3D Pattern Development of Ergonomic Outdoor Pants Based on Skin Deformation in Trekking Postures

Heeran Lee[1], Yejin Lee[2], Kyunghi Hong[2*]

[1]Division of Convergence Technology, Korea Research Institute of Standards and Science

[2]Department of Clothing and Textiles, Chungnam National University

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to suggest design lines and patterns of 3D outdoor pants which is comfortable during movements. **Background:** Outdoor brands often use streamlined design lines to design high performance outdoor wear. Because slim-fit has larger contact area with the skin, sewing seams along the design line can cause discomfort or even restrict body movement when walking, climbing, or sitting for hours. To reduce such discomfort, we need to find the appropriate location for cutting lines that do not interfere with body movement when using diagonal sewing line for the streamline design. Also, 3D pattern development of ergonomic outdoor pants was developed. **Method:** We observed three-dimensional U-shape of the crotch and developed the 2D pants pattern of the optimal crotch curve which is closer to V-shape compared to the conventional pattern. To design ergonomic outdoor pants, we selected the design line where the changes in skin length were the least while moving based on the skin deformation mapping. And the inseam of upper part was removed to adjust the fabric to the pendulum movement of the thigh. In addition, stress distribution along the front crotch curve was investigated to facilitate the hip joint movement while maintaining appearance. **Results:** 3D outdoor pants without inseam was rated more comfortable ($p=0.024^{*}$) around the crotch compared to the 3D pattern with inseam. Appearance of the front of the pants was improved when 80 % of the stress was distributed near the point of error source. **Conclusion:** The sewing lines passing through the zone of least change is comfortable and 3D pants without inseam was rated more comfortable in trekking postures. **Application:** The skin deformation mapping for design lines and 3D arrangement methods can be applied to other functional clothing development.

Keywords: 3D pattern development, Ergonomic outdoor pants, 3D arrangement methods, Skin deformation, Trekking Posture

1. Introduction

여가 활용과 건강에 대한 소비자의 관심과 수요가 늘어나면서 최근 국내 아웃도어 시장은 급격한 성장세를 이루고 있다. 대다수의 아웃도어 브랜드는 슬림한 실루엣을 원하는 소비자의 요구에 맞춰 스트레치 소재와 유선형의 절개 라인을 접목하여 스타일리쉬한 제품들을 매 시즌 개발하고 있다(Kim and Ha, 2012). 브랜드의 급격한 성장과 함께 이와 관련된 연구도 활발하게 이루어지고 있는데(Im et al., 2011; Jeong and Kim, 2009; Bae, 2011), 유선형의 디자인 절개 라인의 적합성을 확인하거나 동작 시 가동 범위를 고려한 패턴 개발(Ashdown & choi, 2010)에 관한 연구는 상대적으로 많지 않다. 특히 팬츠의 경우 인체 샅부위에 대한 정확한 분석이 패턴 설계 시 필요하지만, 인체의 샅부위는 3D 스캔이 쉽지 않기 때문에 이에 대한 정확한 분석 연구가 거의 없으며 3D 누드 스캔 정보를 반영하여 개발된 아웃도어 팬츠의 패턴 연구는 부족하다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 하체의 다양한 트랙킹 동작 시 인체 동작을 거스르게 하지 않는 기능적 3D 아웃도어 팬츠의 디자인 라인과 패턴을 제안하고자 하였다.

2. Method

동작에 따른 30대 초반 남성 하체의 체표면 변화 맵핑 결과(Lee et al., 2013)를 활용하여 인간공학적인 아웃도어 팬츠 디자인 라인을 제안하고자 하였다. 제안된 디자인 라인의 적절성을 확인하기 위하여 트랙킹 동작 시 체표면 길이변화를 분석하였다.

선정된 유선형의 디자인 라인이 반영된 아웃도어 팬츠 패턴을 설계하기 위하여 3차원 데이터를 2차원으로 전개 및 조합하였다. 조합 시 발생되는 겹침과 벌림 현상을 3가지 방법으로 배분하여 무릎 위로 인심이 없는 3벌의 팬츠 패턴($P_{100\text{-}c}$, $P_{100\text{-}cfb}$, $P_{80\text{-}cf}$)을 설계하였다. 3차원 데이터를 2차원 패턴으로 전개 및 조합하기 위하여 2C-AN Program(Kim et al., 2010; Jeong et al., 2006), Yuka CAD Program, Rapidform XOR Program을 사용하였다.

인심(inseam)에 부분적으로 봉제선을 없앤 3차원 연구 팬츠 패턴(3D-P) 3벌, 인심에 봉제 라인이 있는 3차원 팬츠 패턴(3D-I), 기존 2차원 팬츠 패턴(2D) 총 5벌의 팬츠를 제작하였다. 5명의 피험자에게 착용시킨 후 동작 시의 착용 쾌적감에 대한 주관적인 평가와 5명의 전문가집단에 의한 외관평가를 실시하였다. 피험자는 제 6차 한국인 인체치수조사 보고서(Size Korea Home Page, 2012)의 30대 초반 평균 치수를 기준으로 선정하였으며, 피험자의 배꼽수준 허리높이부터 살 부분까지 높이, 배꼽수준 허리둘레, 엉덩이 둘레를 중점적으로 선정하였다. 팬츠에 대한 착용감 평가는 등산이나 트랙킹을 할때 많이 사용되는 7가지 동작을 각각 5회씩 실시한 후 허리와 살부분, 허벅지 부분에 구속감이나 불편함이 있는지 봉제선이 느껴지는지를 리커트 11점 척도로 평가하였다.

착용시의 외관평가는 의류분야의 전문가 5명에게 실시하였으며, 피험자들이 착용한 팬츠의 정면, 측면, 후면을 각각 평가하였다. 이때 평가하는 부분을 엉덩이 둘레 윗부분(1-zone)과 엉덩이둘레 아래 부분(2-zone), 전체적인 외관으로 나누어 리커트 11점 척도로 평가하였다.

3. Results

3.1 The verification of ergonomic design line for 3D outdoor pants

체표면 변화 맵핑 결과(Lee et al., 2013) 활용하여 Figure 1에서 보는 바와 같이 동작 시 가로·세로의 길이 변화가 없는 영역을 지나도록 디자인 라인을 선정하였으며, 가로와 세로방향으로 모두 늘어나는 영역은 피하여 선정하였다. 허벅지 안쪽 부분에서는 동작에 따라 변화하지 않는 영역을 봉제 라인으로 선정하기가 어려워 인심(inseam) 부분에 봉제를 없앤 패턴을 제안하였다. 동작에 따른 체표면 변화를 고려한 인간공학적인 팬츠 디자인 라인을 Figure 2에서 보는 바와 같이 제안하였으며, 디자인 라인의 적절성을 확인하기 위하여 트랙킹 동작(한쪽 다리를 90도 올렸을 때와 쪼그리고 앉은 자세)시 디자인 라인의 길이변화를 분석하였다(Table 1).

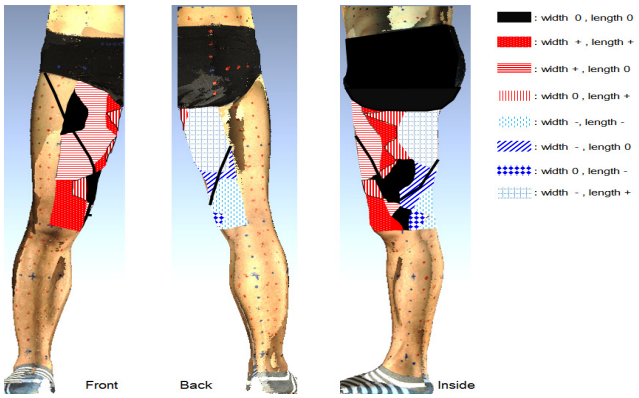


Figure 1. 3D design lines based on the mapping of skin deformation of knee flexion

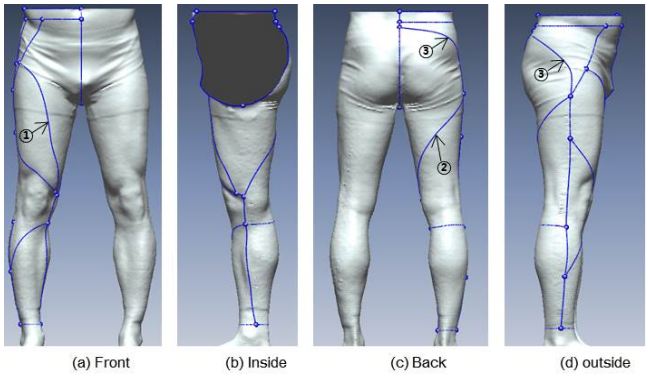


Figure 2. Ergonomic design lines of pants

선정된 디자인 라인 중 인체에 밀착되어 동작 시 불편함을 줄 수 있는 라인(Figure 2 ①~③)의 길이 변화 분석한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 길이 변화가 거의 없거나 줄어들어 착용시 불편함을 주지 않음을 확인하였다.

Table 1. length deformation of design lines depending on location and the dynamic postures

Posture \ Design line	1	2	3
Standing	38.8 ㎝	47.5 ㎝	31.0 ㎝
90° bending knee	33.1 ㎝	47.8 ㎝	30.7 ㎝
ΔP1	-14.5 %	0.7 %	-1.3 %
Squatting-down	36.0 ㎝	48.4 ㎝	28.2 ㎝
ΔP2	-7.1 %	1.8 %	-9.2 %

ΔP1(%): (90° bending knee - standing) / standing x 100
ΔP2(%):(squatting-down - standing) / standing x 100

3.2 Pattern development of 3D outdoor pants

30대 체형에 적합한 3차원 기능성 아웃도어 팬츠 패턴을 개발하기 위하여 Size Korea 30대 표준체형의 3차원 인체 데이터를 사용하여 선정된 디자인 라인의 형태로 3차원 인체 데이터를 2차원 패턴으로 전개 하였으며, 전개된 2차원 팬츠 패턴은 Figure 3과 같다.

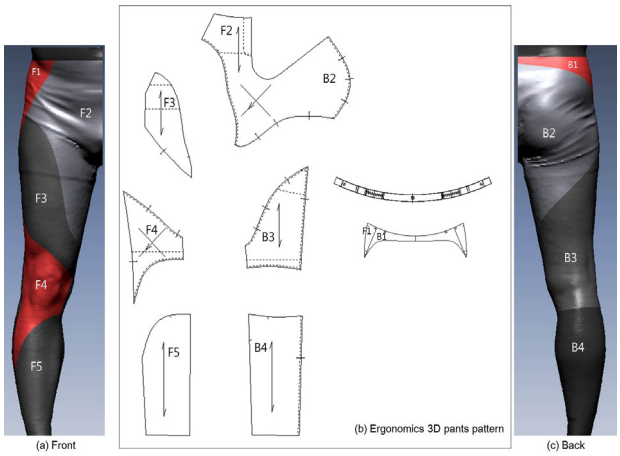


Figure 3. Design lines on 3D human body and their developed outdoor pants pattern for male

3차원 데이터를 2차원 패턴으로 전개할 때 허벅지 안쪽 부분의 인심을 없애는 과정에서 앞 샅 부분에서 겹침이 발생하게 된다. 겹쳐지는 양을 배분하는 방법에 따라 1) 겹쳐지는 양을 모두 앞판과 뒤판이 연결되는 샅 부분에서 주는 방법(P_{100-c}), 2) 겹쳐지는 양을 모두 앞, 뒤, 샅 부분에 골고루 주는 방법($P_{100-cfb}$), 3) 겹쳐지는 양의 80%만을 겹침이 발생한 앞 부분과 샅 부분에 나누어 주는 방법(P_{80-cf})으로 세가지 팬츠 패턴을 제안하였다(Figure 4), 인심 유무에 따른 3차원 패턴의 착용감을 평가하기 위하여 인심이 있는 3차원 팬츠 패턴과 여유분이 없는 2차원 팬츠 패턴으로 비교 팬츠를 제작하였다.

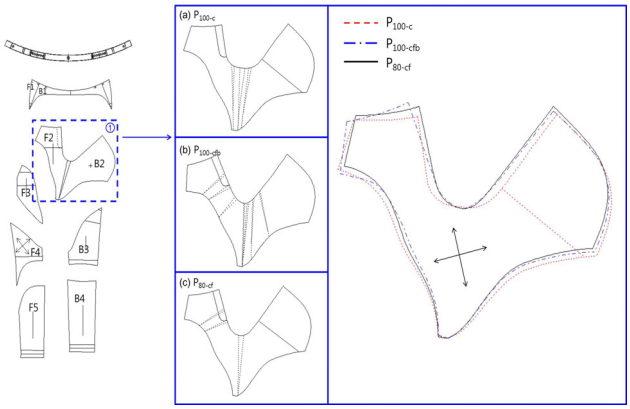


Figure 4. Pants patterns depending on replica arrangement methods

3.3 Evaluation of developed outdoor pants pattern

개발된 아웃도어 팬츠에 대한 평가는 착의를 통한 운동기능성 평가와 전문가 집단에 의한 외관평가로 나누어 진행하였다. 개발된 아웃도어 팬츠와 비교 팬츠 총 5벌을 피험자 5명에게 착의시켰으며, 실험복을 착용한 상태에서 다양한 트랙킹 동작(7동작)을 실시한 후 부위별 주관적 평가를 실시하였다. 동작 시 허리 부분, 샅 부분, 허벅지 부분에서의 불편함을 살펴본 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 인심이 있는 팬츠(3D−I_{100} & 2D)의 경우 샅 뒷부분과 허벅지 뒷부분에서 불편함이 크게 나타났다(p=.024, p=.004). 또한 전체적인 착용 쾌적감은 개발된 인심 없는 3차원 팬츠가 우수함을 알 수 있었다(p=.000).

개발된 팬츠의 외관평가는 전문가 5명에게 실시하였으며, 정면(front), 측면(side), 후면(back) 세 방향에서 평가하였다. 외관평가 시 피트존(Fit−zone: 엉덩이 둘레 윗부분)과 액션존(Action−zone: 엉덩이 둘레 아래 부분) 두 부분으로 나누어 평가하였다. 외관평가 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 모든 부위에서 유의한 차이를 보였다(p=.001). 정면과 후면의 외관을 살펴본 결과 1−zone과 2−zone 모두 P_{80-cf} 의복의 외관이 좋게 나타났으며, 측면의 외관을 살펴본 결과 P_{100-c} 의복의 외관이 나쁘게 나타났다.

개발된 팬츠 패턴에 대한 주관적 평가 결과 P_{80-cf} 방법으로 조합된 인심 없는 3차원 팬츠 패턴이 동작과 외관에서 모두 우수하게 나타남을 알 수 있었다.

Table 2. Average and standard deviation of subjective evaluation depending on experimental pants

		3D ($P_{80\text{-}cf}$)	3D ($P_{100\text{-}c}$)	3D ($P_{100\text{-}cfb}$)	3D (I_{100})	2D	F	P	Duncan
Crotch (back)	Mean (SD)	0.6^{a} (±1.3)	0.8^{a} (±1.8)	0.6^{a} (±1.3)	$3.8^{a,b}$ (±3.6)	5.5^{b} (±3.7)	3.597	$.024^{*}$	a>b
Thigh (back)	Mean (SD)	1.8^{a} (±2.7)	1.0^{a} (±2.2)	2.0^{a} (±3.1)	4.2^{b} (±3.8)	5.8^{b} (±4.3)	5.497	$.004^{**}$	a>b
Comfortable	Mean (SD)	6.6^{a} (±0.5)	5.6^{a} (±1.1)	6.8^{a} (±1.3)	3.8^{b} (±0.8)	3.3^{b} (±1.3)	11.036	$.000^{***}$	a>b

Table 3. Subjective evaluation of appearance for five pants in three zones: front, side and back

		$P_{80\text{-}cf}$	$P_{100\text{-}c}$	$P_{100\text{-}cfb}$	$I_{100}(V_{100})$	2D-U	F	P	Duncan
front 1-zone	Mean (SD)	8.3^{a} (1.9)	5.4^{b} (2.1)	5.5^{b} (2.0)	5.5^{b} (1.5)	5.8^{b} (2.0)	8.384	$.000^{***}$	a>b
front 2-zone	Mean (SD)	8.8^{a} (1.4)	6.3^{b} (1.8)	6.0^{b} (2.1)	5.3^{bc} (1.7)	4.4^{c} (1.7)	18.301	$.000^{***}$	a>b>c
Side 1-zone	Mean (SD)	6.1^{a} (1.9)	3.3^{b} (1.5)	7.0^{a} (1.9)	6.1^{a} (2.3)	6.5^{a} (2.4)	9.993	$.000^{***}$	a>b
Side 2-zone	Mean (SD)	5.5^{bc} (2.4)	3.6^{d} (2.1)	7.1^{a} (1.8)	4.3^{cd} (1.9)	6.5^{ab} (2.1)	9.919	$.000^{***}$	a>b>c>d
Back 1-zone	Mean (SD)	8.3^{a} (1.7)	4.8^{cd} (2.0)	5.5^{bc} (1.9)	4.2^{d} (1.6)	6.7^{b} (2.3)	14.569	$.000^{***}$	a>b>c>d
Back 2-zone	Mean (SD)	7.3^{a} (2.3)	4.7^{b} (2.8)	5.1^{b} (2.0)	3.0^{c} (2.4)	3.8^{bc} (1.9)	10.239	$.000^{***}$	a>b>c

4. Conclusion

본 연구를 통해 소재의 늘어나는 특성을 고려하여 허벅지 안쪽 부분의 봉제선(inseam)을 없앰으로써 좀 더 넓은 면적의 소재가 변형에 더욱 자유롭게 대응하도록 함으로써 동작이 편한 기능적인 팬츠 패턴을 제안하였다. 또한 관찰하기 어려운 남성 살부분에 대한 3차원 실측을 통하여 여유분이나 겹침에 의한 스트레스의 합리적인 처리를 단순한 외곽라인이 아닌 내부에서 그 중 해당되는 국소부분에서부터 해결하는 조합방법을 제안하고 검증하였다. 그러나 본 연구에서는 30대 한 명의 피험자를 대상으로 가로와 세로 방향의 길이 변화를 관찰한 맵핑 결과를 사용하였는데, 더 많은 피험자를 대상으로 인체 체표면을 관찰하여 일반화로의 적용이 가능하도록 해야 할 것이다. 또한, 여성 팬츠에 적용될 경우 남성 팬츠에 비해 인체에 더 밀착되는 것을 선호하므로 신축성 소재의 도입과 함께 여유분 설정에 관한 연구가 검토되어야 할 것이다.

Acknowledgements

This work was funded by Center Pole of Sejung Corporation.

References

Ashdown, S. P. and Choi, S. T., Application of Lower Body Girth

Change Analysis Using 3D Body Scanning to Pants Patterns, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(6), 955-968, 2010.

Kim, S. Y., Jeong, Y. H., Lee, Y. J. and Hong, K. H., 3D pattern development of tight-fitting dress for an asymmetrical female manikin, *Fibers and Polymers,* 11(1), 142-146, 2010.

Kim, I. and Ha, J. S., A Study on Design Characteristics in Outdoor Wear, *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 12(1), 93-109, 2012.

Lee, H. R., Hong, K. H. and Lee, Y. J., Ergonomic mapping of skin deformation in dynamic postures to provide fundamental data for functional design lines of outdoor pants, *Proceedings of the International Textiles Conference*, p83, EXCO, Daegu, Korea, 2013.

Jeong, Y. H., Hong, K. H. and Kim, S. J., 3D pattern construction and its application to tight-fitting garments for comfortable pressure sensation, *Fibers and Polymers,* 7(2), 195-202, 2006.

Im, M. J., Seo, M. J., Park, J. Y. and Kim, Y. I., Development of the Design Prototype for Functional Men`s Outdoor-Wear Jacket, *Journal of the Korean Society of Costume*, 61(4), 152-168, 2011.

Jeong, J. R. and Kim, H. E., Evaluation of the Wear Comfort of Outdoorwear by Skin Wettedness Analyses, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 11(6), 947-952, 2009.

Bae, J. M., A Study on Development of Out-door Wear Design to Respond to the Climate and Environment: Focus on the design in collections after the year 2000, *Journal of the Korean Society of Costume*, 61(7), 101-109, 2011.

Size Korea Home Page, http://sizekorea.kats.go.kr (retrieved March 1, 2012).

Author listings

Heeran Lee: heeranlee@kriss.re.kr

Highest degree: PhD, Department of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Position title: Senior Researcher, Division of Convergence Technology, Korea Research Institute of Standards and Science

Areas of interest: 3D measurement, Clothing Ergonomics, 3D Pattern Making, Functional Clothing, Sportswear

Yejin Lee: yejin@cnu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Position title: Professor, Department of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Areas of interest: Technical Pattern Development, Apparel Technology

Kyunghi Hong: khhong@cnu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Clothing & Textiles, University of Maryland

Position title: Professor, Department of Clothing & Textiles, Chungnam National University

Areas of interest: Clothing Comfort and Ergonomics