 위해서는, 실험복 전면의 재귀반사 필름 위에 몸통 부위

에 4점, 바지에 2점 모두 6점의 적외선 반사 마커(marker)를 부착한 실험복을 착용한 피험자 6명이 6종류의 동작을 할 때, 마커의 움직임을 3차원 동작분석 시스템 즉, 카메라와 컴퓨터 데이터 종합분석 프로그램으로 수록, 분석하였다. Figure 1에는 제작한 실험복 사진을 제시하였다.

## 2. 실험개요

### 1) 사용기기

사용기기는 3차원 동작분석 시스템(Motion Analysis사) 소프



Figure 3. Position of subject (mannequin) and 3D camera (a) and marker (b).

Table 1. Marker Attachment Positions of Three Types of Experimental Safety Clothing

마커 명칭	정의 및 부착부위	실험복		
		A	B	C
Point 1	바지 무릎 아래 재귀반사 필름선 상의 전면 중앙(무릎 위 5cm)	○	○	○
Point 2	바지 무릎 위의 재귀반사 필름선 상의 전면 중앙(무릎 아래 5cm)	○	○	○
Point 3	상의의 재귀반사 필름선 상의 어깨 부위 (어깨)	○	○	○
Point 4	Point 3과 Point 5의 중간 (어깨와 가슴 중간 지점)	○	○	○
Point 5	상의의 어깨 세로선 재귀반사 필름에서 가로선 가슴부근의 반사필름과 직각으로 만나는 교차점(흉부)	○	○	○
Point 6	상의의 단 위 약 3cm 부분의 가로선 반사필름에, Point 5의 직선 아래 부분(허리)	○	○	○

Table 2. Photos of Marker Attachment Location on the Experimental Safety Clothing

	A	B	C
사진			
특징	<p>상의: 긴 소매 재킷형태로, 재귀반사 소재는 좌우 흉부의 세로선 1줄씩, 흉부 아래 가로선 1줄, 아랫단부근에 가로선 1줄, 소매에는 팔꿈치 상하에 1줄씩 2줄 부착하였다.</p> <p>하의: 바지로 A, B, C 모두 공통(무릎에서 5cm 상하에 각 1줄씩 2줄 부착)</p>	<p>상의: 반소매 재킷 형태로, 재귀반사 소재는 좌우 흉부에 세로선 1줄씩, 흉부 아래 가로선 1줄, 아랫단 부근에 가로선 1줄, 소매에는 소매단 부근 1줄 부착.</p> <p>하의: 바지로 모두 공통</p>	<p>상의: 조끼 형태로, 재귀반사 소재는 좌우 흉부에 세로선 1줄씩, 흉부 위, 가로선 1줄, 아랫단 약 4.5cm 위쪽에 가로선 1줄, 조끼 안에는 반사소재 없는 검정색 티셔츠 착용</p> <p>하의: 바지로 모두 공통</p>

트웨어와 EVaRT (Motion Analysis사, 일본) 및 데이터 종합분석 프로그램 Kine Analyzer(킷세이컴테크사, 일본)을 활용하였다 (Figure 2, 3).

**2) 마커 부착 부위**

적외선 반사 마커는 모두 우측 반신에 부착하였는데, 먼저 재귀반사 필름을 누런색 테이프로 붙여 원래 안전의복에 부착한 반사필름이 반사하지 않도록 테이프 위의 각각 Point 1~6번 위치에 부착하였다. 마커 번호와 부착 위치는 모든 실험복에 동일하였는데, 7~10번은 소매가 없는 실험복에는 부착하지 않았다 (Table 1, 2). Table 2에는 마커를 부착한 3종의 실험복을 제시하였다.

**3) 동작**

동작의 유형은 두 가지로, 도로상의 교통정리 경찰이나 마네킹 등이 수행하는 교통안전 유도 동작을 참고로, 피험자에 의한 오차가 적은 동작 즉, 재현성이 높은 동작 4가지 패턴과 환경미화원의 작업 시 빈번히 행하는 동작을 참고로 2가지 패턴의 동작을 고안하였다 (Table 3). 동작①과 동작②는 템포 86, 동작③~⑥은 템포 60에 맞춰 행하였다.

**4) 착의조건**

착의조건으로, 상의는 T셔츠 또는 속옷 위에 실험복을 착용하였다. 하의는 반바지 또는 피험자의 임의적인 착의 위에 실험복을 겹쳐 입었다. 신발로는 슬리퍼를 착용하였다.

**5) 착의실험 순서**

착의실험 순서는 Aoki 등(2020)의 선행연구와 동일한 순서로 Figure 4와 같다.

실험을 통해 수록한 동작 시 마커의 출현율을, 6명의 데이터 평균치로, 6가지 동작에 따른 부위별, 의복별 마커의 출현율의 차이를 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 유의차 검증을 하여 재귀반사 필름의 부착위치의 적합 정도를 분석하였다.

**연구결과 및 고찰**

동작 실험의 결과는, Table 2에 제시한 3종의 실험복에 표시된 마커가 6가지 동작을 실행할 때 Point 1에서 Point 6의 위치에 부착되어 있는 마커의 출현율로 분석하였다. 분석은 3종의 실험복에 동일한 위치 Point 1~Point 6 부위의 데이터만으로 분석하였고, 소매 부위의 Point 7~10은 안전조끼와 균형에 맞도록 데이터 분석에 포함하지 않았다.

동작의 분석은 피험자가 실험복을 입고 동작 시 카메라로 촬영하여 수록한 30초 간의 데이터 중에서 동작이 안정된 10초간을 추출하여, 3종 실험복에 공통으로 부착한 Point 1~6 부위에 대하여 적외선 반사 마커가 카메라에 의해 포착된 수 즉, 마커의 출현율을 구하였다. 동작별 피험자 6명의 평균치로 분석한 결과는 다음과 같다.

**1. 동작①에 있어서 마커의 출현율**

동작①은 우측 상지(right arm)를 아래에서 옆으로 90도 올린 다음, 아래로 내리는 동작으로, 상지를 측면으로 들어 올리는 동작에서는 6개 마커 대부분이 높은 출현율을 보였다. 그러나 흉부에 부착한 Point 5는 다른 Point에 비해 약간 출현율이 저하하였다 (Figure 5의 Graph 1).

**2. 동작②에 있어서 마커의 출현율**

동작②는 우측 상지를 옆으로 90도 올린 다음 180도 들어 올린 후 90도로 돌아오는 동작이다. 상지를 측면으로 올린 다음 위로 높이 올리는 동작에서는 어깨 부위에 부착한 Point 3 출현율이 약간 저하하였으며 편차도 상대적으로 크게 나타났다 (Figure 5의 Graph 2).

**3. 동작③에 있어서 마커의 출현율**

동작③은 우측 상지를 아래로 내린 다음 180도 위로 올린 후, 다시 아래로 내린 자세로 돌아오는 동작의 반복이다. 동작②와 동일하게 어깨부위의 Point 3 출현율이 약간 저하하는 경향을 나타내었다. 동작③에서는 완전히 상지를 아래로 내리기 때문에 출현율이 동작②보다 저하 정도가 낮게 나타났다 (Figure 5의 Graph 3).



Figure 4. The schedule of wearing test.

Table 3. Six Motions and Postures

동작내용	동작자세	템포
<p>동작① 오른팔을 아래로 내린 상태에서 옆으로 90도로 올린 후 아래로 내리는 동작을 반복함</p>		86
<p>동작② 오른팔을 옆으로 90도 올린 상태에서 180도로 들어 올린 후 90도로 돌아오는 동작을 반복함</p>		86
<p>동작③ 오른팔을 아래로 내린 상태에서 위로 180도로 들어 올린 다음 아래로 내리는 동작을 반복함</p>		60
<p>동작④ 양쪽 팔을 아래로 내린 상태에서 180도 앞으로 들어 올린 다음 아래로 내리는 동작을 반복함</p>		60
<p>동작⑤ 빗자루를 들고 오른쪽에서 왼쪽으로 쓰는 동작을 반복함</p>		60
<p>동작⑥ 오른손은 빗자루, 왼손은 쓰레받기를 잡고 쓰레받기에 쓰레기를 쓸어 담는 동작을 반복함</p>		60

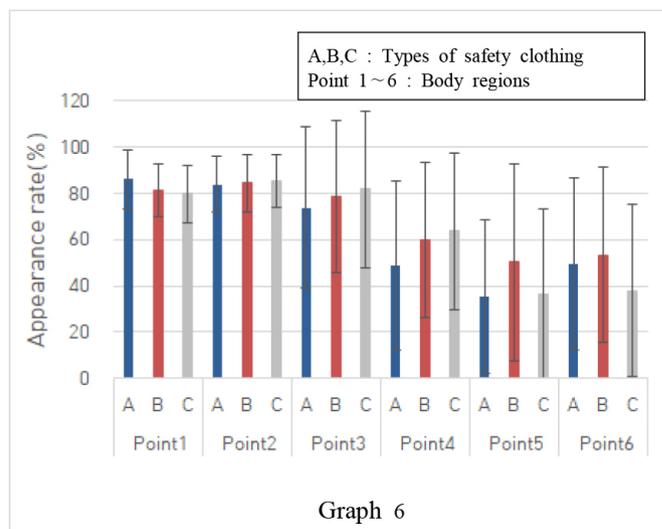
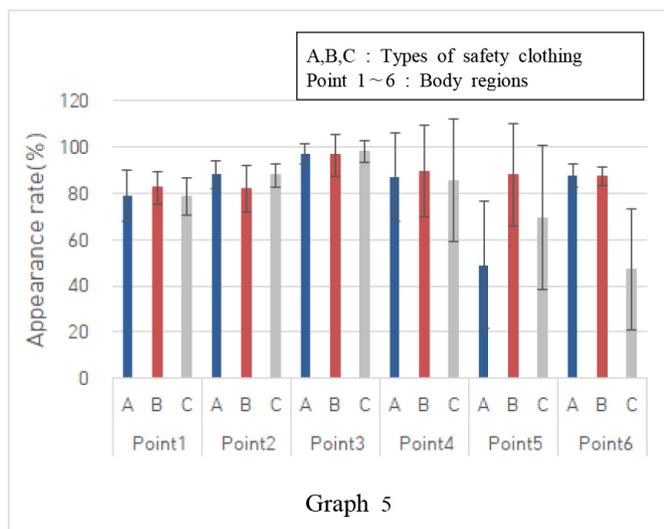
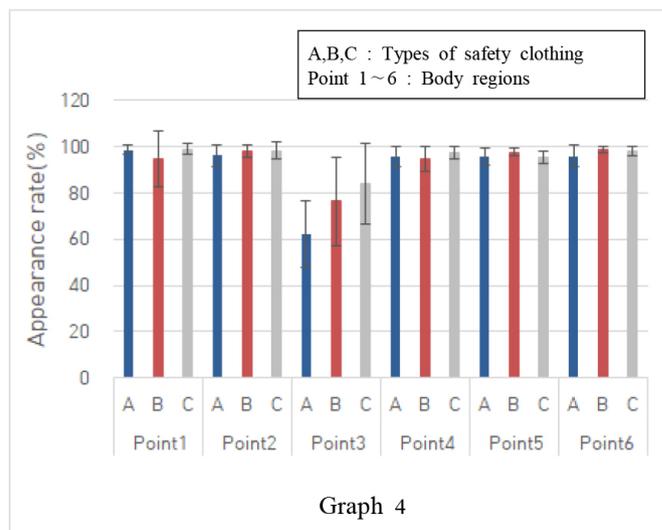
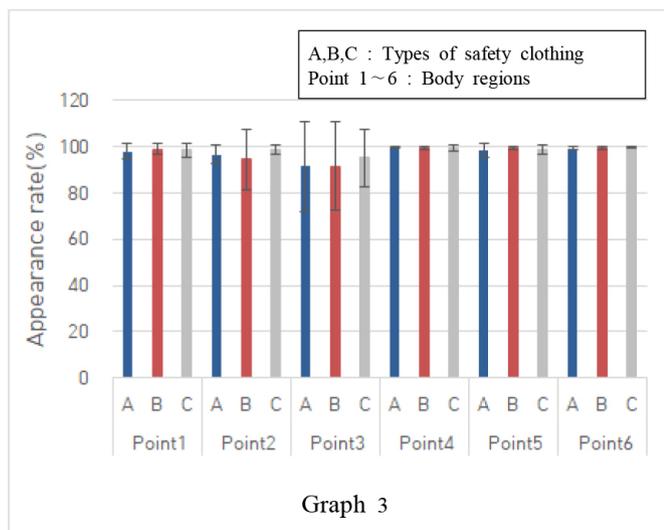
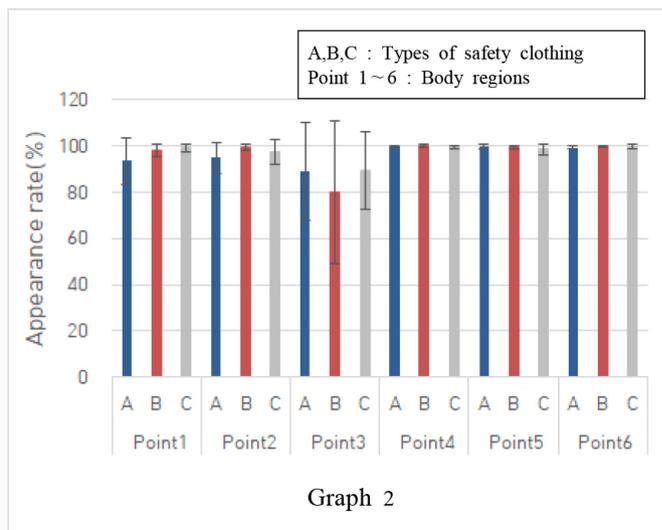
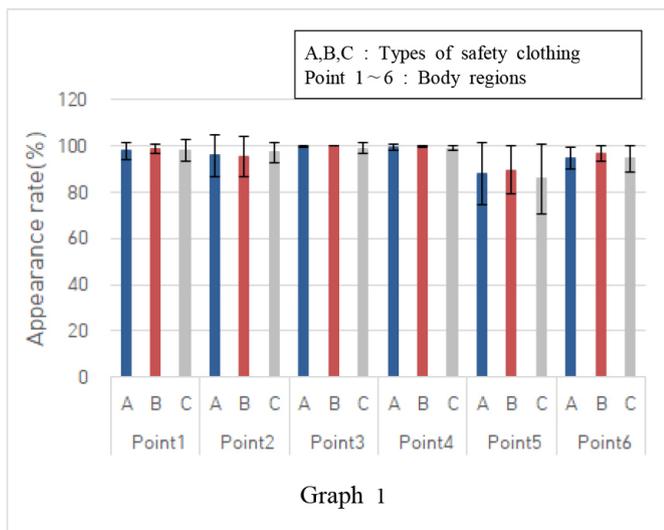


Figure 5. Difference in the appearance rate of points 1 to 6 during ①~⑥ motions.

**Table 4.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ①

동작① 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	98.18	3.53	8.645**
Point 2	18	96.04	7.20	
Point 3	18	99.50	1.49	
Point 4	18	99.24	1.03	
Point 5	18	87.70	12.40	
Point 6	18	95.18	4.60	

\*\*p<.01

**Table 5.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ②

동작② 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	96.83	6.31	4.974**
Point 2	18	97.00	5.04	
Point 3	18	86.12	22.53	
Point 4	18	99.57	0.71	
Point 5	18	99.10	1.54	
Point 6	18	99.43	0.70	

\*\*p<.01

**4. 동작④에 있어서 마커의 출현율**

동작④는 양팔을 아래로 내린 상태에서 앞으로 180도 올린 다음, 원 위치인 아래로 다시 돌아오는 동작이다. 상지를 앞으로 움직이는 동작④에서는 어깨부위의 Point 3 출현율이 A>B>C순으로 저하하였는데, 소매 폭이 넓고 길수록 상지를 올린 때에 어깨부위 마커가 가려지기 쉽다는 것을 알 수 있었다(Figure 5의 Graph 4).

**5. 동작⑤에 있어서 마커의 출현율**

동작⑤는 빗자루로 우측에서 좌측으로 비집는 동작이다. 상지만을 움직이는 동작①~④와 비교해서 동작⑤에서는 하지에 부착한 Point 1, 2 출현율이 저하하는 경향을 볼 수 있었고, 또한 빗자루를 든 손 부근의 높이에 있는 Point 5, 6의 출현율 저하 폭이 커짐을 보여주었으며 의복형태 간 차이도 대체로 확연히 드러남을 알 수 있었다(Figure 5의 Graph 5).

**6. 동작⑥에 있어서 마커의 출현율**

동작⑥은 오른손에 빗자루, 왼손에 쓰레받기를 들고 모은 쓰레기를 쓰레받기에 쓸어 담는 동작이다. 동작⑥에 있어서, 서 있을

**Table 6.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ③

동작③ 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	98.36	2.74	0.057
Point 2	18	96.56	7.78	
Point 3	18	92.61	16.25	
Point 4	18	99.42	0.94	
Point 5	18	99.48	2.00	
Point 6	18	97.54	0.65	

**Table 7.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ④

동작④ 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	97.25	7.06	21.262**
Point 2	18	97.39	3.72	Scheffe
Point 3	18	74.01	18.57	1 2 3 4 5 6
Point 4	18	95.99	4.30	1 *
Point 5	18	96.17	2.75	2 *
Point 6	18	97.52	3.11	3 * * * * *
				4 *
				5 *
				6 *

\*p<.05, \*\*p<.01

때는 가슴상부에서 허리부근에 부착한 Point 4, 5, 6이 포착되었으나, 상체를 구부린 후에는 그 부위가 완전히 가려진 상태가 되어 Point 4, 5, 6의 출현율이 현저히 저하하였고, 또한 빗자루의 움직임으로 인해 Point 1, 2의 출현율도 동작 ①~④와 비교하여 저하하는 경향을 나타내었다(Figure 5의 Graph 6).

이상의 동작을 촬영한 데이터의 3차원 동작분석 결과를 요약하면 ①~⑥동작의 동작조건 중에서, 상지를 180도 올리는 동작에서 어깨의 마커의 출현율이 저하함이 확연히 드러났고, 또한 몸통둘레 위에 붙인 마커는 피험자가 낮은 자세에서 상지를 움직이는 동작을 할 때 상체를 굽히거나, 쪼그린 자세에 의해 출현율이 저하하였으며, 특히 쪼그린 자세에서는 마커가 대부분 포착되지 않았다.

6가지 동작 시 3종류 실험복의 반사필름에 테이프를 부착한 위의 Point 1~6 부위별 적외선 반사 마커 출현율의 유의차를 검증하기 위해 ANOVA 분석을 한 결과를 Table 4~9에 제시하였다. 또한 종속변수끼리 즉, 부위 Point 1~6의 상호작용에 대한

**Table 8.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ⑤

동작⑤ 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	80.08	8.54	5.242**
Point 2	18	85.87	7.51	
Point 3	18	97.10	5.98	
Point 4	18	87.28	20.67	
Point 5	18	68.84	30.39	
Point 6	18	73.93	24.43	

\*\*p<.01

**Table 9.** Significant Difference in Appearance Rate by Body Regions during Motion ⑥

동작⑥ 시 마커의 출현율				
부위	N	M	SD	F value
Point 1	18	78.68	10.11	32.085**
Point 2	18	80.55	11.20	Scheffe
Point 3	18	81.73	33.05	1 2 3 4 5 6
Point 4	18	40.19	24.40	1 * * *
				2 * * *
				3 * * *
Point 5	18	18.79	20.52	4 * * *
				5 * * *
Point 6	18	24.59	24.73	6 * * *

\*p<.05, \*\*p<.01

유의차 검증을 하기 위하여 Scheffe 사후검정을 행하였다. 그 결과, 동작별 유의차가 나타남을 파악할 수 있었고, 의복별 차이는 3종을 모두 조끼를 기준으로 소매 부위를 제외한 공통 부위만 분석한 관계로 본 연구에서 의복별 차이를 분석하는 것은 부족한 부분이 있어 이후 연구에서 보충해야 할 사항으로 사료된다. 그러므로 동작별 마커의 출현율을 상세히 살펴보면 동작①을 실시하였을 때 부위별 유의차를 보였다(p<.01). ②번 동작 시에는 부위별 출현율의 유의차는 보였으나(p<.01), ①, ②번 동작 시 사후검정의 결과에서는 유의차가 나타나지 않았다(Table 4, 5).

③번 동작 시에는 부위별 출현율의 유의차가 유일하게 나타나지 않았다(Table 6). ④번 동작 시에도 부위별 유의차를 보였는데(p<.01), Scheffe 사후검정을 한 결과 Point 3과 Point 1, 2, 4, 5, 6 간에 유의차를 보여(Table 7) 즉, 어깨와 다른 5부위와의 상호 관련성에서 유의차가 나타남을 알 수 있었다.

⑤번 동작 시에도 부위별 출현율의 유의차는 보였으나(p<.01), 사후검정의 결과에서는 유의차가 나타나지 않았다

(Table 8). ⑥번 동작 시에는 부위별 유의차를 보였고(p<.01), Scheffe 사후검정을 한 결과 Point 1, 2, 3과 Point 4, 5, 6간 즉, 하지와 어깨 및 흉부 상부, 흉부, 허리 간의 상호작용에서 유의차를 보였다. 동작 중에서 ⑥번 동작 시에는 전체적으로 편차(SD)가 가장 크다는 것도 알 수 있었다(Table 9).

착의 시 동작분석에 관한 국내의 선행연구로는 ISO 20471 (2013) 안전의복 규정이 제시되기 이전에 재귀반사 소재를 활용한 아동복 연구로, 가시성 향상을 위해 재귀반사 소재의 적절한 부착 위치 파악에 관한 유일한 연구가 있다(Jung & Cho, 2006). 이 연구는 안전성을 목적으로 제작한 아동복의 가시성이 뛰어난 부위에 반사소재를 부착하고자, 위치, 동작별로 가시성이 뛰어난 인체부위를 파악하기 위해 연구자가 선정한 상의 9부위, 하의 5부위에 반사소재를 부착하여 제작한 실험복 착용실험을 5명의 아동이 직립, 걷기, 뛰기 3가지 동작 시 리커트의 5점 척도로 가시성을 평가한 연구이다. 그 결과, 상하의 모두 동작별로 유의한 차이를 보였고, 위치별로 가시성 평가 결과가 다르게 평가되었으며, 정면과 후면은 유사한 결과를 보였다. 이 연구는 국제표준 제시 이전의 연구로 어린이 안전의복 제작 시 반사소재 부착 부위를 연구자가 임의로 선정하였고, 실험 방법과 평가방법도 본 연구와는 판이한 연구이나 동작별, 부위별로 유의차를 보였다는 결과에서는 일치하였다. 현재로서는 국내외 의류학 분야의 동작분석에 관한 선행연구를 거의 찾을 수 없어, 이후 더 많은 연구가 진행되어 보다 많은 부위의 분석으로 적합한 반사소재 위치를 밝히려는 노력과, 심도 있는 고찰이 필요하다.

## 결론 및 제언

안전의복에 대한 국제표준이 제정된 이후 안전의복은 형광직물과 재귀반사 필름으로 구성된 고가시성 표준을 기반으로 현재 환경미화원이나 도로변 산업 종사자, 경찰관 등이 주로 착용하고 있다. 본 연구에서는 이 안전의복을 국제규격 3등급 수준으로 제작한 후, 안전의복 착용자가 작업을 할 때 의복에 부착된 재귀반사 소재의 위치를 검토하고, 작업이나 동작 시 의복의 종류와 작업자세에 따른 재귀반사 소재의 부착 부위를 면밀히 살펴 그 위치의 적합성을 파악하고자 3종의 실험복 착용실험으로, 적외선 반사 마커의 부위별 출현율의 차이를 평가하였다. 동작 분석을 위하여 제작한 안전의복 앞면의 재귀반사 필름 위에 6~10개의 적외선 반사 마커를 부착한 실험복을 피험자 6명이 착용하고 6가지 동작을 할 때 적외선 반사 마커의 움직임을 카메라로 촬영하였고

3차원 동작분석 시스템으로 분석하였다. 3가지 착의상태에서 6가지 동작 시 안장된 10초 동안, 적외선 반사 마커의 출현율로 재귀반사 소재의 부착 위치의 적합성을 분석하였다. 결과를 면밀히 분석하기 위해 6가지 동작에 따른 3종 실험복의 반사필름에 붙인 테이프 위 Point 1-6 부위에 부착한 부위별 마커 출현율의 유의차를 One-way ANOVA로 분석한 결과, 팔을 180도 올리는 동작을 제외한 5종류의 동작에서 유의차를 보였고( $p < .01$ ) 사후검증에 의한 유의차는 동작 ④, ⑥에서 나타났다. 상세히는 오른팔을 아래에서 옆으로 90도로 올리는 동작 시에는 의복의 종류와 관계없이 촬영한 무릎 아래, 무릎 위, 어깨, 어깨와 가슴 중간지점, 허리 출현율이 가장 높았고 흉부가 약간 저하하는 경향은 보였으나 큰 차이는 나타나지 않았다. 오른팔을 옆 90도에서 180도로 올리는 동작에서는 어깨의 출현율이 저하하였다. 오른팔을 180도로 들어 올리는 동작에서는 어깨의 출현율이 약간 저하하는 경향을 보였다. 양팔을 앞으로 180도로 들어 올리는 동작에서는 어깨 출현율이 A>B>C 순으로 현저히 감소함을 보여 주었다. 이상은 경찰관의 교통정리 동작 시물레이션 실험 결과로, 팔을 올릴 때 어깨부위 출현율이 저하함을 보여, 이는 소매 폭이 넓고 길수록 어깨의 마커 부분이 가려지기 쉽다는 것을 알 수 있었다. 환경미화원이 빗자루 질을 하여 쓰레기를 쓸어 모으는 동작에서는 출현율이 전체적으로 감소하는 경향을 보이며 특히 빗자루를 든 손 높이의 가슴과 허리부분의 감소율이 컸다. 미화원이 쓰레기를 담는 동작에서는 특히 어깨와 흉부 중간, 흉부, 허리가 가장 많이 감소하여 이 부위는 반사소재 부착에 있어 적합한 부위가 아님을 알 수 있었다. 즉 각각의 동작에서 감소율이 큰 부위일수록 반사소재를 부착하기 부적합한 부위임이 밝혀졌다. 결론적으로 상지를 들어 올리는 동작에서는 어깨가 가려져 재귀반사소재 부착 부위로 부적합하고, 허리를 굽히거나 쪼그리고 앉는 동작에서는 흉부 상부 이하 허리까지가 가려져 부적합한 부위로 드러났다. 따라서 안전의복 착용 작업자의 시인성을 높이기 위해서는 작업자의 움직임을 예상하고 재귀반사 소재의 부착 위치를 고려해야 하며, 의복의 주름이 잡히지 않는 부위에 재귀반사 소재를 부착하는 것이 바람직하다고 판단된다. 특히 야간작업복의 경우 반사소재의 출현율이 높은 부분에 세탁이 가능한 광섬유 등을 추가로 적용한다면 작업자의 교통사고 예방과 인명피해 감소에 한층 더 기여할 것이다.

본 연구는 연구방법에서 새로운 실험장치 적용과 분석방법에 착안하여 동작 시 적외선 반사 마커의 부위별 출현율의 차이를 분석하여 재귀반사 소재를 부착하기에 적합한 부위를 찾아내고자 시도한 점에 의의가 있다고 하겠다. 그러나 피험자수가 많지 않은

관계로 소매에 부착한 Point 7~10번 마커 출현율을 통계처리에 포함하지 못하여 실험복별 결과의 비교, 분석에 있어 신체 표출 범위가 축소된 부분을 보충할 필요가 있으며 그 연구는 이후 수행하는 방향으로 나아가고자 한다.

## Declaration of Conflicting Interests

The author declares no conflict of interest with respect to the authorship or publication of this article.

## Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry Education (2022R111A1A01053195)

## References

- Aoki, S, Park, S. J., & Sato, M. (2020, May). *Consideration of position of reflective material in high visibility safety clothing*. Poster session presented at the 72th Conference of *The Japan Society of Home Economics*, Takasaki, Japan.
- International Organization for Standardization (ISO) 20471. (2013). *High visibility clothing-Test methods and requirements*. Retrieve August 14, 2023, from <https://www.iso.org/standard>.
- Ishibashi, K, Imura, I, Akahoshi, Y, & Nakayama, S. (2015). Development and performance evaluation of safety-oriented clothing focused on hindrances for widespread use of reflective materials. *Japan Society of Kansei Engineering*, 14(4), 505-509. Doi: 10.5057/jjske. TJSKE-D-15-00067.
- Japanese National Standard (JIS T) 8127. (2015). *2015 High-visibility warning clothing*. Retrieve August 15, 2020, from <http://kikakurui.com/t8/T8127-2020-01>.
- Japan Safety Appliances Association. (2017). *JSAA: 2017 Standard for high-visibility safety clothing for general users*. Retrieve October 10, 2018 from [http://www.jsaa.or.jp/english/index\\_e.html](http://www.jsaa.or.jp/english/index_e.html).
- Japan Traffic Safety Education Association. (2016). *JATRAS: 2016 Standard for children's high-visibility safety clothing*. Retrieve October 10, 2018, from <http://www.jatras.or.jp/koushininsei2/index.html>.
- Jung, J. A., & Cho, J. S. (2006). Safety reflectors in children's Wear: -The

- proper position for improving visibility-. *Family and Environment Research*, 44(2), 93-101.
- Korean Agency for Technology and Standard. (2018). [KATS] 2018 Revised warning jacket appendix 16. Retrieve August 21, 2023, from <http://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=527&searchField=title&searchValue=안전조끼&ty=0&x=0&mode=view&page=1&cid=19181>.
- Korean Standards Service Network. (2016). KS K ISO 20471: 2016 High b visibility clothing-test methods and requirement, Appendix A.
- Korean Standards Service Network. (2016a). KS K ISO 13688. 2016 Physiological properties-moisture permeability and thermal resistance.
- Korean Standard Service Network. (2016b), KS K ISO 20471. High visibility clothing-test methods and requirement Appendix D.(가시성 의류디자인을 위한 지침).
- Lee, E. Y. (2020). A study on the design of a wearable solar energy harvesting device based on outdoor activities. *Journal of the Korea Society of Clothing and Textiles*, 44(6), 1224-1239.10.5850/JKSCT. <https://doi.org/10.5850/JKSCT.2020.44.6.1224>.
- Park, S. J. (2019). An evaluation of the suitability of fluorescent fabrics and retroreflective materials for road traffic warning clothing in compliance with international standards. *Fashion and Textiles, Open Access*, 6:34. <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0190-4>.
- Park, S. J., & Choi, C. W. (2018, November). A comparative analysis on properties of retroreflective materials for road traffic warning clothing. Poster presented at the Annual Conference of the International Textile and Apparel Association (ITAA), 106, Cleveland, USA.
- Park, S. J., Dempoya, A., Koshiba, T. (2020). Evaluation on wear sensation of safety clothing for current street cleaners. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 44(6), 1037-1052. <http://dx.doi.org/10.5850/JKSCT.2020.44.6.1037>.
- Park, S. J., & Jang, S. E. (2019, June). Design and making of children's road traffic safety clothing based on international standards. Poster presented at the Annual Conference of Korea Society for Emotional and Sensibility, Yosu, Korea.
- Park, S. J., Joung, J. Y., Moon, M. J. (2021). Development of prototype of the high-visibility smart safety vest applying optical fiber and energy harvesting. *Science of Emotion & Sensibility*, 24(2), 25-38, 2021. Doi: 10.14695/KJSOS.2021.24.2.3.25.
- Park, S. J., & Kim, S. W. (2020). Designing and fabricating of the high visibility smart safety clothing. *Science of Emotion & Sensibility*, 23(4), 105-116. <https://doi.org/10.14695/KJSOS.2020.23.4.105>.
- Park, S. J., Ko, D. J., & Jang S. E. (2023), Development and evaluation of children's smart photonic safety clothing. *Science of Emotion & Sensibility*, 26(2), 131-142, <https://doi.org/10.14695/KJSOS.2023.26.2.131>.
- Park, S. J., Ko, D. J., & Moon, M. J. (2023, June). Development of smart photonic safety work clothing for roadside workers. Poster presented at the Annual Conference of Korea Society for Emotional and Sensibility, Anyang, Korea.
- Park, S. J., & Ko, S. K. (2021). Development of safety clothing for sports and entertainment for adolescent. *Family & Environment Research*. 59(1), 83-97. <http://dx.doi.org/10.6115/fer.2021.007>
- Uno, T, Kita, T., Morimasa, K. (2019). Effects of body posture assumed during cleaning on work efficiency and lower limb kinematics. *Tokushima Technical high vocational school Bulletin*, 43. 29-33.