



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의류학박사 학위논문

동적 자세를 반영한 파라메트릭  
의복 패턴 설계 기법 개발

Development of Parametric Garment Pattern  
Design Method Reflecting Dynamic Posture

2023년 8월

서울대학교 대학원

의류학과

강영훈

# 동적 자세를 반영한 파라메트릭 의복 패턴 설계 기법 개발

지도교수 김 성 민

이 논문을 의류학박사 학위논문으로 제출함  
2023년 4월

서울대학교 대학원  
의류학과  
강 영 훈

강영훈의 박사 학위논문을 인준함  
2023년 7월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 이 주 영 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 김 주 연 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 송 화 경 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 전 재 훈 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 김 성 민 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문초록

본 연구에서는 개인의 인체 치수에 따라 패턴의 형태를 자동으로 수정하는 파라메트릭 기법을 이용한 의복 패턴 디자인 기법을 개발하였다. 파라메트릭 디자인의 원리는 액션 리스트를 통해 점, 선, 패턴을 정의하거나 다양한 기하학적 조건을 적용하는 것이다. 또한, 의복 패턴 구성 시 필요한 다투 조작, 시접, 길이 조절 등 파라메트릭 패턴의 효율적인 정의를 위한 다양한 기능이 개발되었다.

인체 동작으로 인한 맞음새 문제를 해결하기 위해 3차원 스캐닝 기술을 사용하여 인체 형상의 동적 변화를 분석하였다. 이십대 남성 열두 명을 대상으로 여섯 가지 동작을 수행하면서 3차원 스캔하였고, 동적 자세에 따라 변화하는 인체 치수와 인체 형상을 비교 분석하였다. 인체 단면 분석을 위해 의복 사이즈 체계의 기준인 가슴, 허리, 엉덩이를 선정하였으며, 단면 형상을 사분면으로 나누어 형상 변화를 체계적으로 분석하였다.

동적 자세에 따른 인체 형상 변화를 파라메트릭 의복 패턴 시스템에 통합하는 방법이 개발되었다. 첫 번째 방법은 모든 자세에서 얻은 인체 치수를 평균화하고 이를 파라메트릭 의복 패턴 시스템에 통합하는 것이다. 두 번째 방법은 개인의 동적 자세별 인체 치수를 반영하는 것이다. 이 방법은 각 특정 동작에 대한 의복 패턴을 생성할 때 유용하게 사용될 수 있다. 세 번째 방법은 동작의

중요도에 따라 특정 자세의 인체 치수에 가중치를 부여하여 반영하는 것이다. 이 방법은 더 중요한 움직임과 덜 중요한 움직임을 구별할 필요가 있을 때 사용된다.

본 연구는 동적 자세에 따른 인체 형상 변화를 분석하고 이를 파라메트릭 패턴 설계 시스템에 반영한 연구이다. 동작에 따른 인체 형상 변화를 다방면으로 살펴보았으며, 이를 의복 패턴에 손쉽게 반영할 수 있는 파라메트릭 패턴 설계 기법을 개발하였다는 것에 의의가 있다. 본 연구의 결과는 동적 자세에 따른 인체 형상 분석을 위한 기초자료로써 사용될 수 있을 것이며, 동적 자세를 반영한 새로운 사이즈 체계 개발에도 기여할 것으로 기대된다.

**주요어** : 동적 자세, 의복 패턴, 개인 맞춤, 3차원 스캔, 파라메트릭 패턴, 인간공학 디자인

**학 번** : 2019-30453

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 필요성 .....	1
제 2 절 연구의 목적 .....	4
제 2 장 이론적 배경 .....	5
제 1 절 파라메트릭 패턴 설계 .....	5
제 2 절 3차원 스캐너를 활용한 동적 자세 인체 데이터 분석 .....	8
제 3 절 동적 자세를 반영한 의복 패턴 설계 .....	12
1. 인체 치수 변화와 패턴의 관계 .....	13
2. 인체 표면 변화와 패턴의 관계 .....	15
제 3 장 연구 방법 .....	18
제 1 절 파라메트릭 패턴 설계 시스템 개발 .....	18
1. 파라메트릭 패턴 설계 시스템 .....	18
2. 파라메트릭 패턴 디자인 원리 .....	19
3. 자동 지오메트리 조작 .....	23
제 2 절 3차원 인체 측정 .....	30
1. 3차원 인체 측정 장비 .....	30
2. 피험자 .....	30
3. 3차원 인체 측정 자세 .....	31

4. 직접측정과 3차원 측정의 측정항목 .....	34
5. 3차원 스캔 데이터 보정 .....	38
6. 3차원 스캔 데이터 치수 분석 .....	39
7. 3차원 스캔 데이터 단면 분석 .....	39
<b>제 3 절 동적 자세를 반영한 패턴 제작 .....</b>	<b>42</b>
1. 모든 자세 인체 치수 균등 반영 .....	42
2. 개별 자세 인체 치수 반영 .....	43
3. 자세별 가중치를 적용한 인체 치수 반영 .....	43
<b>제 4 절 시뮬레이션을 통한 맞춤새 비교 .....</b>	<b>44</b>
<b>제 4 장 연구 결과 및 고찰 .....</b>	<b>47</b>
<b>제 1 절 파라메트릭 패턴 설계 시스템 개발 .....</b>	<b>47</b>
1. 프로그램 개요 .....	48
2. 파라메트릭 패턴 생성 .....	48
3. 파라메트릭 패턴 변형 예시 .....	49
<b>제 2 절 3차원 인체 스캔 데이터 분석 .....</b>	<b>53</b>
1. 직접측정치와 3차원 측정 결과 비교 .....	53
2. 정적 자세와 동적 자세 간의 치수 변화 .....	57
3. 동적 자세 단면 변화 .....	69
<b>제 3 절 동적 자세를 반영한 파라메트릭 패턴 .....</b>	<b>80</b>
1. 파라메트릭 패턴 시스템의 동적 데이터 적용 .....	80
<b>제 4 절 동적 자세를 반영한 패턴의 맞춤새 비교 .....</b>	<b>85</b>
1. 모든 자세 인체 치수 균등 반영 .....	85
2. 개별 자세 인체 치수 반영 .....	89
3. 자세별 가중치를 이용한 인체 치수 반영 .....	89

제 5 장 결론 및 제언 ..... 92

제 1 절 연구 결과 요약 및 연구 의의 ..... 92

제 2 절 연구의 한계 및 제언 ..... 94

참고문헌 ..... 96

Abstract ..... 103



## 표 목 차

[Table 1] Examples of point definition .....	20
[Table 2] Anthropometric measurements .....	35
[Table 3] Representative body size data set .....	46
[Table 4] Anthropometric dimensions of the overlapped pattern .....	50
[Table 5] Example of extreme body size data .....	51
[Table 6] Comparison between direct and 3-dimensional body measurements .....	55
[Table 7] Dimensional changes between static and dynamic postures - height .....	59
[Table 8] Dimensional changes between static and dynamic postures - length .....	62
[Table 9] Dimensional changes between static and dynamic postures - circumference .....	66
[Table 10] Dimensional changes between static and dynamic postures - breadth and depth .....	68
[Table 11] Comparison of chest cross sections .....	75
[Table 12] Comparison of waist cross sections .....	75
[Table 13] Comparison of hip cross sections .....	76

## 그림 목 차

[Figure 1] Example of interactive point definition .....	22
[Figure 2] Schematic diagram of free point definition ....	23
[Figure 3] Schematic diagram of corner angle modification .....	24
[Figure 4] Cut line generation .....	25
[Figure 5] One dart truing algorithm .....	26
[Figure 6] Two darts truing algorithm .....	27
[Figure 7] Curve length optimization .....	28
[Figure 8] User interface for line length adjustment .....	29
[Figure 9] Three-dimensional scanning posture .....	33
[Figure 10] Anthropometric measurement locations .....	37
[Figure 11] Three-dimensional body data .....	38
[Figure 12] Measurement at body cross section .....	40
[Figure 13] Overview of body section analysis software	41
[Figure 14] Example pattern (shirt, slacks) .....	45
[Figure 15] Overview of parametric pattern design software .....	47
[Figure 16] Parametric pattern design process .....	49
[Figure 17] Examples of parametric overlapped pattern ·	50
[Figure 18] Examples of parametric extreme pattern .....	51
[Figure 19] Cross sections of body circumference .....	70
[Figure 20] Comparison of chest cross section areas .....	77

[Figure 21] Comparison of waist cross-section areas .....	78
[Figure 22] Comparison of hip cross-section areas .....	79
[Figure 23] Example of averaged pattern variation .....	82
[Figure 24] Example of individual posture pattern variation .....	83
[Figure 25] Example of weighted pattern variation .....	84
[Figure 26] Simulation of averaged pattern .....	86
[Figure 27] Averaged pattern strain map .....	87
[Figure 28] Averaged pattern stress map .....	88
[Figure 29] Simulation of individual posture pattern .....	90
[Figure 30] Simulation of weighted pattern .....	91

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 필요성

산업 전반에 걸친 다양한 신기술과 신소재의 개발에 힘입어 의류산업도 기술 집약적, 정보 집약적 산업으로 발전하고 있다. 이러한 흐름은 특히 의복 설계와 생산 분야의 혁신을 필요로 한다.

세분화된 소비자의 요구를 만족시키기 위해서는 기업 중심의 대량 생산 시스템보다는 소비자 중심의 생산이 필요하다. 또한 환경 문제와 자원 낭비에 대한 경각심이 나날이 증가하면서, 의류산업은 소비자 중심인 동시에 지속가능한 친환경 산업으로 변화해야 할 필요성이 있다. 그러나 아직도 많은 기업은 효율성을 중시하는 대량 생산 방식을 유지하고 있다. 대량 생산 방식에서 의복 패턴 개발은 평균 사이즈로 패턴을 제작하고 그레이딩 공정을 통해 패턴 크기를 변형하는 방법으로 이루어진다. 이 방법은 사이즈 그레이딩 편차가 적절한지 확인하는 가봉 등의 과정을 여러 차례 거쳐야하기 때문에 상당한 시간과 자원의 낭비를 유발한다. 또한 다양한 사이즈 수요에 빠르게 대응하기 위해 캐드 시스템의 그레이딩 기능에만 의존하다가 의복 맞춤새에 문제가 생기는 경우가 발생할 수 있다. 이는 해당 제품의 전량 폐기로 이어질 수 있기 때문에 자원 낭비는 물론 심각한 환경오염을 일으킬 수도 있다.

인간공학적 설계를 위한 방법 중 하나인 파라메트릭 설계는 매개변수를 이용해서 결과물의 형태를 자유롭게 변경하는 기법이다(Liu et al., 2019; Harwood et al., 2020). 파라메트릭 설계는 의복 패턴 개발에도 적

용될 수 있는데, 인체 치수를 매개변수로 사용하여 의복 패턴을 설계하면, 인체 치수의 변화에 따라 의복 패턴을 자동으로 변형할 수 있다. 따라서 파라메트릭 의복 패턴 설계 기법은 1대 1 맞춤 생산 혹은 대량 맞춤 생산에 사용할 수 있다. 개개인의 인체 치수를 사용하여 패턴을 설계할 수 있기 때문에 소비자 중심인 동시에 환경을 고려하는 지속가능한 의복 설계 기법으로 활용될 수 있다.

그러나, 파라메트릭 의복 패턴 설계 기법을 활용하여 개인 맞춤형 의복 패턴을 제작한다고 하더라도 인체 동작으로 인한 인체 형상의 변화로 인해 맞음새와 착용감이 변화할 수도 있다. 물론 의복에는 어느 정도의 형태적 여유량이 존재하며, 인체 동작으로 인한 형태 변화 등을 일정 부분 상쇄할 수 있다. 그러나 일반적으로 정적인 자세인 인체측정학적 선 자세에서 측정된 인체 치수를 기준으로 만들어진 패턴은 착용자의 동작에 따른 체형 변화를 상쇄하는데 한계가 있기 마련이다. 특히 군복, 작업복, 방호복 등 특수한 상황에서 착용하는 의복의 경우 이러한 문제는 작업자의 작업 능력과 안전상의 문제로 이어질 수도 있다.

따라서, 인체 동작에 따른 인체 형상의 변화를 분석하고 이를 파라메트릭 의복 패턴 설계 기법에 적용할 필요가 있다. 인체 관절과 근육의 움직임은 체표면을 변화시키며, 피부의 신장과 수축은 동작의 종류와 인체의 부위에 따라 다르게 나타난다(Lee et al., 2002). 착용자의 작업 및 활동으로 인해 발생하는 인체 형상 변화에 의한 의복의 동적 맞음새 저하 문제를 해결하기 위해서는 의복 패턴에 인체의 동적인 변형 특성을 반영할 필요가 있다(Morlock et al., 2019). 동작에 따라 변화하는 인체 형상을 분석하기 위해 3차원 스캐너를 사용하면 인체 치수 뿐만 아니라 다양한 인체 형상 정보를 얻을 수 있기 때문에 개인의 신체적 특성을 의복과 장비에 적극적으로 반영한 인간공학적 설계가 가능해진다.

기본자세와 동적 자세 사이의 인체 치수의 변화량과 체표면의 변화를 조사하는 다양한 연구가 있으나, 직접측정법이나, 석고붕대법, 사진측정법과 같은 간접측정법은 인체 데이터의 활용도와 연구의 확장성이 떨어진다. 이는 한계가 존재하였다(Jeong, 2008; Bragança et al., 2017; Tama & Öndoğan, 2020). 최근 보급이 확대되고 있는 3차원 인체 스캐너를 이용하면 인체 치수와 체표면 형상을 쉽게 얻을 수 있어 이를 활용한 연구가 지속되고 있다. 그러나 많은 경우 인체 치수나 체표면의 변화를 분석하거나 한 두 복종의 패턴을 개발하는 것에 그치고 있으며 동작에 따른 인체 형상 변화를 다양한 의복 패턴에 적용하는 단계까지는 이어지지 못하고 있다(Morlock et al., 2019; Klepser & Morlock, 2020).

특히 신축성 직물을 사용할 수 없는 복종의 경우에는 의복 패턴 자체를 동작성을 고려하여 설계할 필요가 있다. 인체 동작으로 인한 변형을 흡수하기 위해 단순히 사이즈가 큰 의복을 착용할 경우에는 작업 능률 저하나 안전상의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 파라메트릭 의복 패턴에 동적 자세를 반영하는 방법을 개발할 필요가 있다.

## 제 2 절 연구의 목적

본 연구의 목적은 다양한 복종의 의복 패턴에 동적 자세를 반영할 수 있는 개인 맞춤형 파라메트릭 의복 패턴 설계 시스템을 구현하는 것이다. 본 연구는 다음과 같은 단계를 거쳐 구현되었다.

첫째, 인체 치수를 매개변수로 사용하는 파라메트릭 의복 패턴 설계 시스템을 개발한다.

둘째, 3차원 스캔을 통해 인체의 동적 자세 형상을 획득하고 동적 자세에 따라 달라지는 인체 형상을 분석한다.

셋째, 동적 자세에 따라 변화하는 인체 치수를 파라메트릭 의복 설계 시스템에 반영할 수 있도록 하여 동적 적합성을 부여할 수 있는 파라메트릭 의복 패턴 설계 기법을 구축한다.

넷째, 본 연구에서 개발된 시스템을 활용하여 획득한 패턴들과 기본선자세를 기준으로 생성된 패턴의 맞음새를 3차원 가상착의 시스템을 사용하여 비교한다.

## 제 2 장 이론적 배경

### 제 1 절 파라메트릭 패턴 설계

파라메트릭 설계란, 결과물을 제작하기 위해 매개변수를 지정하고 이를 활용하는 것을 의미한다(Monedero, 2000). 지식기반 파라메트릭 디자인 기법(knowledge-based parametric design)은 초기 설계 단계의 요구 조건에서 다양한 디자인 요소 사이의 상관관계를 정의하는 것으로, 디자인 피드백 과정에서 발생하는 수많은 디자인 변경에 실시간으로 대응할 수 있다(Im & Park, 2013). 따라서 수작업을 반복할 필요가 없기 때문에 시간을 단축할 수 있다는 장점을 가진다(Jeong, 2019).

파라메트릭 의복 패턴 설계는 인체 치수를 매개변수로 사용하여 여러 부분이 유기적으로 이루어진 패턴 설계에서 인체 치수를 변경하는 방법으로 새로운 의복 패턴을 빠르게 설계하는 방법이다. 그러나 의복 패턴은 체형과 의복에 대한 미적 취향의 다양성으로 인해 파라메트릭 설계를 통해 만들기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 패턴 제작에 필요한 다양한 기능을 포함하면서 개인의 인체 특성을 반영할 수 있는 시스템을 구현하였다.

파라메트릭 디자인 기법을 의류 패턴에 적용하는 연구의 초기 단계에서 Xiu et al. (2011)은 파라메트릭 패턴 설계 모델을 생성하기 위해 매개변수와 기하학적 제약 조건을 기반으로 하는 새로운 접근 방식을 제시하였으며, Kim (2012)은 텍스트 기반의 스크립트 언어로 파라메트릭 의복 패턴을 설계하고 이를 변형이 가능한 3차원 가상 인체 모델에 착의하



는 연구를 수행하였다. 두 연구는 매개변수에 따라 유연하게 변형이 가능한 의복 패턴 설계를 위해 파라메트릭 디자인 기법을 도입하였으나, 어려운 사용법으로 인해 널리 사용되지는 못하였다.

의류 산업의 디지털화를 위해 Mahnic and Petrak (2013)은 벡터 형식으로 저장되어 있는 의복 패턴을 파라메트릭 패턴으로 변환하고 이 과정에서 매개변수를 사용하여 자동적으로 패턴이 수정될 수 있게 하였다. 이를 통해 다양한 남성복 패턴을 디지털화 하여 수식으로 나타내고 패턴의 여러 부분을 동시에 수정할 수 있도록 하였다. 그리고 Liu et al. (2018)은 인체 치수를 반영한 도식화를 그리기 위해 파라메트릭 디자인 방법을 제안하였다. 이를 통해 도식화가 인체 및 실제 의복과 밀접한 관련이 있다는 것을 보여주었으며, 도식화를 매개변수인 인체 치수에 따라 다양한 스타일로 변형할 수 있었다. 3차원 스캐너의 대중화 이후 Harwood et al. (2020)은 3차원 스캐너로 측정된 인체 사이즈 데이터를 매개변수로 사용하였다. 그리고 의복 패턴의 기본이 되는 패턴 블록을 제작하고, 입력된 인체 사이즈를 변수화하여 패턴 제도식에 대입하는 방법을 통해 입력 변수에 따라 맞춤형 의복 패턴을 제작하는 JBlockCreator를 개발하였다.

파라메트릭 의복 설계 기법은 3차원 가상착의 기술의 적용을 통해 완성된 의복 패턴의 맞음새를 3차원으로 확인할 수 있는 시스템으로 확장되었다. Liu et al. (2019)은 다양한 스타일로 변형이 가능한 청바지를 대상으로 파라메트릭 디자인 방법을 제안하였다. 이 연구에서는 세 가지 기하학적 매개변수인 청바지 실루엣, 청바지 길이, 청바지 허리높이와 세 가지 사이즈 매개변수인 신장, 허리둘레, 엉덩이둘레를 사용하였는데, 청바지라는 품목에만 집중하고 매개변수에도 한정을 두었다는 한계가 존재하였다. Bao et al. (2021)은 3차원 가상착의와 2차원 패턴 설계를 위해

의복 시뮬레이션과 패턴 개발을 통합하는 2D - 3D 파라메트릭 패턴 제작 시스템을 개발하였다.

파라메트릭 기법을 의복 패턴에 적용한 연구들은 스크립트 기반이거나 기존의 패턴 캐드 프로그램과 패턴을 제도하는 방법이 달라서 실제로 작업자가 사용하기 어려웠다. 매개변수를 몇 가지로 한정하거나 제도할 수 있는 복종의 종류가 정해져 있어 사용자의 자유도가 낮다는 한계가 존재하였다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 기존의 패턴 캐드 프로그램과 비슷한 그래픽 사용자 인터페이스를 도입하여 시각적으로 의복 패턴을 확인하며 제도할 수 있게 하였다. 또한, 몇 가지 품목을 선택하여 집중하였던 선행 연구와 달리 다양한 복종의 패턴을 개발할 수 있도록 하였으며, 점이나 선의 수정은 물론 수식을 사용하여 패턴을 새로운 스타일로 변형할 수 있다.

## 제 2 절 3차원 스캐너를 활용한 인체 데이터 분석

3차원 스캐너를 사용하면 인체 치수, 체표면, 인체 단면, 실루엣 등과 같은 인체 데이터를 얻을 수 있기 때문에 다양한 인체 데이터를 기반으로 인간공학적 제품 설계 및 평가가 이루어지고 있다.

한편 인간 중심의 의복과 장비를 설계함에 있어 인체의 움직임 또한 중요한 요소이므로 운동 동작에 따라 달라지는 인체의 형태적 변화를 정량적으로 정확하게 파악하여 패턴 설계에 고려해야 한다(Lee et al., 2002).

Chi and Kennon (2006)은 한 개의 정적 자세와 다섯 개의 동적 자세를 3차원 인체 스캐너를 사용하여 스캔하고 자세 사이의 인체 치수 차이를 확인하였으나, 3차원 스캐너로 측정된 데이터가 직접측정한 인체 데이터의 치수와 차이를 보였기 때문에 3차원 스캐너가 동적 자세를 스캔하는데 완벽한 솔루션은 아니라고 하였다. 이는 당시 3차원 스캐너 기술이 충분히 발전하지 못했기 때문인 것으로 사료되며, 3차원 스캐너의 정확도가 향상된 이후 적극적으로 3차원 스캐너를 활용하여 동작에 따른 인체 형상 변화를 파악하려는 연구가 수행되었다. Choi and Ashdown (2011)은 다양한 인체 동작에 따른 하체 부위 인체 치수의 변화를 측정하고 인체 치수 변화량을 분석하기 위해 서 있는 자세, 무릎을 120° 굽힌자세, 한 걸음씩 걷는자세 그리고 무릎을 90° 굽히고 앉은자세를 3차원 스캔하였다. 서있는자세와 움직임이 발생한 자세의 인체 측정치를 비교한 결과 서있는자세를 기준으로 무릎을 90° 굽히고 앉은자세에서 측정치가 가장 크게 변화한 것을 확인할 수 있었다. Mahnic-Naglic et al. (2016)은 1개의 정적 자세와 5개의 동적 자세를 3차원 스캔하여 각각의 동적 스캔 데이터마다 의복 패턴 설계에 필요하거나 의복 착용감과 맞음

새에 영향을 줄 수 있는 인체 치수를 선정하여 측정하였으며, 이를 정적인 자세에서 획득한 인체 치수 데이터와 비교하고 그 차이를 분석하여 인체의 동적 자세를 반영하는 밀착 의복 패턴을 개발하였다. Parker et al. (2017)은 3차원 인체 스캔 기술이 더 광범위하고 깊이 있는 인체 측정 데이터에 대한 액세스를 제공할 것이나, 3차원 인체 스캔 기술 데이터의 신뢰성 측면을 다룬 연구는 부재하였다며 3차원 인체 스캔 기술이 의류 제작 및 과학 연구에 적용될 수 있는 신뢰도를 가지는지 조사하였고, 움직임에 따라 연속적으로 스캔한 데이터의 오차량과 표준편차를 분석한 결과 치수 적합성에서 99.7%의 신뢰도를 얻어 3차원 인체 측정 기술이 의류 제작, 재단 및 인간공학 연구에 사용하기에 적합한 신뢰성을 가진다는 결과를 얻었다.

인간공학적인 의류 설계를 위해 3차원 스캔 데이터를 활용하여 동작에 따른 인체 변화를 파악하고 이를 의복에 적용하고자 하는 연구가 수행되었다. Vuruskan and Ashdown (2017)은 사이클을 타는 상황에서 자주 나타나는 인체 동작 들을 3차원 스캔하고 절반 크기의 실물 마네킹으로 제작하여 완성된 패턴의 동적 맞음새를 실제로 확인할 수 있는 연구를 진행하였다. Bogović et al. (2019)은 항공기 조종사를 위한 보호복을 개발하기 위해 1개의 정적인 자세와 3개의 동적인 자세를 스캔하고, 인체 자세 간의 인체 치수 비교를 수행하였으며, 항공기 조종사가 공중에서 받게 되는 중력으로 인해 변화하는 둘레 치수를 함께 고려하였다. Morlock et al.(2019)은 한 개의 정적 자세와 아홉 개의 동적 자세를 3차원 스캔하였으며, 3차원 스캔 데이터를 분석하여 정적 자세와 동적 자세 간의 길이, 둘레와 같은 인체 측정 데이터의 차이가 유의하다는 것을 밝혔다. 하지만 이러한 연구들은 특정한 복종에 한정되어 연구 확장성이 부족하다는 한계점이 존재하였다.

동작에 따른 인체 형상의 변화를 예측하여 3차원 스캔 없이도 동작에 따른 의복 패턴을 설계하고자 하는 연구가 수행되었다. Yan et al. (2020)은 3차원 인체 측정부터 인체 데이터 분석까지의 인체 분석 프로세스를 개발하고자 하였으며, 3차원 인체 데이터 측정의 정확도를 높이기 위해 둘레 치수의 측정 위치와 각 둘레 치수의 형태를 제시하고 비선형 회귀 분석을 이용하여 인체 측정의 최종 추정치를 예상하였다.

인간은 계속해서 움직이기 때문에 움직임을 스캔하기 위한 4차원 스캐너를 개발하고 활용하는 연구가 수행되었다. Parrilla et al. (2019)은 동적 스캔이 가능한 4차원 스캐너를 개발하기 위해 모듈식 사진측량기법(modular photogrammetry-based)을 기법을 활용하였으며, 모션 프레임을 따라 정점들(vertices)을 추적하는 방법을 통해 동적 스캔을 구현하였다. Klepser and Morlock (2020)은 인체의 움직임을 스캔하고 움직임에 따른 인체 형상 분석을 위해 사진측량 기법(photogrammetry)을 활용하는 스캐너를 사용하여 4차원 스캐닝을 구현하였으며, 움직임이 포함된 스캔 데이터를 활용하여 움직임에 따른 인체 측정치와 체표면의 변화가 유의하다는 것을 확인하였다. Pei et al. (2020)은 4차원 인체 스캔이 가능한 3차원 스캐너를 활용하여 달리는 동작에서 여성 유방의 수직 변위와 모양 변형을 분석하였다. 연구 결과를 통해 유방 운동학에 대한 이해를 높일 수 있었으며, 특히 스포츠 브라지어 등 몸통에 밀착이 필요한 의복 개발에 도움이 될 것으로 예상하였다. Yang et al. (2020)은 인간공학적 제품 및 의복 설계 과정에서 동작 중에 발생하는 인체 치수의 변화를 고려할 필요가 있다고 하였으며, 이를 위해서는 동적 인체 측정 데이터가 필요하다고 하였다. 그러나 4차원 스캐너를 활용한 다수의 연구는 움직임에 따른 인체 형상 분석에 그쳐 의복 패턴 개발까지 확장되지 못하였다.

본 연구에서는 동적 자세를 반영한 인간공학적 의류 패턴 설계를 위해 자세에 따른 인체 형상 변화를 분석하였다. 이를 위해 여러 선행 연구에서 다룬 동작 중에서 기본이 되는 세 가지 자세와 움직임을 표현하는 세 가지 동적 자세를 선정하였으며, 동작에 따른 인체 단면과 인체 치수의 변화를 분석하고 이를 파라메트릭 기법을 활용하여 의복 패턴에 적용하여 동적 자세를 반영한 의복 패턴 설계 기법을 개발하였다.

### 제 3 절 동적 자세를 반영한 의복 패턴 설계

의복 구성학에서 인체는 옷이 입혀지는 기본 틀이며, 인체는 다양한 외형을 가지고 인체 동작에 의하여 더욱 복잡하게 변형된다(Lee et al., 2002). 따라서 다양한 인체 측정 방법을 통해 움직임으로 인한 인체의 변화를 분석하여 동적 자세를 반영하는 인간공학적 패턴을 설계하고자 하였다. 이를 위해 많은 연구자가 길이, 둘레, 높이 등의 인체 치수를 마틴(Martin) 인체 측정기(anthropometric instruments)와 줄자를 사용하여 직접측정하거나, 3차원 스캐너를 활용한 측정, 사진 측정법, 석고붕대법 등으로 간접 측정하였으며, 이를 통해 동작으로 인한 인체 치수와 체표면의 변화량을 분석하고 동적 자세를 반영한 의복 패턴을 설계하고자 하였다.

본 연구에서는 인체 치수와 함께 동적 자세에 따른 인체 형상의 변화를 분석하고 의복 패턴에 적용하기 위하여 주요 인체 단면을 선정하였다. 인체 단면은 인체 치수 중 둘레 항목의 변화를 다양하게 파악할 수 있는 중요 요소임에도 불구하고 자세히 연구되지 못하였다. 의복 패턴 설계에 있어 둘레치수는 중요한 요인인 동시에 의복 사이즈 체계에 기준이 되기 때문에 인체 단면의 변화를 분석할 필요가 있다. 인체 단면을 사분면으로 분할하여 변화를 분석한다면 움직임에 따른 둘레치수 변화를 앞뒤 좌우로 나누어서 명확하게 파악할 수 있을 것으로 기대된다. 이에 따라 본 연구에서는 동적 자세에 따른 인체 단면을 다방면으로 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하고 동작에 따라 변화하는 인체 단면을 분석하여 의복 패턴 설계에 적용하고자 하였다.

### 3.1. 인체 치수 변화와 패턴의 관계

다수의 선행 연구에서 움직임에 따른 인체 형상 변화를 의복 패턴에 반영하기 위해 인체 치수의 변화를 분석하였다. 그러나 다수의 선행 연구는 특정한 복종의 패턴 개발을 위한 동작을 미리 선정하고 움직임에 따른 인체 치수의 변화를 해당 패턴에 적용하는 한계점이 있었다.

동작에 따른 인체 형상 변화로 인한 맞춤새 문제를 해결하고자 하는 연구는 예전부터 다양하게 수행되었는데, 자주 취하는 동작을 중심으로 직접측정을 활용하여 인체 치수 변화를 파악하고 이를 패턴에 적용하고자 하였다. Ng et al. (2007)은 의복 착용자의 편안한 동적 움직임을 보장하기 위해 동적 의복 여유량을 계산하여 패턴에 반영하고자 하였다. 이를 위해 상체의 움직임을 중심으로 의복 여유량에 대한 주관적 평가를 진행하여 암홀 부위와 소매 부위 패턴의 길이 및 곡선의 수정이 필요한 것을 확인할 수 있었다. Jeong (2008)은 착용감이 우수한 스के이트 팬츠 패턴을 개발하고자 하였다. 이를 위해 허리를 굽히고 다리를 구부리는 등 다섯 가지의 동작 특성을 반영하기 위해 인체를 앞부위와 뒷부위로 구분한 뒤 각각의 부위에서 운동 시 발생하는 길이 치수의 변화량을 직접측정하여 패턴에 반영하였으며, 이를 바탕으로 밀착 바지 패턴을 스के이트 동작에 맞게 변형하였다. Tama and Öndoğan (2020)은 활동적인 스포츠웨어 구매 상황에서 소비자는 운동 시 움직임에 적합한 의복을 선호한다고 하였으며 의복이 적절한 착용감과 의복 여유량을 가지기 위해 정적인 경우와 동적인 경우에서 직접측정 방법으로 신체 측정치 변화의 백분율을 계산하여 의복 설계에 적용하였다. Pulatova and Bebutova (2020)는 인체공학적인 작업복 패턴을 개발하기 위해 농업 작업자가 농사를 지으며 반복적으로 하는 동작을 취하는 자세에서 변화하는 인체 치



수를 직접측정하여 패턴 개발을 위한 수학적 모델을 개발하였으며, 이를 바탕으로 자세에 대한 의복의 동적 효과를 계산하였다.

단순히 인체 치수의 변화에만 주목하는 것이 아니라 관절가동범위, 랜드마크 등 동작에 따른 인체 형상을 다방면으로 파악하여 의복에 적용하고자 하는 연구도 있었다. Gill and Hayes (2012)는 동작 중 하체의 변화를 의복 패턴 개발에서 중요한 고려사항으로 보았으며, 여러 움직임에서 하체의 길이, 둘레 등의 변화를 직접측정하고 동작에 따른 치수의 최대 증감률을 계산하였다. 또한 관절가동범위(ROM: Range of motion)를 고려하는 의복 패턴을 개발하고자 하였다. Zhang and Little (2018)은 정적 자세와 동적 자세에서 인체와 의복에 위치한 랜드마크를 수집하여 동작에 따른 랜드마크 위치의 변화를 확인하였으며, 그 결과 정적 자세의 인체측정치만으로는 완벽한 패턴을 설계할 수 없으므로 동적 자세에서 인체 측정이 이루어져야 한다고 하였다. 특히 상체 동작 중 큰 움직임을 보이는 상완의 변화를 중심으로 소매 패턴이 제도되어야 한다는 결과를 도출하였다.

동작에 따른 인체 치수의 변화를 반영한 의복 패턴이 좋은 맞음새를 보이는지 확인하기 위해 의복압을 사용하기도 하였다. Bragança et al. (2017)은 여성 노동자가 작업 상황에서 자주 수행하는 동작을 취할 때 발생하는 의복압을 측정된 결과 등길이 등 일정 부위에서 의복 패턴의 수정이 필요하다는 것을 확인하였으며, 측정된 의복압을 기준으로 패턴을 수정하여 동작 중 편안함과 좋은 맞음새를 부여하는 의복 패턴을 구성하였다. Vasile et al. (2019)은 조정 선수의 노를 젓는 움직임에 따른 인체 치수의 차이를 분석하기 위해 서 있는 기본자세와 노를 젓는 2가지 자세에서 인체 치수를 직접측정하였다. 그 결과 등 길이와 등 폭이 움직임에 따라 가장 큰 영향을 받는 것을 밝혔다. 또한 의복압 측정을 통해

노를 짓는 동작에서 발생하는 압력을 확인하여 조정 선수를 위한 의복 패턴을 개발하였다.

3차원 스캔 기술의 발전으로 3차원 데이터로부터 인체 치수의 변화를 파악하고 이를 패턴에 적용하는 연구가 수행되었다. Kim and Lee (2019)는 네 가지 동작에 따른 3차원 하반신 부위의 너비 및 두께 치수 데이터의 변화량을 분석하였고, 하반신 부위별 차이를 파악하여 팬츠 패턴 설계 시 적절한 여유량을 통해 팬츠의 맞음새와 착용감 향상하고자 하였다. Lee et al. (2020)은 공군 전투기 조종사를 대상으로 전투기 조종 중에 자주 사용하게 되는 6가지 자세와 기본 서 있는 자세를 취하였을 때의 3차원 인체 형상 이미지를 3차원 핸드 스캐너를 사용하여 획득한 후 이를 바탕으로 동작에 따른 부위별 체표면 길이의 변화량 분석하고 체표면 길이의 변화 예측 모형을 개발하였다. Wu and Kuzmichev (2020)은 동작성이 부여된 여성 잠수복 패턴 개발을 위해 3차원 스캔 데이터를 활용하였으며, 텍스타일 소재 변형과 신체 측정 변화 사이의 관계를 적용하여 여성 신체에 적합한 패턴을 개발하고자 하였다.

### 3.2. 인체 표면 변화와 패턴의 관계

동적 자세에 따른 인체 표면 변화를 분석하여 밀착 의복 패턴을 개발한 연구가 있었으나, 이러한 연구들은 대부분 3차원 데이터의 체표면을 분할하여 개발하는 밀착 의복이나 특정 복종에 한정된다는 한계가 존재하였다. Kim and Hong (2012)은 3차원 측정 장비로 피부 변형에 대한 해부학적 특징과 동적 특성을 분석하여 이를 기능성 스포츠 밀착 의복 패턴 개발에 적용하는 프로세스를 연구하였으며, 동작 시 피부 분절의

길이 변화를 관찰하여 절개선으로 이용하는 방법을 연구하였다. Han and Kim (2015)은 3차원 핸드 스캐너를 이용하여 다섯 개의 요가 동작에 따른 체표면 변화를 측정하고, 체표면을 메쉬로 분할한 다음 피부 표면의 부위별 신장 및 축소를 분석하여 동작에 방해가 되지 않는 의복 패턴을 개발하고자 하였다.

체표면을 중심으로 한 연구들은 상체보다는 하체의 변화에 주목하여 하체의 움직임이 많이 발생하는 사람을 대상으로 하는 복종을 개발하였다. Choi and Hong (2015)은 무릎 관절을 굽혔을 때의 하반신 체표면의 변화량을 측정하기 위해 3차원 스캐너를 활용하였으며, 바지 길이에 따라 허리둘레선에서부터 바지 끝단까지의 체표면 변화량을 정량화하고 시각화하였다. Liu et al. (2016)은 3차원 가상 인체 데이터의 체표면 형상을 사용하여 사이클복을 제작하였으며, 3차원 마네킹이 사이클을 타는 동작에서 발생하는 의복압을 가상환경에서 측정하였다. 측정된 의복압을 사용하여 사이클 자세에서 편안한 의복을 개발하고 사이클복 착용감을 평가할 수 있는 기초를 수립하였다. Luo et al. (2017)은 남성 하반신 영역을 간접측정의 한 방법인 석고붕대법을 사용하여 체표면을 측정하고 각 영역의 사이클 동작에 따른 변화량을 분석하였으며, 이를 통해 동작성이 반영된 사이클 팬츠 패턴을 개발하였다. Park and Kim (2019)은 다섯 개의 로드바이크 주행 동작을 스캔하고, 각 동작의 체표면 변화를 관찰하였다. 분석된 체표면 변화를 로드바이크복 패턴에 반영함으로써 의복의 편안함과 동적 자세를 반영한 로드바이크 하의 패턴을 개발하였다. Jolly et al. (2019)은 모터사이클 라이더의 운동을 가상 인체에 맵핑하는 방법을 통해 동적 자세를 구현하였으며, 가상 인체가 동작을 취했을 때 변화하는 체표면의 크기를 바탕으로 움직임을 반영한 모터사이클 재킷과 바지 패턴을 개발하였다. 또한 체표면의 변화를 파악하여 다양한

운동복 개발이 이루어졌는데, Cho and Kim (2020)은 골프 동작 중 자주 발생하는 여섯 개 자세를 스캔하고 동작에 따른 체표면 변화를 분석하였다. 최종적으로 분석 결과를 골프복 패턴 설계에 반영함으로써 동작성이 우수한 골프복 패턴을 설계하고자 하였다. Jeon et al. (2020)은 한국 노인 여성의 3차원 스캔 데이터를 획득한 후 여섯 개의 자세에서 인체 부위별 체표면적 변화율을 분석하여 피트니스 의복 패턴 설계 시 최적의 신축과 신장률의 적용이 필요한 부위를 파악하였다. Park and Do (2020)는 고등학생 남성을 대상으로 사이클 자세에 따른 체표면 변화를 측정하고 이를 활용하여 사이클 동작을 고려한 2차원 의복 패턴을 개발하였다.

체표면의 변화를 다양한 사람에게 적용하기 위해 Xie and Zhong (2020)은 3차원 스캔 데이터에서 랜드마크를 추출하고 그 데이터를 3차원 가상 인체 모델에 적용하여 사용자 각각의 인체 모델을 생성하였으며, 인체 모델의 자세를 변형하는 방법을 통해 의복 디자인에 동적 자세를 반영하고자 하였다.

## 제 3 장 연구 방법

### 제 1 절 파라메트릭 패턴 설계 시스템 개발

#### 1.1. 파라메트릭 패턴 설계 시스템

파라메트릭 패턴 설계 시스템은 패턴 설계에 필요한 다양한 제도식을 컴퓨터에 입력하고, 인체 치수를 매개변수로 패턴을 제도하는 시스템이다. 파라메트릭 패턴은 인체 치수에 맞춰서 형태가 자동으로 변형되기 때문에 파라메트릭 패턴 설계 시스템을 활용하면 다양한 인체에 적합한 패턴을 손쉽게 제도할 수 있다.

파라메트릭 패턴을 이루는 모든 점과 선은 action list를 사용하여 정의되며, 각 action 데이터는 action의 종류, 생성할 객체의 이름, 수식사용이 가능한 파라미터들로 구성된다. 하나의 action을 수정하면 이후에 정의된 모든 action들이 영향을 받아서 패턴의 형태가 자동으로 수정된다.

사용자는 원하는 대로 파라메트릭 패턴을 이루는 점이나 선을 정의하는 action을 수정할 수 있으므로 여러 사람이 협업하여 패턴을 제도하는 것도 가능하다. 그리고 완성된 패턴의 점이나 선을 수정할 수 있으며, 수식을 이용하여 비례적으로 패턴을 변형시키는 기능들이 있어 간단한 조작으로 이미 제도가 된 패턴을 새로운 스타일의 의복으로 바꾸는 것도 가능하다.

## 1.2. 파라메트릭 패턴 디자인 원리

### 1.2.1 액션 리스트

파라메트릭 패턴 디자인의 기본 원리는 action list이다. Action list는 점, 선, 패턴을 정의하거나 다양한 기하학적 경계 조건을 적용하는 일련의 최소 작업 단위이다. 사용자가 대화식 인터페이스를 이용해서 점, 선, 패턴을 정의하면 모든 동작은 action list로 저장된다. Action은 작업의 종류, 작업으로 발생하는 점, 선, 패턴 등 객체의 이름, 그리고 복수의 파라미터를 데이터로 가진다. 모든 파라미터는 숫자, 함수, 연산자 등으로 구성되는 수식을 지원하므로 복잡한 패턴을 제도하는 것이 가능하다. 예를 들어 점을 정의할 때 점의 좌표에 인체 치수 값을 넣은 수식을 사용하면, 패턴을 완성한 다음 인체 치수만 바꾸면 연관된 모든 점, 선, 패턴의 형상이 변수에 따라 변하게 되므로 다양한 사이즈의 패턴을 쉽게 만들 수 있다.

Action list에 점을 정의하는 방법은 점을 정의할 때 사용되는 점의 개수에 따라 다섯 가지로 나뉘어진다. 각각의 경우에 따른 점을 정의하는 방법은 Table 1과 같다.

Table 1. Examples of point definition

Number of Base Point	Point Type	Description
0	Absolute	Defines a point at an absolute x, y-axis position
1	Moved	Defines a point by moving a reference point by specified x, y displacement
2	Divided	Defines a point between the two reference points using a specified ratio
	Distance	Defines a point at a specified direction and distance from a reference point
	Rotated	Define a point by rotating a reference point about another reference point using a specified angle
	Free	Defines a freely movable point using two reference point
3	Normal Foot	Defines a point by projecting a reference point perpendicularly to a reference line
	Normal	Defines a point by moving a reference point along the direction normal to a specified direction
	Parallel	Defines a point by moving a reference point along the direction parallel to a specified direction
4	Intersection	Defines a point at the intersection of four reference points

선을 정의하는 방법은 2개의 점을 사용하여 직선을 정의하는 방법, 3개 이상의 점을 사용하여 곡선을 정의하는 방법이 있다. 곡선은 B-Spline으로 정의되며 control point를 interpolation 할 때 세 가지 형태(uniform, chord length, centripetal) 중 원하는 방법을 골라 곡선 형태를 지정할 수 있다. 또한, 시작점이나 끝점이 인접한 선과 만나는 각도를 90도로 제한하는 등의 경계 조건을 지정할 수도 있다. 한편 두 점을 잇는 곡선을 생성할 때 곡선의 control point를 수식을 사용하여 정의하지 않고 임의의 점을 찍어도 파라메트릭 변형이 가능하게 하여 사용자가 자신의 디자인적 감각이 부여된 곡선을 자유롭게 점을 움직여서 그릴 수 있게 하였다.

## 1.2.2 인터랙티브 기능

### 1.2.2.1 액션 시각화

Table 1에서 설명한 바와 같이 다양한 방법을 사용하여 점을 정의할 수 있다. 사용자가 점을 정의할 때, 생성될 점의 위치를 미리 볼 수 있으므로 디자인을 효율적으로 할 수 있다. 또한, 이미 만들어진 패턴에서 어떤 점의 좌표가 어떤 방식으로 정의되었는지 확인해야 하는 경우가 있는데, 이런 경우 점을 선택하면 점이 정의된 방식을 확인할 수 있다 (Figure 1).



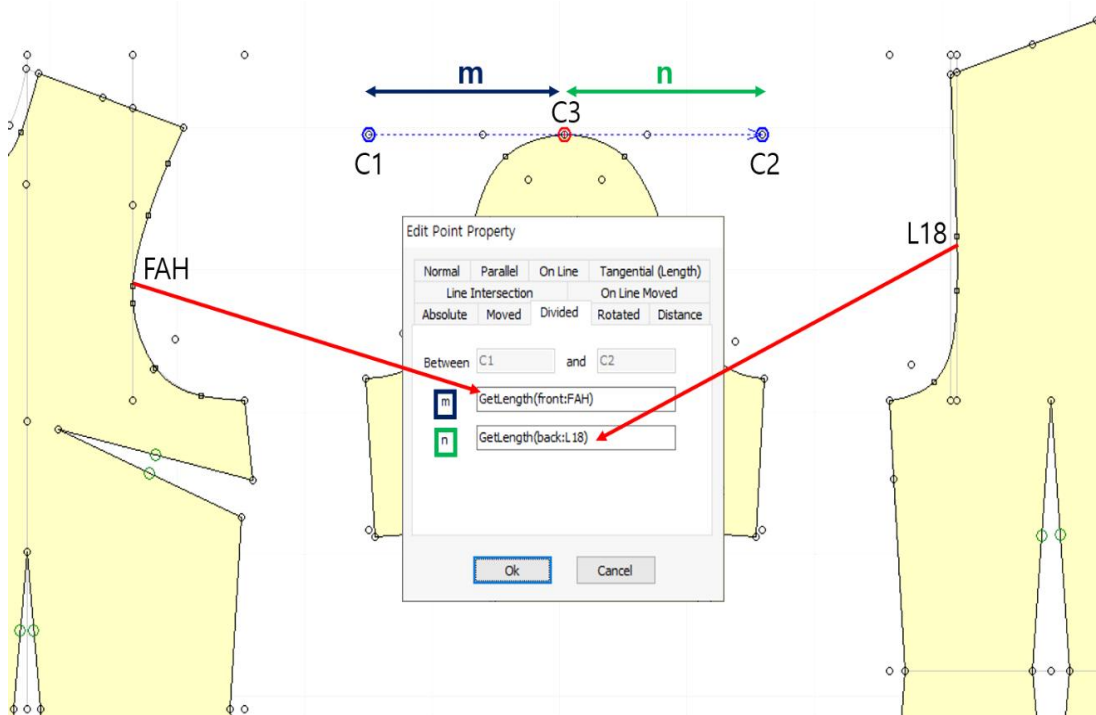


Figure 1. Example of interactive point definition

### 1.2.2.2 Free point

파라메트릭 패턴의 기본 원리는 패턴의 모든 점을 수식을 사용하여 정의하는 것이지만, 암홀 곡선 등 디자이너의 감각이 부여된 선을 그릴 때는 정확한 수식만을 사용하는 것은 어렵다. 또한, 패턴 설계시 디자이너의 경험과 감각을 패턴에 표현하기 위해서는 자유로운 점의 위치 지정이 필요하다. 본 연구에서는 Figure 2에 보인 것과 같은 원리로 두 개의 기준점 사이에서 상대 좌표를 이용해서 자유롭게 점을 정의할 수 있는 free point 기능을 개발하였다.

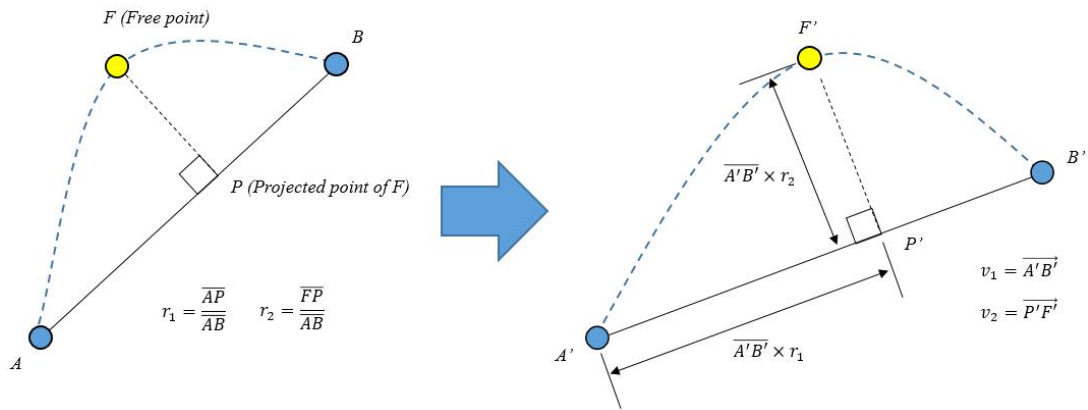


Figure 2. Schematic diagram of free point definition

$$\left( F' = \overline{A'B'} \times (r_1 \overrightarrow{v_1} + r_2 \overrightarrow{v_2}) \right) \quad \text{Eq. (1)}$$

Figure 2에서  $r_1$ 과  $r_2$ 는 두 개의 기준점  $A$ 와  $B$ 를 기준으로 free point  $F$ 의 좌표를 결정하는 데 필요한 비율이다. 이를 이용하여  $A$ 와  $B$ 의 위치를  $A'$ ,  $B'$ 로 변경하면  $F$ 의 새로운 위치가 된다. 식 (1)을 사용하여  $F'$ 를 일관되게 계산할 수 있다.

### 1.3. 자동 지오메트리 조작

#### 1.3.1 모서리 각도

패턴의 각 선분은 반시계 방향으로 회전하도록 연결되어 있는데 경우에 따라 두 선분이 만나는 각도의 크기는 90도와 같은 특정한 값을 가져야 한다. 선분이 만나는 각도는 B-Spline 곡선의 control point를 이동해서 조절할 수 있는데 Figure 3에서는 control point  $A$ 의 위치를  $A'$ 로 이동하여 두 선분이 만나는 각도를 둔각에서 직각으로 변형하였다.

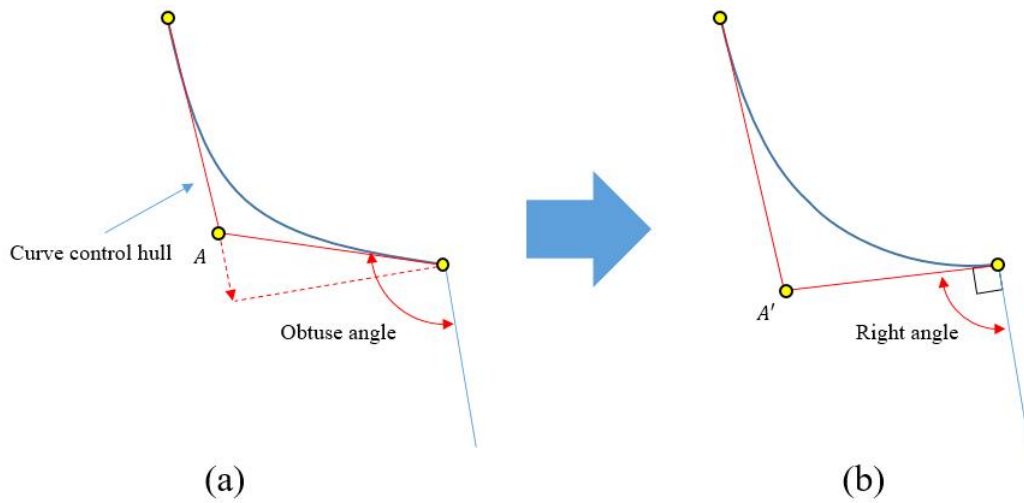


Figure 3. Schematic diagram of corner angle modification

(a) Obtuse angle

(b) Right angle

### 1.3.2 재단선

완성된 패턴의 시접량을 선분 별로 원하는 대로 지정할 수 있으며, 시접선의 모서리 부분의 형상을 모서리 각을 그대로 살리는 type A와 패턴의 각이 예각으로 생성되어 시접이 너무 뾰족하게 생성되어 재봉에 문제가 생기는 경우 모서리에 각을 꺾는 type B로 지정할 수 있다 (Figure 4).

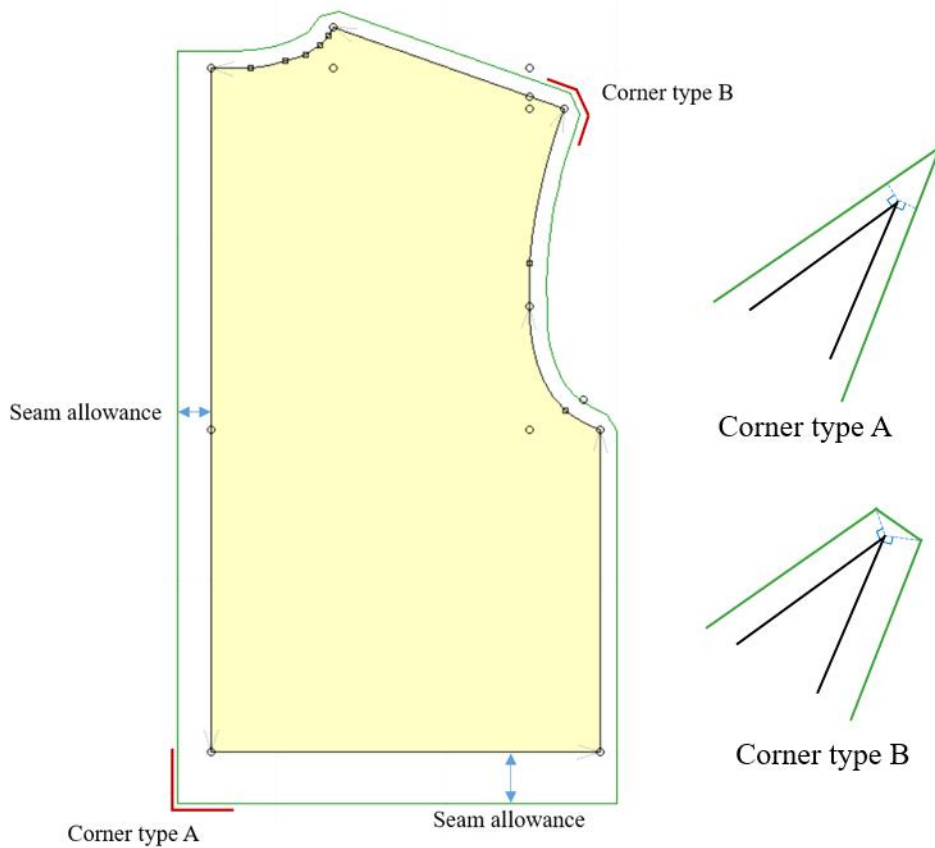


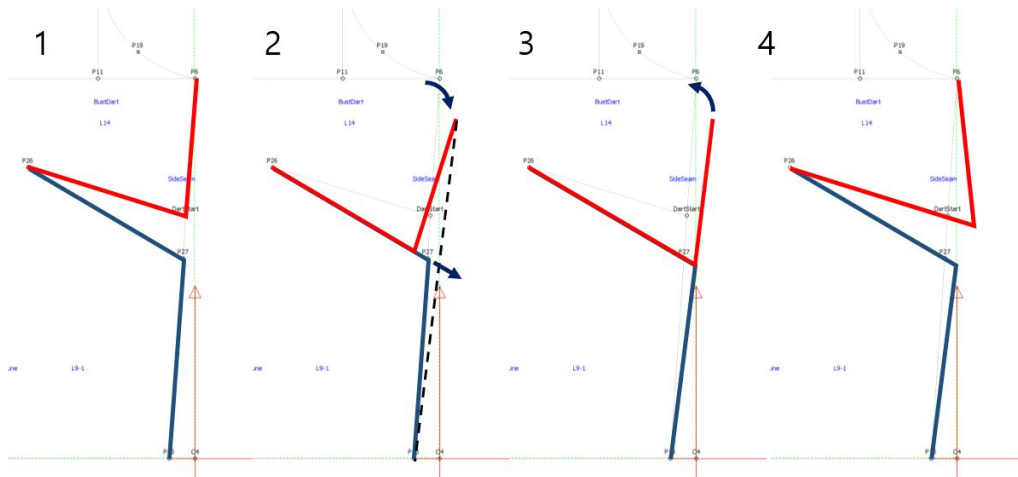
Figure 4. Cut line generation

### 1.3.3 다트 선 정리

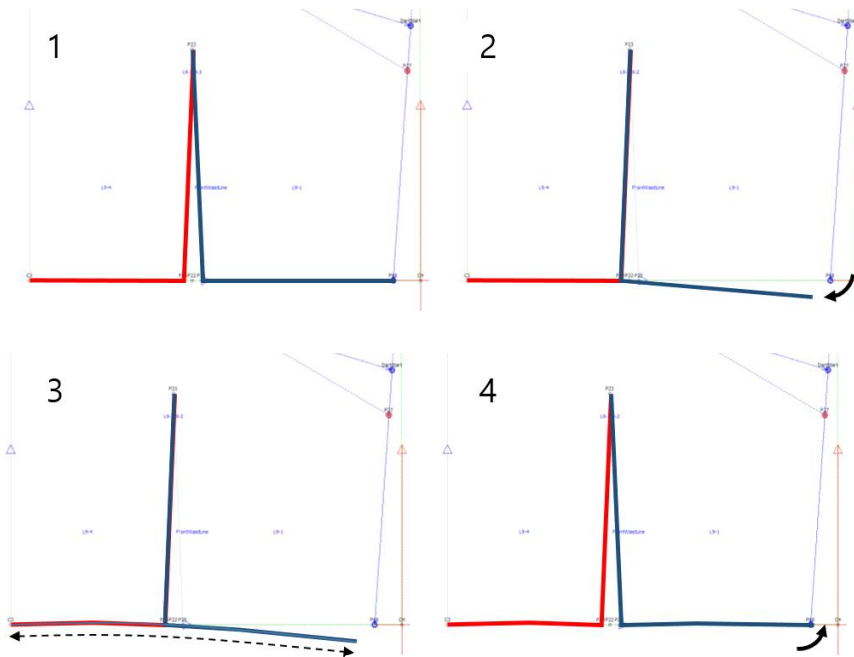
의복 패턴에 다트가 있는 경우 재봉 후 다트 선과 봉제선을 매끄럽게 연결하는 것이 중요하기 때문에 자동으로 다트 선을 정리할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 1개 다트를 정리하는 경우 다트의 종류에 따라 이를 직선화(Figure 5a) 혹은 곡선화(Figure 5b) 할 수 있다.

2개의 다트를 정리하는 경우에도 다트의 종류 따라 직선화(Figure 6a) 혹은 곡선화(Figure 6b) 할 수 있다. 그 외에 점 추가 기능을 응용하여 원하는 모양의 곡선으로 다트를 조절할 수 있다.

본 기능을 사용하여 정리된 닳트 형태는 완성 패턴에 적용되고 정리된 닳트를 기준으로 시접선이 생성된다.



(a)



(b)

Figure 5. One dart truing algorithm

(a) Rectilinear

(b) Curvilinear

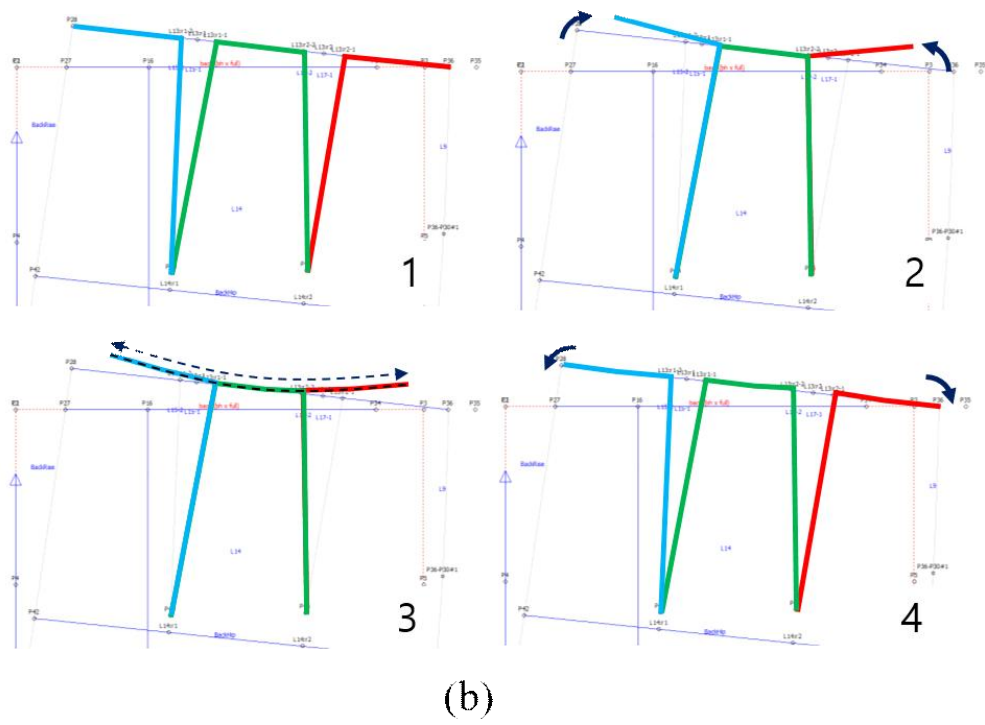
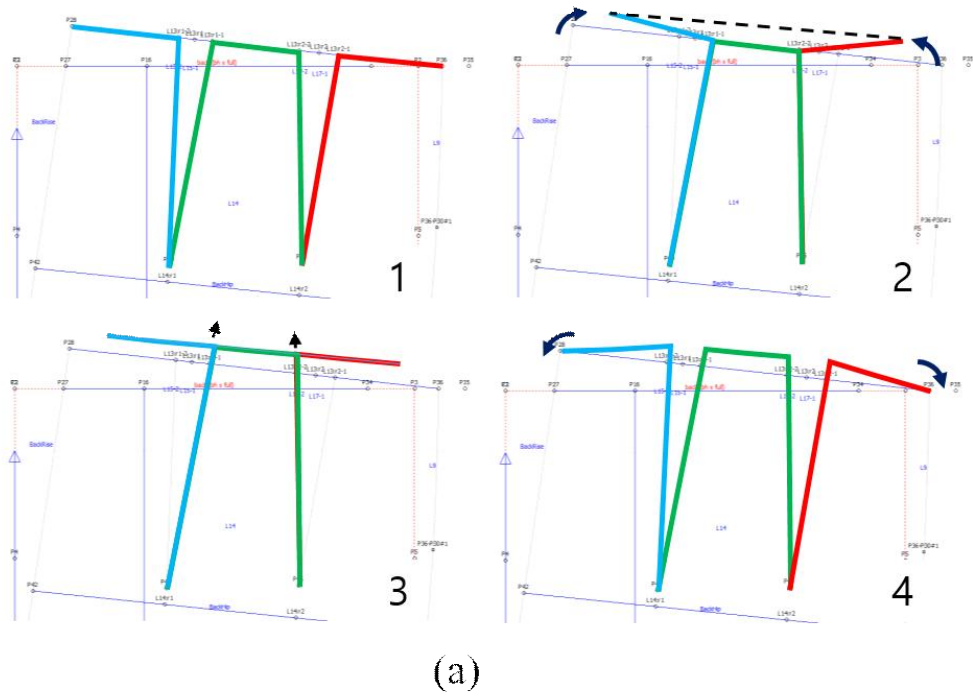


Figure 6. Two darts truing algorithm  
 (a) Rectilinear  
 (b) Curvilinear

### 1.3.4 선 길이

Figure 7과 같이 서로 다른 패턴의 세그먼트 간의 길이 차이를 최소화하기 위해 수치적 방법이 개발되었다. 이 방법에서는 관련 패턴의 형상을 유지하면서 선택한 세그먼트의 길이 차이를 최소화하기 위해 여러 점을 이동하게 된다. 예시에서는 슬리브 패턴의 점  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ 은 식(2)과 같이 선택된 세그먼트 쌍 간의 전체 차이가 최소 값을 가지는 새로운 위치로 이동하게 된다.

$$P_i = \{(x_i, y_i) | -dx \leq x_i \leq dx, -dy \leq y_i \leq dy\}$$

$$O(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n) = \sum_{i=1}^n (TL_i - L_i)^2 \quad \text{Eq. (2)}$$

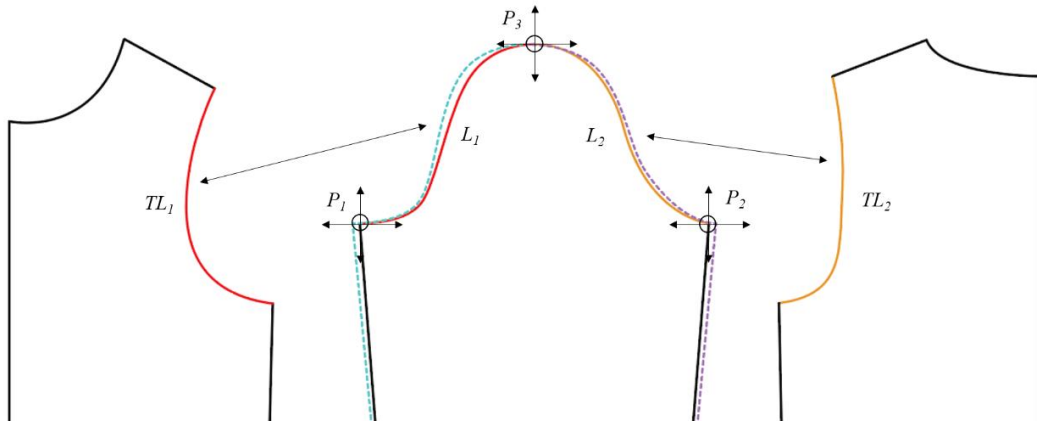


Figure 7. Curve length optimization

어떠한 경우에는 관련된 모든 포인트를 동시에 이동하는 것보다 단계적으로 포인트를 이동하는 것이 더 효율적이다. Figure 7에서  $P_1$ 과  $P_2$ 의

위치를 먼저 수직으로 이동하면 소매산과 암홀의 길이가 비슷해지고 이후  $P_3$ 만 수평으로 이동하면 소매산과 암홀의 길이가 동일해지는 최적의 결과를 얻을 수 있다. 선의 길이를 동일하게 조정하기 위해 모든 점이 개별적으로 수직, 수평 이동하는 경우에는 선의 길이를 동일하게 만드는 조합이 너무 많기에 계산에 시간이 오래 걸릴 수 있다. 이 경우 각 점의 이동 방향을 수직 혹은 수평으로 제한하여 가능한 조합의 수를 줄일 수 있다.

Figure 8은 선 길이 조정 작업을 위한 사용자 인터페이스를 보여준다. 사용자는 선택한 포인트의 이동 방향과 양, 선택한 선의 목표 길이를 결정할 수 있다. 선의 목표 길이는 상대 선의 길이 혹은 수식으로 지정할 수 있다.

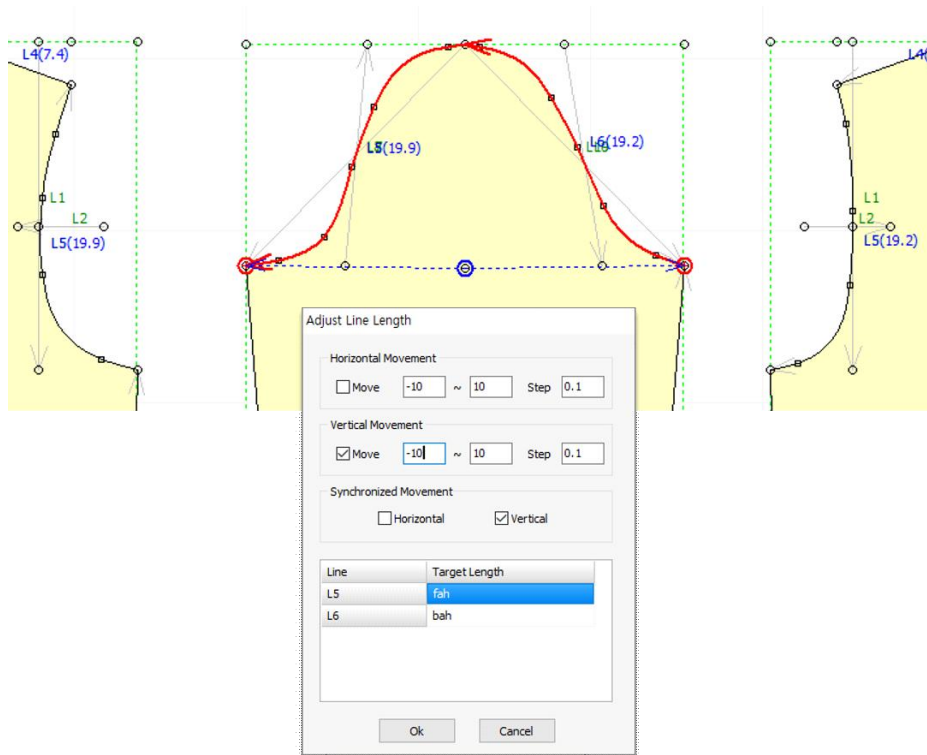


Figure 8. User interface for armhole line length adjustment



## 제 2 절 3차원 인체 측정

### 2.1. 3차원 인체 측정 장비

본 연구에서는, 3차원 인체 스캔을 위해 Klepser et al. (2020)의 연구와 Schwarz-Müller et al. (2021)의 연구에서 동적인 자세를 측정하는데 사용한 VITUS 3D body scanner (Vitronic, Germany)를 사용하였다.

인체의 랜드마크 위치를 표시하기 위해 지름 12 mm의 형광 노란색 원형 스티커를 부착하였다. 앉은자세 측정을 위해 등받이가 없으며 높이 조절이 가능한 의자가 사용되었으며, 피험자의 넓다리 앞부분이 원판과 수직이 되도록 높이를 조정하였다(Korean Agency for Technology and Standards, 2021). 선 자세에서 팔 간격을 일정하게 유지하기 위해 손목 간격 보정자가 사용되었다. 또한, 측정용 발판을 사용하여 동작에 따른 발의 위치를 보정하였다.

측정복은 인체에 밀착되어 들뜨는 부분이 생기지 않는 소재로 제작하였는데 상의는 착용하지 않고 하의와 모자만 착용하였다. 하의는 나일론 85%와 스판덱스 15%의 혼방직물로, 측정모는 폴리우레탄 20%와 나일론 80%의 혼방직물로 제작되었다.

### 2.2. 피험자

본 연구에서는 20대 남성을 피험자로 선정하였으며, 연구 참여자의 수는 본 연구의 목적과 유사한 세 개의 선행 연구(Morlock et al., 2019; Klepser & Morlock, 2020; Lee et al., 2020)를 참고하여 설정하였다. 연

구 참여자의 신체적 특징은 2015년 제7차 한국인 인체 치수 조사사업을 참고하여 20대 남성의 평균 가슴둘레( $96.29 \pm 6.8\text{cm}$ )와 평균 신장( $173.93 \pm 5.7\text{cm}$ )과 유사한 피험자를 모집하고자 하였다. 이에 따라 본 연구의 연구 참여자는 대한민국에 거주하며 KS규격으로 상의 100호(L)의 의복 사이즈를 착용하고 신장 167~183cm에 해당하는 20대 남자 열두 명이다. 연구 참여 전 사전동의를 받은 연구 참여자의 평균 연령은  $25.5 \pm 2.2$ 세, 평균 신장은  $175.5 \pm 3.1\text{cm}$ , 평균 가슴둘레는  $92.99 \pm 5.4\text{cm}$ 이다 (IRB No. 2107/002-003).

본 연구의 대상을 남성으로 한정을 지은 이유는 남성과 여성이 골격, 근육, 지방 등의 차이가 있고 여성의 경우 가슴의 움직임이 남성과 다르게 나타나 동작 별로 나타나는 인체 치수의 변화를 명확하게 판단하기 어려울 것으로 판단되었기 때문이다.

### 2.3. 3차원 인체 측정 자세

2010년 제6차, 2021년 제8차 한국인 인체 치수 3차원 형상 측정 조사사업에서는 바로선자세, 기본선자세, 응용선자세, 응용앉은자세 총 네 개의 자세를 스캔하였으며, 2009년 SizeGERMANY에서는 두 개의 선자세, 앉은자세, 그리고 한 팔을 뻗은자세를 사용하였다. 본 연구에서는 두 조사사업에서 선정된 기본선자세와 응용선자세1, 기본앉은자세를 스캔하였으며, 추가적으로 인체의 동적 자세를 3차원 스캔하고 이를 작업 혹은 운동복에 적용하려고 한 선행 연구(Klepser & Morlock, 2020; Petrak et al., 2020)를 바탕으로, 작업 또는 스포츠 상황에서 움직임을 설명하는 동시에 신체 비율이 높게 변화할 것으로 기대되는 동작 세 가지(응용선자세2, 응용앉은자세, 걷는자세)를 스캔하였다(Figure 9).

연구자가 피험자에게 동일한 자세를 설명하고 요구한다고 하더라도 Morlock et al.(2019)과 Schwarz-Müller et al.(2021)의 연구에 따르면 개인별로 동작을 취하는 자세에서 차이가 존재하는 것으로 나타났기 때문에, 동작에 대한 가이드라인과 보정이 필요할 것으로 밝혀졌다. 이러한 개인 간 동작 차이는 연구 결과에 영향을 미칠 것으로 예상되기 때문에 본 연구에서는 개인 간의 차이를 최대한 방지하기 위해 각각의 자세를 취할 때 자세를 보정 할 수 있는 장치를 사용하였다. 발의 경우 다리 벌림 정도를 보정하기 위해 측정용 발판을 사용하여 각각의 자세마다 발의 위치를 고정하였다. 손이나 팔의 경우 손목 간격 보정자를 사용하여 몸통과 팔의 사이 간격을 피험자마다 균일하게 하였으며, 팔을 굽히는 동작에서는 각도기를 써서 팔 각도를 제한하여 피험자마다 동작의 차이가 크게 발생하지 않도록 하였다.

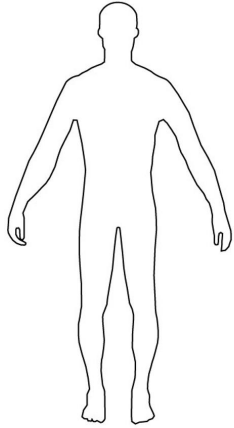
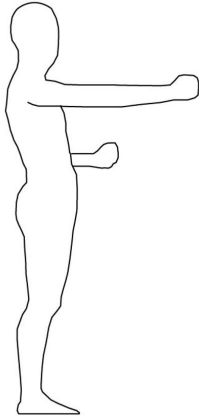
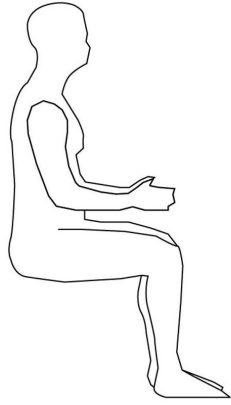

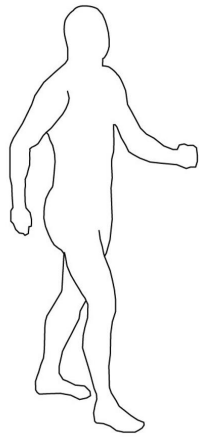
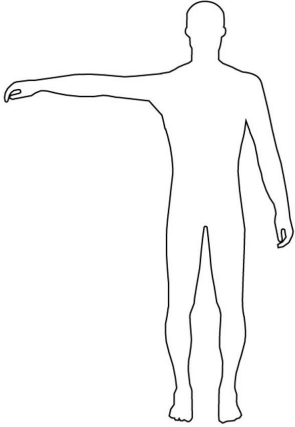
Posture 1 Basic standing pose	Posture 2 Applied standing pose1
	
Posture 3 Basic sitting pose	Posture 4 Applied sitting pose
	
Posture 5 Walking pose	Posture 6 Applied standing pose2
	

Figure 9. Three-dimensional scanning posture

## 2.4. 직접측정과 3차원 측정의 측정항목

본 연구에서는 제6~8차 한국인 인체 치수 3차원 형상 측정 조사사업과 Lee et al.(2002)의 연구를 참고하여 의류 제품 개발과 관련된 22개의 인체 주요 랜드마크와 32개의 인체 측정항목을 선정하였다(Table 2).

직접측정은 마틴 측정기와 줄자를 사용하여 기본선자세에서 3회 시행한 후 그 산술평균값을 사용하였다. 피험자는 몸의 굴곡을 왜곡시키지 않는 타이트한 하의와 모자를 착용하였다. 연구 책임자와 피험자의 1대 1 상황에서 연구 책임자는 피험자의 인체 랜드마크에 스티커를 부착하였다. 그 후 마틴 측정기와 데이터 저장이 가능한 전자 줄자를 사용하여 인체 치수를 직접측정하였다. 측정 과정은 총 3회 이루어졌으며, 모든 피험자의 직접측정은 연구 책임자와 보조 연구자가 수행하였다.

3차원 측정은 직접측정이 끝난 후 바로 진행되었으며, 여섯 개 자세를 스캔하였다. 이 과정에서 각각의 자세마다 각도기, 손목 간격 보정자, 발판 등을 사용하여 피험자마다 동일한 자세를 취할 수 있도록 보조하였다.

3차원 스캔 데이터를 인체 치수 분석 프로그램인 SNU-BM(Kim & Kim, 2018)을 사용하여 분석하였다. 일반적인 측정 방법은 Lee et al.(2002)의 연구와 제6~8차 한국인 인체 치수 조사사업을 기반으로 하였으며, 3차원 스캔의 특성상 직접측정법과 동일하게 측정하기 어려운 항목(상완둘레 등)의 경우 측정 방법을 3차원 스캔 데이터에 맞게 수정하여 분석하였다(Figure 10).

Table 2. Anthropometric measurements

Items	No.	Measurement items	Landmark	Anthropometric methods
Height (7)	1	Stature	Vertex	Vertical distance between floor and vertex
	2	Cervical height	Cervical	Vertical distance between floor and cervical
	3	Waist height	Lateral waist	Vertical distance between floor and lateral waist
	4	Waist height (omphalion)	Anterior waist	Vertical distance between floor and anterior waist
	5	Hip height	Buttock protrusion	Vertical distance between floor and buttock protrusion
	6	Crotch height	Crotch	Vertical distance between floor and crotch
	7	Knee height	Midpatella	Vertical distance between floor and midpatella
Length (9)	8	Shoulder length	Lateral neck, Lateral shoulder	Body surface distance between lateral neck and lateral shoulder
	9	Biacromion length	Lateral shoulder(R/L)	Body surface distance between lateral shoulders
	10	Interscye, front	Front axilla(R/L)	Body surface distance between front axillas
	11	Interscye, back	Back axilla(R/L)	Body surface distance between back axillas
	12	Waist front length	Anterior neck, Anterior waist	Body surface distance between anterior neck and waist
	13	Waist back length	Cervical, Posterior waist	Body surface distance between cervical and posterior waist
	14	Vertical trunk length	Cervical, Crotch	Distance between cervical and crotch
	15	Thigh vertical length	Gluteal fold, Posterior juncture of calf and thigh	Distance between gluteal fold and posterior juncture of calf and thigh
	16	Arm length	Lateral shoulder, Radiale ulnar styloid	Body surface distance between lateral shoulder and ulnar styloid through radiale

	17	Neck base Circumference	Cervical Lateral neck, Anterior neck	Starting from the cervical, the circumference of the lateral neck(R), the anterior neck, the lateral(L)and back to the cervical.
	18	Chest circumference	Axilla	Horizontal body circumference at the height of the axilla
	19	Under bust circumference	Inferior bust	Horizontal body circumference at the height of the Inferior bust
	20	Waist circumference	Lateral waist	Horizontal body circumference at the height of the lateral waist
	21	Waist circumference (omphalion)	Anterior waist	Horizontal body circumference at the height of the anterior waist
Circum ference (12)	22	Hip circumference	Buttock protrusion	Horizontal body circumference at the height of the buttock protrusion
	23	Knee circumference	Midpatella	Horizontal body circumference at the height of the midpatella
	24	Midthigh circumference	Midthigh	Horizontal body circumference at the height of the midthigh
	25	Calf circumference	Calf protrusion	Horizontal body circumference at the height of the calf protrusion
	26	Ankle circumference	Medial malleous, Lateral malleous	Circumference through the medial and lateral malleous
	27	Stretch upper arm circumference	Axilla	Circumference perpendicular to the arm at the height of the axilla
	28	Armscye circumference	Lateral shoulder, Axilla	Circumference passing through the lateral shoulder and axilla
Breadt h (2)	29	Chest breadth	Axilla	Horizontal distance between both axilla
	30	Biacromial breadth	Lateral shoulder	Horizontal distance between both lateral shoulder
Depth (2)	31	Waist depth	Anterior waist, Posterior waist	Depth of the side torso at the anterior waist
	32	Hip depth	Buttock protrusion	Depth of the side torso at the buttock protrusion

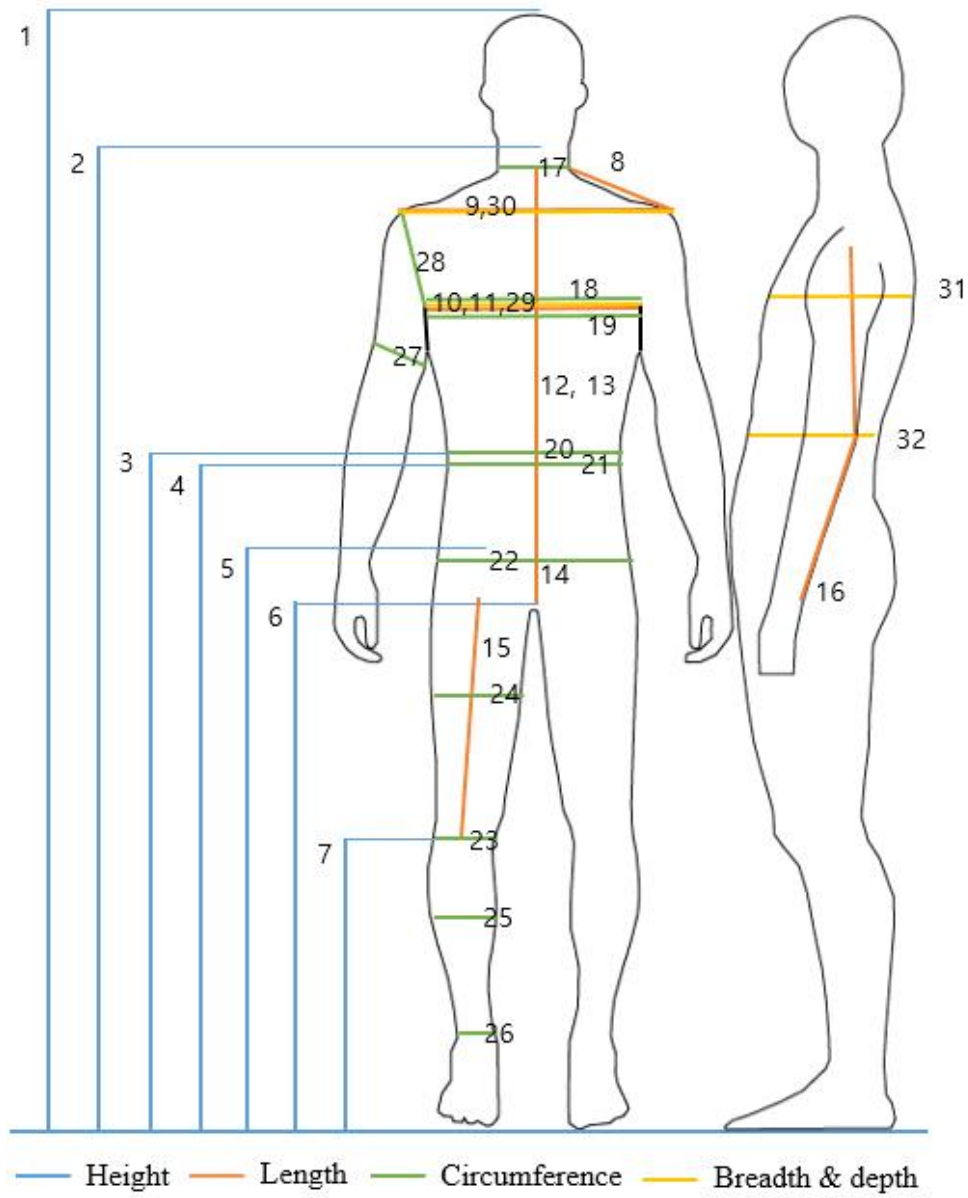


Figure 10. Anthropometric measurement locations



## 2.5. 3차원 스캔 데이터 보정

3차원 스캔 과정 중에는 앉은자세에서 의자와 같이 불필요한 부분이 스캔되거나 겨드랑이, 살, 팔 안쪽 등 다른 인체 부위에 가려져 제대로 스캔되지 않고 스캔 데이터에 빈 구멍이 생기는 경우가 발생할 수 있다 (Figure 11a). 이러한 3차원 데이터의 결함은 3D Sense(3D Systems, USA)와 Blender(Blender Foundation, Netherlands)를 사용하여 보정하였다(Figure 11b).

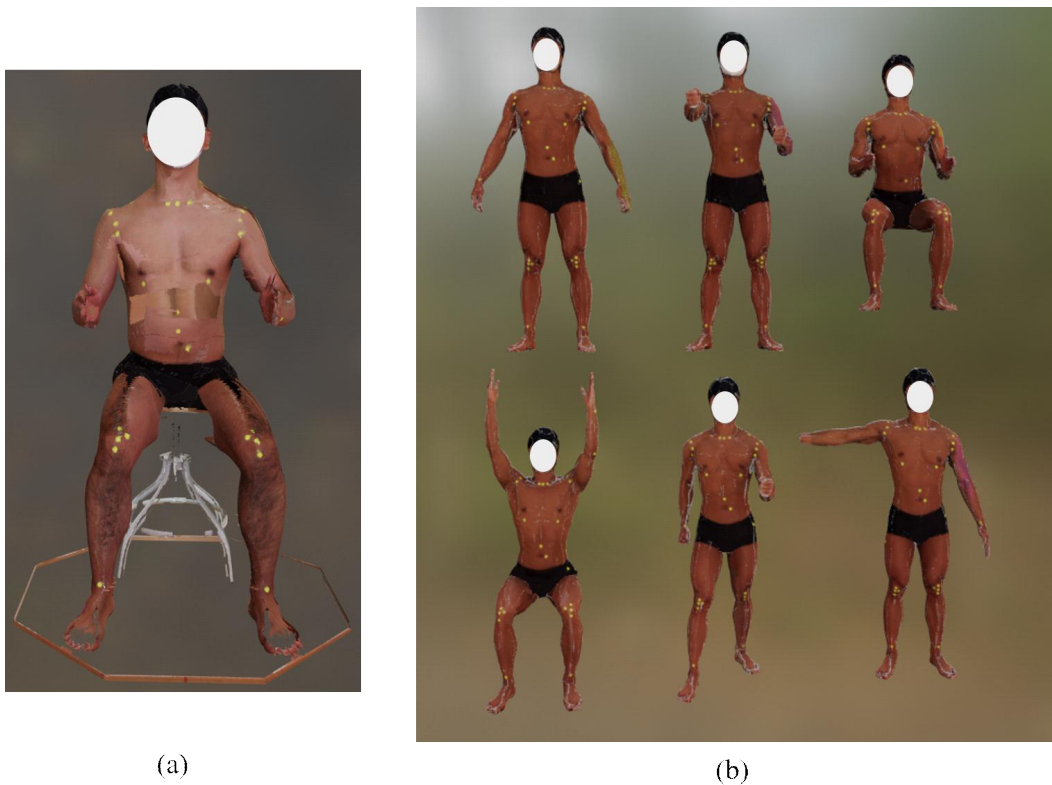


Figure 11. Three-dimensional body data

(a) Raw scan data

(b) Corrected scan data

## 2.6. 3차원 스캔 데이터 치수 분석

3차원 데이터 중 기본선자세에서 측정된 치수를 직접측정치와 비교하여 스캔 데이터 보정이 잘 이루어졌는지 확인하였으며, 파라메트릭 패턴 제작에 데이터를 사용할 수 있을지 알아보기 위해 32개 측정항목(Table 2)에 대해 측정치의 평균값에 대한 대응표본 t 검정을 수행하였다.

다음으로 움직임에 따라 변화하는 인체 형상을 분석하기 위해 동적 자세에서 측정된 인체 치수와 정적 자세(기본선자세)에서 측정된 치수를 비교하였다. 구체적으로 5개의 동적 데이터와 1개의 정적 데이터에 대해 32개의 인체 측정항목(Table 2)에 있어 움직임에 따라 인체 치수가 유의한 차이를 가지는지 대응표본 t 검정으로 분석하였다.

## 2.7. 3차원 스캔 데이터 단면 분석

동작에 따라 변화하는 인체 형상을 다방면으로 분석하기 위해 3차원 스캔 데이터에서 원하는 위치의 단면 형상을 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어를 사용하면 절단면의 위치를 위아래로 움직이면서 연구자가 원하는 위치의 인체 단면을 구할 수 있으며, 단면의 형태, 둘레 길이, 넓이 그리고 중심점으로부터 단면 외곽선까지의 길이를 30도마다 자동으로 측정할 수 있다(Figure 12). 또한 동적 자세에 따른 단면의 변화를 보다 체계적으로 분석하기 위해 중심축을 따라 사분면으로 단면을 나누어 사분면 각각의 특성값을 구할 수 있도록 하였다. 사분면은 각기 Front Left, Front Right, Back Left, Back Right로 명명하였으며 앞뒤 좌우 단면이 각기 다르게 변화하는 것을 분석할 수 있었다. 또한 동시에 여러 개의 스캔 데이터를 겹친 상태에서 인체 단면을 추출

할 수 있도록 하여 3차원 데이터 간의 단면 비교를 더욱 용이하게 하였다.

인체 단면 분석 소프트웨어의 기본적인 구성과 UI는 Figure 13과 같으며 소프트웨어의 이름을 Body Section Analyzer로 명명하였다. 개발된 소프트웨어를 활용하여 중심선을 기준으로 사분면으로 나누어진 인체 단면의 면적을 구한 후 각 면적에 대한 평균과 표준편차를 구하였다. 그리고 동적 자세와 정적 자세 간의 단면 면적 차이가 유의한지 알아보기 위해 대응표본 t 검정을 수행하였다.

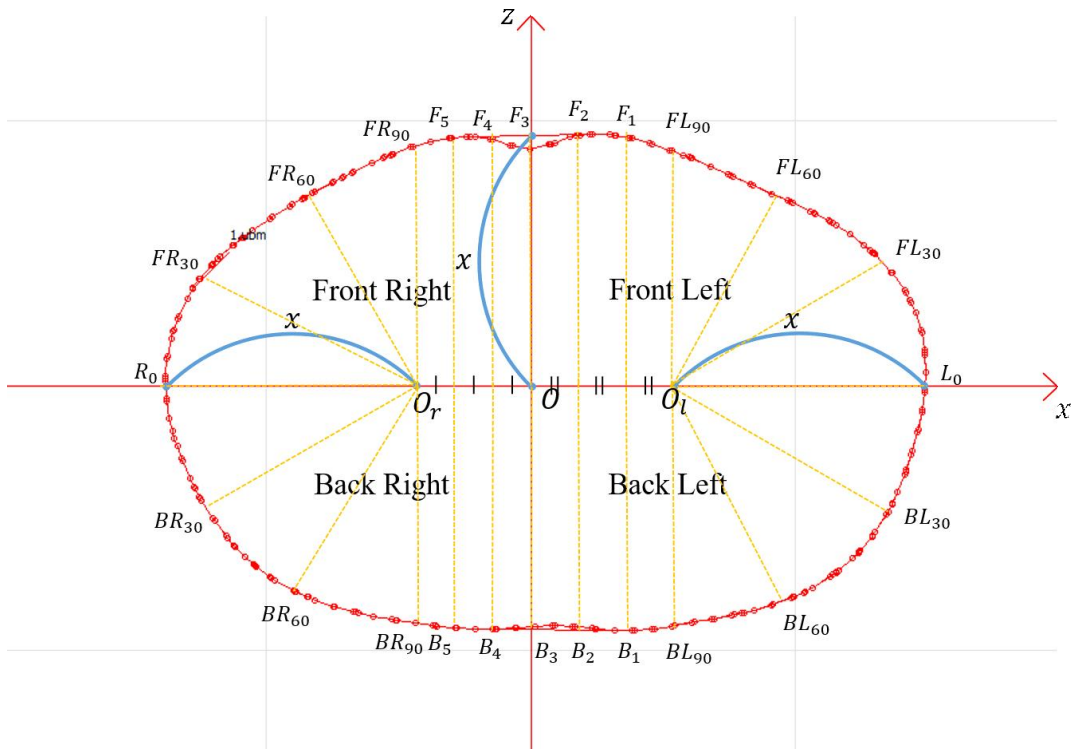


Figure 12. Measurement at body cross section

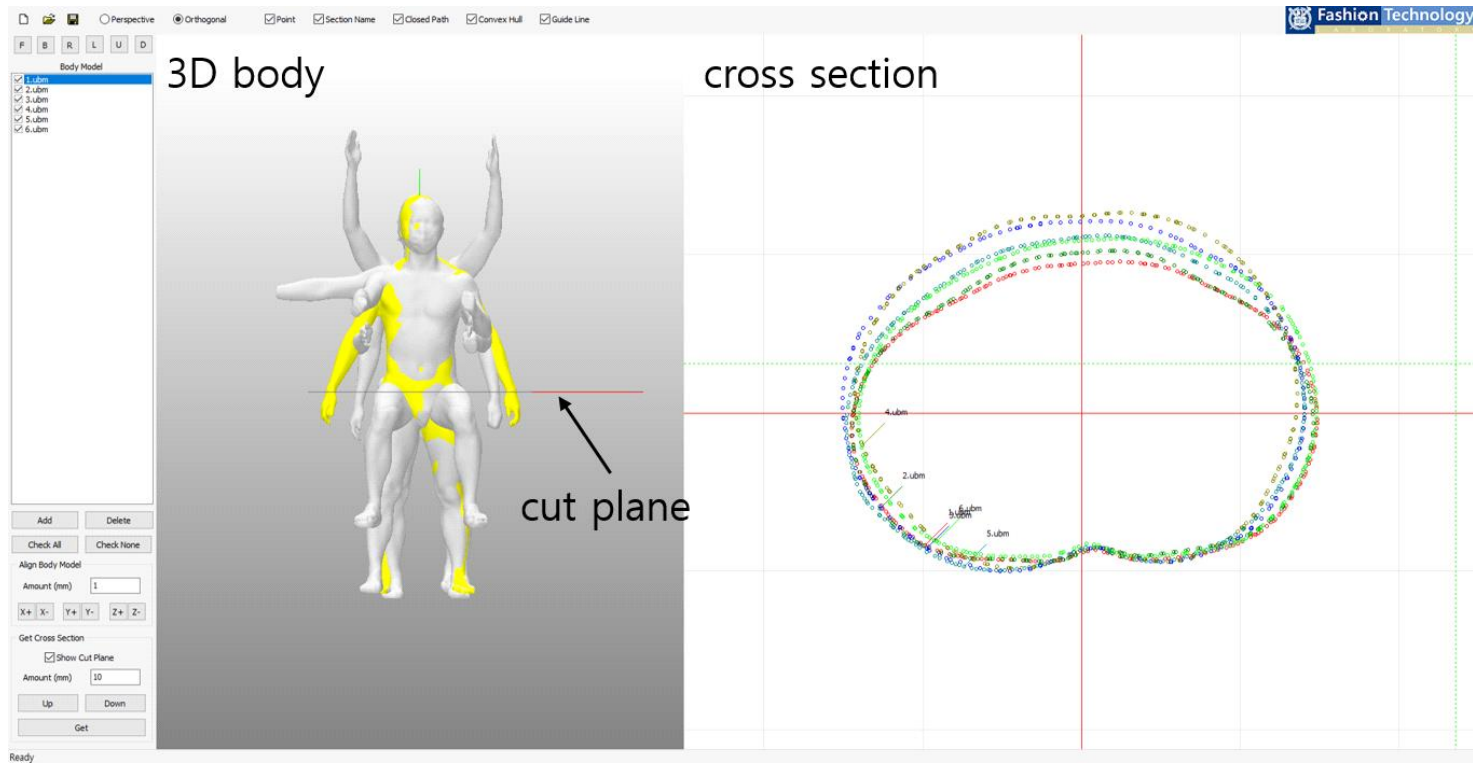


Figure 13. Overview of body section analysis software

## 제 3 절 동적 자세를 반영한 패턴 제작

파라메트릭 패턴 설계 프로그램을 기반으로 동적 자세를 반영한 패턴을 제작하기 위해 추가적인 기능 들을 구현하였다. 다양한 동적 자세에서 측정된 인체 치수 세트를 의복 패턴에 한 번에 반영하거나, 각각 반영하거나, 동작의 중요도나 빈도에 따라서 가중치를 줘서 반영할 수 있다. 이를 통해 의복 패턴을 동작에 따라 파라메트릭하게 변형할 수 있도록 하여 의복 패턴에 동적 자세를 반영하고자 하였다. 또한, 서로 다른 치수로 만들어진 의복 패턴을 겹쳐 놓고 비교할 수 있도록 하여 패턴을 효과적으로 수정할 수 있도록 하였다. 마지막으로 다양한 동작을 포괄하는 상황에서 동작의 빈도나 중요도에 따라 각 자세의 치수가 패턴에 반영되는 비율을 다르게 할 수 있다. 이를 통해 원하는 자세의 인체 치수에 가중치를 부여하여 중요한 동작일수록 더 의복 적합성이 높아질 수 있도록 하였다.

### 3.1. 모든 자세 인체 치수 균등 반영

몇 가지 동작에 따른 인체 형상의 변화를 분석한 후 분석된 동작들이 동일한 중요도로 의복 패턴에 반영되어야 하는 경우 모든 자세에서 획득한 인체 치수를 균일한 비율로 파라메트릭 패턴에 반영하는 방법으로, 모든 자세에서 획득한 인체 치수의 산술평균값을 대입하여 패턴을 제작하였다. 이를 통해 여러 동작의 인체 형상 변화를 동시에 고려할 수 있다.

### 3.2. 개별 자세 인체 치수 반영

각각의 동작마다 의복 패턴을 생성하고자 하는 경우 사용하는 방법으로 사용자가 입력한 인체 치수 데이터 세트만큼의 의복 패턴을 얻을 수 있다. 이 방법은 다양한 인체 치수 데이터 세트에 맞게 빠르게 의복 패턴을 생성할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 생성된 의복 패턴을 겹쳐서 형태의 변화를 확인할 수 있기 때문에, 동작에 따라 바뀌는 패턴의 형태를 분석할 수 있다.

### 3.3. 자세별 가중치를 적용한 인체 치수 반영

여러 동작의 인체 형상을 분석하였더라도 의복을 개발하는 경우 더 중요한 동작과 덜 중요한 동작을 구분해야 할 경우가 있다. 이러한 경우에는 동작별 인체 치수를 사용자의 필요에 맞게 가중치를 부여하여, 해당 동작의 인체 치수가 더 큰 비율로 패턴 제도에 사용되게 된다. 가중치는 인체 치수마다 다르게 부여할 수 있으며 이를 통해 동적 자세의 인체 형상 변화를 더 효율적으로 반영할 수 있다.

## 제 4 절 시뮬레이션을 통한 맞춤새 비교

본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 제도된 패턴들의 맞춤새를 비교하기 위해 패턴 제도에 필요한 인체 치수를 Table 3과 같이 여섯 가지 자세로 나누어 데이터 세트를 제작하였다. 맞춤새 비교를 위한 데이터는 대표 1인의 인체 치수를 활용하였으며 앉은자세들의 경우 앉은키를 기준으로 바지 패턴을 제작할 수 없기 때문에 기본선자세와 동일한 치수를 사용하였다(Table 3). 대표자 1인은 2021년 제8차 한국인 인체 치수 조사사업의 20대 남성의 가슴둘레 평균치(100.4cm)에 가까우며 동작에 따른 인체 치수 변화가 명확하게 나타나는 피험자로 선정하였다. 의복으로는 Figure 14와 같이 남성 기본 셔츠 원형 패턴(Nam & Lee, 2016)과 슬랙스 기본형 패턴(Choi, 2008)을 사용하였다.

본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 패턴의 형태를 동작에 따라 변형하였으며 CLO 3D (CLO Virtual Fashion, Korea)로 가상착의를 진행하여 원단의 단위 면적당 작용하여 변형을 일으키는 힘의 정도를 나타내는 응력 분포와 의복이 외부의 힘에 의해서 변형되는 압력의 정도를 나타내는 변형률 분포(CLO 3D, 2019)를 확인하여 맞춤새를 평가하였다.

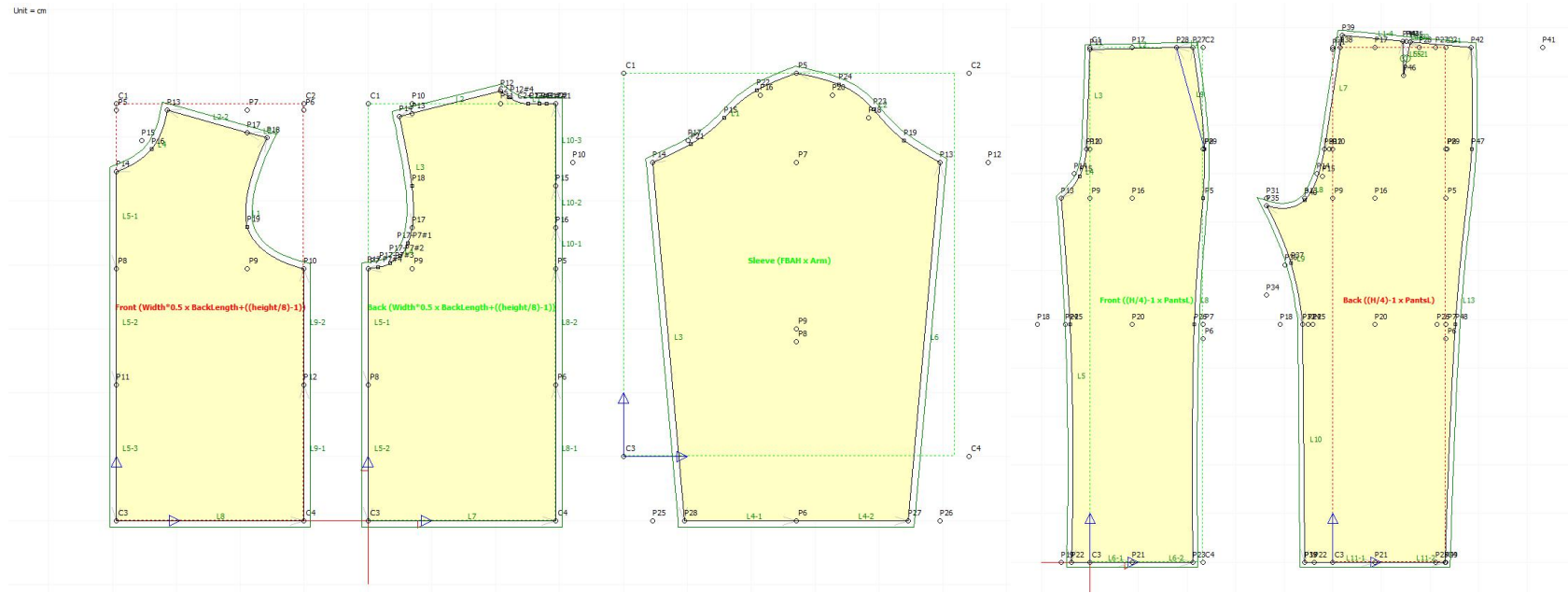


Figure 14. Example pattern (shirt, slacks)



Table 3. Representative body size data set

(unit: cm)

	Height	Crotch height	Knee height	Hip height	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length	Arm length
Posture 1	177.66	78.64	47.02	88.78	102.53	79.65	93.02	44.02	60.04
Posture 2	177.68	78.91	47.41	88.84	106.68	80.44	92.89	42.51	57.84
Posture 3	177.66	78.64	46.83	88.78	107.25	82.8	96.5	43.51	63.94
Posture 4	177.66	78.64	47.24	88.78	107.58	82.23	96.1	40.19	56.36
Posture 5	175.92	78.1	50.16	86.45	105.45	79.92	93.75	42.55	61.38
Posture 6	177.64	78.84	46.85	88.84	106.34	80.51	93.12	44.41	56.14

## 제 4 장 연구 결과 및 고찰

### 제 1 절 파라메트릭 패턴 설계 시스템 개발

#### 1.1. 프로그램 개요

본 연구에서 개발된 소프트웨어의 기본적인 구성은 Figure 15와 같으며 Parametric Pattern(SNU-PP)로 명명하였다.

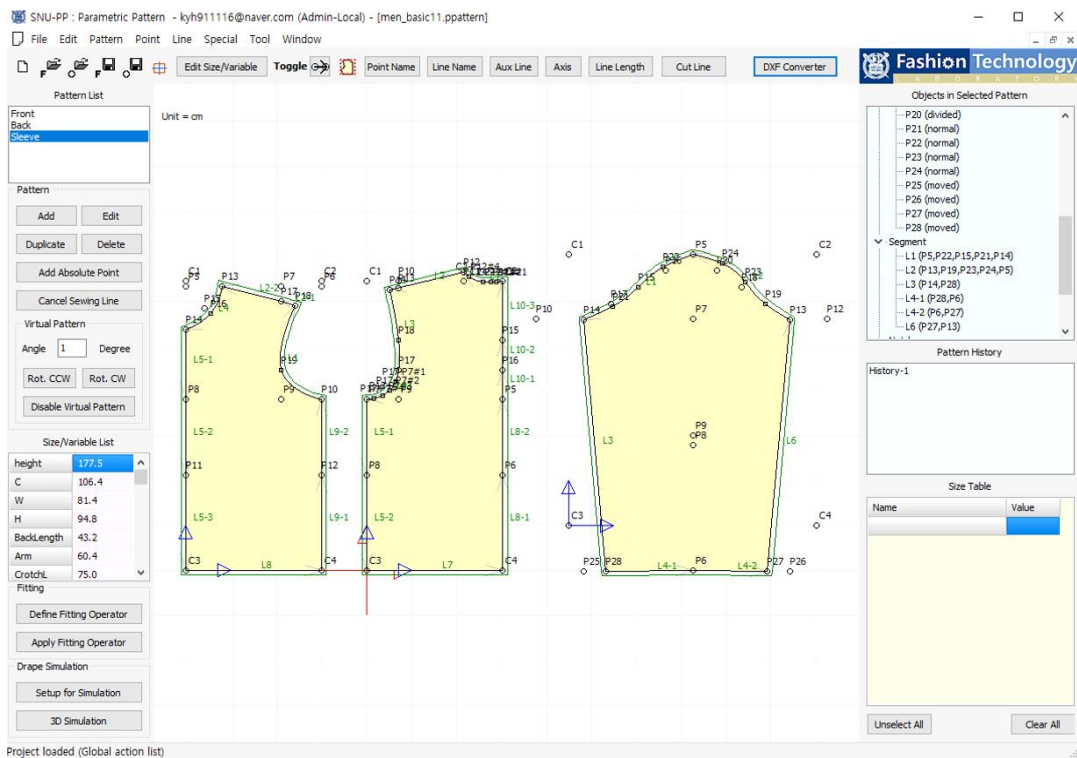


Figure 15. Overview of parametric pattern design software

## 1.2. 파라메트릭 패턴 생성

파라메트릭 패턴 생성 프로세스는 다음과 같이 설명할 수 있다. 먼저 매개변수(인체 데이터)를 입력하고 패턴 제작을 위한 공식(Lee, 2012)을 매개변수를 사용하여 정의한다(Figure 16a). 다음 제도할 패턴의 크기와 위치를 지정하여 각 패턴의 초기 범위를 정의한다(Figure 16b). 연구 방법에서 설명한 다양한 방법으로 패턴을 이루는 점들을 정의하고 각각의 점들을 연결하여 직선 혹은 곡선을 만든다. 다음으로 완성선을 연결하여 패턴을 형성한다(Figure 16c). 최종적으로 대칭선, 다트선, 보조선, 절개선 등 추가 요소를 정의하고 시접량을 선분 별로 지정한다(Figure 16d).

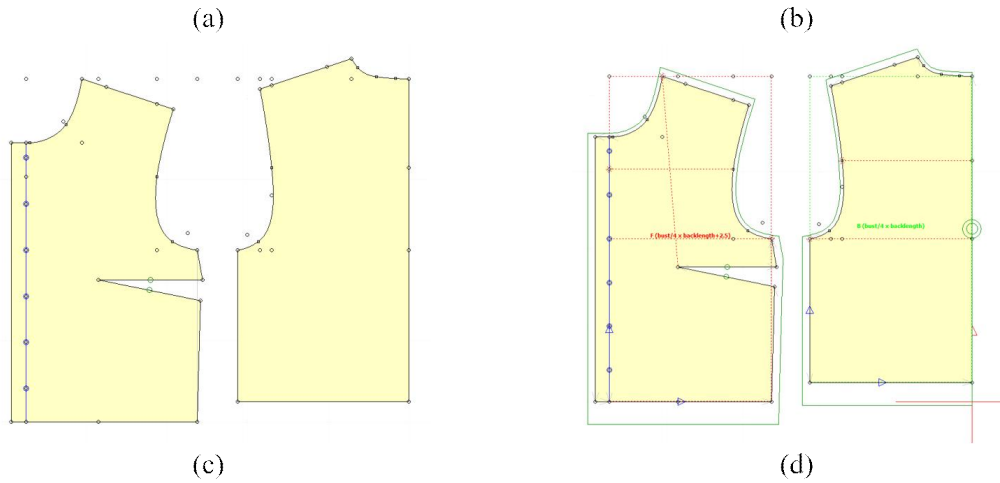
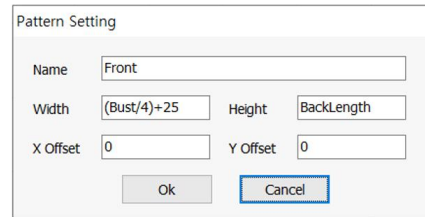
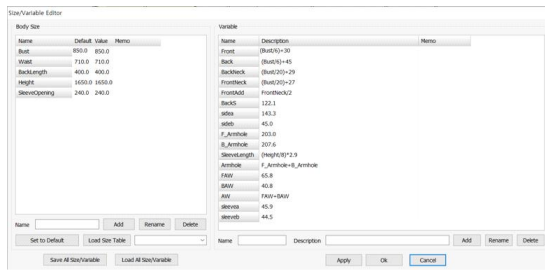


Figure 16. Parametric pattern design process

- (a) Variable list
- (b) Definition of initial pattern range
- (c) Definition of geometry
- (d) Definition of additional elements

### 1.3. 파라메트릭 패턴 변형 예시

파라메트릭 패턴 제도를 완료하면 새로운 인체 치수 데이터 세트를 사용하여 패턴의 형태를 쉽게 변형할 수 있다. Figure 17은 남성 기본 셔츠 원형 패턴(Nam & Lee, 2016)을 Table 4의 다양한 인체 치수들에 맞게 변형한 패턴을 중첩하여 확인한 결과이다.

Table 4. Anthropometric dimensions of the overlapped pattern (mm)

	Height	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length
1	1,666	885	734	891	415
2	1,700	925	772	933	425
3	1,735	965	820	970	440
4	1,773	1,013	865	1,006	454
5	1,803	1,060	955	1,045	470

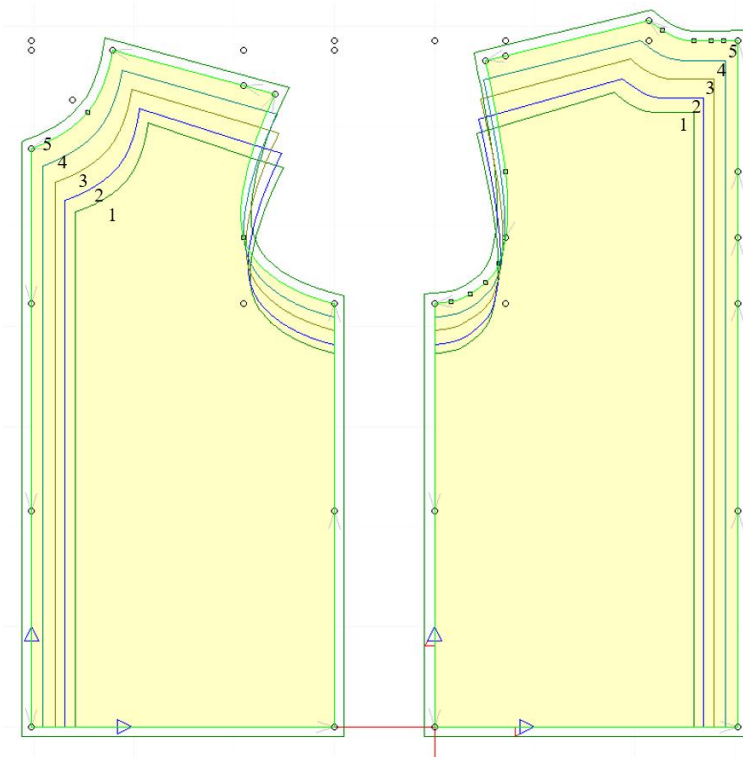


Figure 17. Examples of parametric overlapped pattern

Figure 18은 남성 기본 셔츠 원형 패턴(Nam & Lee, 2016)과 슬랙스 기본형 패턴(Choi, 2008)을 극단적으로 변형시켜본 것으로 2015년 제7차 한국인 인체 치수 조사사업을 참고하여 극단적으로 차이가 나는 인체 치수 세트(Table 5)에 맞게 변형하고 가상착의를 한 결과이다.

Table 5. Example of extreme body size data

(unit: mm)

	Height	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length	Crotch length
A	1,609	828	678	829	392	712
B	1,876	1,146	1,127	1,144	499	890

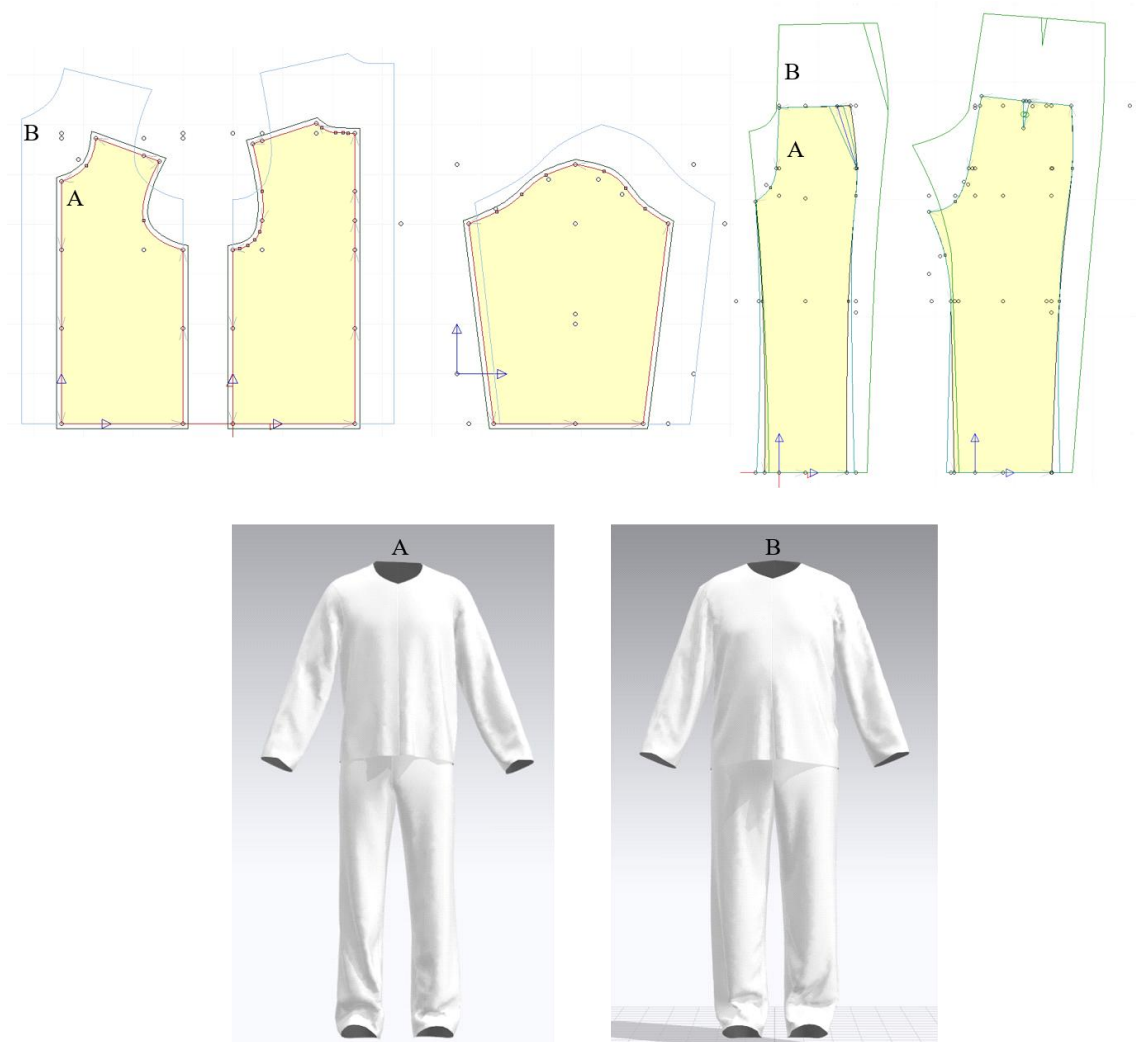


Figure 18. Examples of parametric extreme pattern

본 연구에서 개발된 파라메트릭 의복 패턴 설계 시스템은 기존의 의류산업에서 널리 사용되던 상용 프로그램들과 유사하게 그래픽 사용자 인터페이스 중심의 시스템을 구현하였다. 텍스트 기반의 스트립트 언어를 사용한 Kim (2012)의 연구나 블록 패턴을 중심으로 의복 패턴을 제도해야하는 Harwood et al. (2020)의 연구와 달리 본 연구는 매개변수를 사용하는 파라메트릭 개념을 바탕으로 패턴을 이루는 점과 선을 중심으로 패턴을 설계하기 때문에 사용자가 직관적으로 패턴을 제도할 수 있다. 또한, 한정적인 복종을 대상으로 패턴을 변형할 수 있었던 Liu et al. (2019)의 연구에서 나아가 다양한 복종을 대상으로 극단적인 인체 치수까지 포괄이 가능한 시스템을 구현하였다.

## 제 2 절 3차원 인체 스캔 데이터 분석

### 2.1. 직접측정치와 3차원 측정 결과 비교

유의수준 95% 수준에서 28개의 인체 치수가 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 6). 유의한 차이가 발생한 항목인 상완둘레, 가슴너비, 허리두께는 직접측정과 3차원 측정의 측정 방법 차이로 인해 발생한 것으로 본 연구의 분석 대상에 포함되었다. 구체적으로 상완둘레의 경우 직접측정법에서는 팔꿈치를 굽힌 상태로 측정하여 상완이 두근이 굽어졌는데, 간접측정법에서는 팔을 편 상태로 측정했기 때문에 -1.78%의 오차가 발생하였다. 가슴너비의 경우 가슴 좌우의 안쪽 랜드마크를 정확하게 인식하기 어려워 0.96%의 오차가 발생하였으나, 3차원 데이터는 모두 동일한 랜드마크를 기준으로 측정할 수 있기 때문에 분석에 활용하였다. 허리두께의 경우 직접측정법의 경우 피험자가 긴장하여 배를 집어넣기 때문에 간접측정법보다 작게 나오는 경향이 있으나 3차원 스캔은 모두 동일한 환경에서 진행되었다고 보아 해당 치수를 연구에 활용하였다. 그러나, 겨드랑둘레는 3차원 스캔 데이터에서 가장 많이 누락되기 쉬운 부위 중 하나이고(Paek & Lee, 2008) 이를 보정하는 과정에서 절대적인 보정 기준의 부재로 연구자의 자의적인 판단이 많이 포함되어 데이터 분석에서 오차가 7.68% 발생하기에 분석에서 제외하였다(Han & Nam, 2009).

본 연구 결과는 3차원 스캔 기술과 보정 기술의 발전으로 3차원 스캔 측정치와 직접측정 치수 간의 차이가 발생한 Chi and Kennon(2006)의 연구 Han and Nam(2009)의 연구와 달리 3차원 인체 측정의 정확도가



직접측정과 비슷한 정확도에 이르렀으며, 3차원 스캔을 통한 인체 형상 분석 연구가 유의미하다는 것을 보여주었다. 그러나 겨드랑이 같이 스캔이 잘되지 않는 부위의 경우 분석에 어려움이 발생하였으며, 이를 보정하는 방법이 개발되어야 할 것으로 나타났다.

Table 6. Comparison between direct and 3-dimensional body measurements

	Direct Mean±SD(mm)	3-dimensional Mean±SD(mm)	Percentage(%) / <i>p</i>
Stature	1755.08±30.7	1755.67±31.6	0.03 / .610
Cervical Height	1482.25±32.9	1484.03±30.6	0.12 / .555
Waist Height	1089.00±28.9	1084.80±22.9	-0.39 / .105
Waist Height (Omphalion)	1028.75±21	1029.28±16.5	0.83 / .853
Hip Height	866.16±23.1	867.02±19.1	0.1 / .808
Crotch Height	767.75±27.1	762.18±26.1	-0.73 / .066
Knee Height	466.00±8.3	465.20±7.6	-0.17 / .375
Shoulder Length	149.91±9.1	150.25±9.2	0.23 / .410
Biacromion Length	473.25±27.1	477.00±27.8	0.79 / .183
Interscye, front	356.41±18.6	356.24±18	-0.05 / .856
Interscye, back	394.58±24.5	393.40±24.2	-0.3 / .117
Waist Front Length	363.16±19.2	364.90±18.5	0.48 / .061
Waist Back Length	414.08±19.8	410.70±19.9	-0.82 / .516
Vertical Trunk Length	716.00±20.7	716.83±21.5	0.12 / .145
Thigh Vertical Length	294.91±17.6	293.38±21.2	-0.52 / .688
Arm Length	583.41±20.4	583.65±21.5	0.04 / .750
Neck Base Circumference	443.66±14.7	443.76±13.3	0.02 / .897
Chest Circumference	940.25±68.1	939.48±68.5	-0.08 / .276
Under bust circumference	871.82±66.5	871.76±67.2	-0.01 / .949
Waist Circumference	765.50±36.8	765.07±37.1	-0.06 / .593
Waist Circumference (Omphalion)	791.41±39.1	792.05±39.4	0.08 / .353

Hip Circumference	938.83±27.3	938.71±28.0	-0.01 / .849
Knee Circumference	357.75±15.5	357.37±15.3	-0.11 / .438
Midthigh Circumference	538.58±26.8	538.33±26.6	-0.05 / .595
Calf Circumference	369.08±17.1	369.79±18.6	0.19 / .479
Ankle Circumference	216.66±11	216.16±10.6	-0.23 / .198
Stretch Upper Arm Circumference	297.58±32.2	292.29±30.6	-1.78 / <b>.009**</b>
Armseye Circumference	427.58±40.4	460.43±35	7.68 / <b>.000***</b>
Chest Breadth	332.41±17.8	335.59±19.9	0.96 / <b>.014*</b>
Biacromial Breadth	405.83±20.3	402.00±24.7	-0.94 / .194
Waist Depth	177.58±18.4	193.42±11.5	8.92 / <b>.001**</b>
Hip Depth	212.50±15.6	215.30±17.9	1.32 / .281

*\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001*

## 2.2. 정적 자세와 동적 자세 간의 치수 변화

### 2.2.1 높이 항목







유의수준 95% 수준에서 높이 항목의 검정 결과는 다음과 같다(Table 7). 걷는자세의 경우 모든 높이 항목에서 기본선자세와 차이를 보이는 것으로 나타났는데 걷는자세의 경우 다리를 다른 자세보다 많이 벌리기 때문에 전체적인 높이 관련 치수들이 전체적으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그중에서 허리높이가 -2.76%로 가장 큰 차이를 보였으며 이는 걷는자세에서 상체를 숙이는 경향이 있기 때문으로 판단되었다. 응용선자세1에서 배꼽수준허리높이가 차이가 있었는데 이는 손을 앞으로 뻗는 상황에서 가슴과 복부가 위로 당겨지는 경향 때문에 발생하는 차이로 판단되었다. 그 외 서 있는 자세 들에서는 높이 항목에 대한 유의미한 차이가 발생하지 않았다.

앉은자세의 경우 기본앉은자세를 기준으로 동적 자세인 응용앉은자세와 앉은키높이, 앉은목뒤높이, 앉은허리높이, 앉은무릎높이를 비교하였다. 앉은키높이의 경우 응용앉은자세에서 머리 위로 팔을 최대한 올리며 자연스럽게 상체가 신장이 되어 0.49% 증가한 것으로 보이며, 앉은목뒤높이 또한 따라서 증가하였지만 유의한 수준은 아니었다. 또한 팔을 머리 위로 올리는 동작에서 허리 부분이 위쪽으로 신장이 되어 허리 수준 기준점이 위로 올라갔고 올라간 허리점을 중심으로 앉은허리높이가 측정되었기 때문에 높이가 3.19%가 증가되어서 유의한 차이가 발생한 것으로 판단하였다.

본 연구에서는 적극적인 다리의 움직임이 발생하는 동작이 부족하여 높이 항목의 변화를 구체적으로 살펴보는 못하였으나, 걷는자세의 결과를 통해 다리의 움직임은 높이와 관련된 모든 값을 유의미하게 변화할

수 있음을 확인할 수 있었다. 그 외 동작의 결과를 바탕으로 팔의 움직임에 따라 상체 관련 높이 항목이 변화할 수 있으나 그 폭이 크지 않은 것을 확인하였다.

Table 7. Dimensional changes between static and dynamic postures - height

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	(Posture 6) 
Stature	1755.67±31.6	1756.49±30.6 0.05 / .400			1734.05±31 -1.23 / <b>.000***</b>	1756.77±30.4 0.06 / .588
Cervical Height	1484.03±30.6	1482.31±29.7 -0.12 / .062			1465.35±29.6 -1.26 / <b>.000***</b>	1483.64±32.2 -0.03 / .643
Waist Height	1084.80±22.9	1084.74±21.1 -0.01 / .989			1054.90±23.2 -2.76 / <b>.000***</b>	1073.35±26.7 -1.06 / .071
Waist Height (Omphalion)	1029.28±16.5	1035.10±20 0.57 / <b>.032*</b>			1014.10±17.1 -1.47 / <b>.001**</b>	1025.35±20.3 -0.38 / .212
Hip Height	867.02±19.13	869.61±17.8 0.3 / .068			847.25±16.5 -2.3 / <b>.000***</b>	867.76±19.2 0.09 / .064
Crotch Height	762.18±26.1	759.36±26.3 -0.37 / .539			743.27±21.2 -2.48 / <b>.001**</b>	763.60±23.5 0.19 / .365
Knee Height	465.20±7.6	464.85±7.4 -0.08 / .739			474.71±16 2.04 / <b>.021*</b>	465.24±14.4 0.01 / .975
Sitting Height			1418.40±25.3	1425.42±28.1 0.49 / <b>.008**</b>		
Cervical Height			1146.15±29	1148.80±28.7 0.23 / .461		
Waist Height			745.41±17.1	769.16±17.4 3.19 / <b>.001**</b>		
Knee Height			479.45±19	478.20±16.8 -0.3 / .334		

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

## 2.2.2 길이 항목

유의수준 95% 수준에서 길이 항목의 검정 결과는 Table 8과 같다. 어깨길이의 경우 팔의 움직임이 많은 자세인 응용선자세1, 응용앉은자세, 응용선자세2에서 유의미한 차이가 발생하였으며, 이는 팔이 움직이면서 어깨 양 끝점의 간격이 좁아져 어깨 길이가 줄어들었기 때문인 것으로 판단되었다. 어깨가쪽길이의 경우 또한 어깨길리와 마찬가지로 팔 동작에 의해 크게 변화하는 것으로 판단되었으며, 팔이 앞뒤로 움직이는 응용선자세1, 기본앉은자세, 걷는자세에서는 증가한 반면 상하로 움직이는 응용앉은자세에서는 감소하였다. 겨드랑앞벽길이는 양쪽 팔이 앞 혹은 위쪽으로 움직일 때 응용선자세1, 기본앉은자세, 응용앉은자세의 겨드랑점 위치가 몸 안쪽으로 이동하게 되면서 해당 치수에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 겨드랑뒤벽사이길이 또한 팔의 움직임에 영향을 받으며, 앞이나 위로 팔을 뻗는 경우인 응용선자세1과 응용앉은자세는 양쪽 겨드랑뒤벽점이 멀어져 길이가 증가하고 뒤쪽이나 옆으로 손을 뻗는 걷는 자세와 응용선자세2는 겨드랑뒤벽점이 가까워져 길이가 감소하는 것으로 판단되었다.

앞중심길이의 경우 팔을 앞으로 내밀면서 자연스럽게 상체가 젖혀지며 배가 나오게 되는 응용선자세1에서 증가하고 등길이가 다소 감소하였으나 유의하지 않았다. 또한 두 개의 앉은자세에서 상체 길이가 짧아져 앞중심길리와 등길이 값이 다소 감소하였으나 값이 유의하진 않았다. 그러나 기본앉은자세와 응용앉은자세에서 몸통을 더 길게 측정하는 몸통수직길리에서는 유의미한 길이 감소가 나타났다.


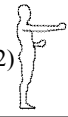




넙다리직선길리의 경우 걷는자세에서 다리가 굽혀짐에 따라 유의미한 감소가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 팔길리는 더 적극적인 움직임

을 표현하는 방향을 선택하였다. 팔길이 변화는 응용선자세1을 제외한 모든 자세에서 유의미하게 증가하거나(기본앉은자세, 걷는자세) 감소(응용앉은자세, 응용선자세2)하였으며, 이는 팔을 사용하는 동작에서 체표면의 변화가 발생하여 팔길이에 영향을 미친 것으로 판단된다.

길이 항목의 경우 대체로 팔이나 다리의 움직임에 따라서 변화하는 것으로 나타났고, 그 변화의 양도 큰 것으로 나타났다. 변화의 양이 큰 길이 항목을 그대로 의복 패턴의 적용할 경우 극단적인 패턴의 형태가 생성되어 맞음새의 문제가 나타날 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 길이 항목의 변화량을 의복 패턴에 그대로 반영하는 것이 아니라 액션 플리츠 등으로 변화량을 나누어 반영할 필요가 있다. 또한 대부분의 길이 항목의 경우 인체 표면을 따라서 측정하기 때문에 동적 자세에 따른 길이 항목의 변화를 구체적으로 파악하기 위해서는 자세에 따른 체표면의 변화를 함께 분석할 필요가 있다.



Table 8. Dimensional changes between static and dynamic postures - length

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	(Posture 6) 
						Mean±SD(mm) Percentage(%) / <i>p</i>
Shoulder Length	150.25±9.2	146.18±10.2	149.89±10	98.20±13.3	148.73±9.6	135.15±8.2
		-2.71 / <b>.000***</b>	-0.24 / .842	-34.64 / <b>.000***</b>	-1.01 / .613	-10.05 / <b>.000***</b>
Biacromion Length	477.00±27.8	487.80±27.7	502.49±21.5	365.74±55.9	511.90±26.4	472.59±37.4
		2.26 / <b>.002**</b>	5.34 / <b>.000***</b>	-23.32 / <b>.000***</b>	7.32 / <b>.000***</b>	-0.92 / .516
Interscye, front	356.24±18	324.45±16.6	344.70±15.1	291.55±27.3	349.37±20.2	357.67±15
		-8.92 / <b>.000***</b>	-3.24 / <b>.020*</b>	-18.16 / <b>.000***</b>	-1.93 / .161	0.40 / .774
Interscye, back	393.40±24.2	413.20±17.7	393.70±18.4	423.83±31.2	378.99±27	372.49±25.5
		5.03 / <b>.000***</b>	0.076 / .954	7.74 / <b>.000***</b>	-3.66 / <b>.049*</b>	-5.32 / <b>.006**</b>
Waist Front Length	364.90±18.5	371.00±16.4	357.84±25.4	357.99±22.2	358.46±15.5	369.50±17.1
		1.67 / <b>.010*</b>	-1.93 / .200	-1.89 / .205	-1.76 / .110	1.26 / .298
Waist Back Length	410.70±19.9	408.50±16.4	404.19±20.5	401.19±21.6	413.42±17.3	415.07±20.5
		-0.54 / .656	-1.59 / .205	-2.32 / .217	0.66 / .559	1.06 / .339
Vertical Trunk Length	716.83±21.5	715.86±22.8	691.16±23.8	691.53±25	722.06±21.3	719.77±22.6
		-0.14 / .613	-3.58 / <b>.000***</b>	-3.53 / <b>.000***</b>	0.73 / .135	0.41 / .085
Thigh Vertical Length	293.38±21.3	294.28±16			278.38±14.7	291.20±16.3
		0.31 / .772			-5.11 / <b>.005**</b>	-0.74 / .531
Arm Length	583.65±21.5	574.48±14.9	611.92±17.1	554.11±24.8	599.32±13.8	534.26±14.6
		-1.57 / .118	4.84 / <b>.002**</b>	-5.06 / <b>.000***</b>	2.68 / <b>.004**</b>	-8.46 / <b>.000***</b>

\**p*<.05, \*\**p*<.01, \*\*\**p*<.001

### 2.2.3 둘레 항목

유의수준 95% 수준에서 둘레 항목의 검정 결과는 Table 9와 같다. 팔의 움직임으로 인해 팔이 어깨 이상으로 올라오는 자세들이 목밑둘레에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 팔의 움직임이 어깨길이에 영향을 미쳤던 것과 유사하게 응용선자세1, 응용앉은자세, 응용선자세2에서 값이 감소하였다.

가슴둘레의 경우 대다수의 동작에서 유의미한 변화가 관찰되었다. 팔 동작이 가슴둘레에 영향을 미쳤으며, 응용선자세1과 기본앉은자세에서 팔을 굽히며 가슴 쪽에 붙이는 동작으로 인해 각각 0.92%, 1.83% 증가하였다. 양쪽 팔을 구부려서 가슴 쪽에 붙인 기본앉은자세에서 한쪽 팔만 붙인 응용선자세1에서보다 더 많이 증가한 것으로 보아 팔을 굽히고 가슴 쪽에 붙이는 동작에서 가슴둘레가 커지는 것을 확인할 수 있었다. 팔을 위로 뺀게 되는 동작인 응용앉은자세에서 가슴부위의 근육과 지방이 신장이 되어 가슴둘레가 많이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그 외 팔 동작이 발생하는 걷는자세에서 가슴둘레가 증가하였다. 가슴둘레는 대다수의 자세에서 변화가 있었으며 가슴둘레의 경우 의류 사이즈의 기준이 되기 때문에 움직임에 따른 형상 변화를 자세하게 살펴볼 필요가 있어 가슴둘레 단면을 분석하였다.

허리둘레의 경우 복부 긴장이 완화되는 기본앉은자세와 응용앉은자세에서 증가하였으며, 팔을 위로 뺀 응용앉은자세에서 보다 팔을 굽히고 앞으로 내미는 기본앉은자세에서 더 많이 증가하였다. 또한 걷는자세에서도 허리둘레가 증가하였다. 배꼽수준허리둘레는 앉은자세 모두에서 증가하는 추세를 보였으나 응용앉은자세에서는 유의미하지 못하였고, 기본앉은자세에서는 유의미하게 증가하였다. 응용선자세1에서 배꼽수준허리

둘레는 유의미하게 감소하였다. 복부 지방이 많은 피험자일수록 허리 및 배꼽수준허리둘레 증가량이 크게 나타났다. 허리둘레 또한 의류 사이즈의 기준으로 활용되며, 자세에 따른 변화가 크게 나타나 단면 분석 대상으로 선정하였다.

엉덩이둘레의 경우 하체의 움직임으로 인해 영향을 줄 것으로 예상된 걷는자세에서만 유의미하게 증가하였다. 하지만 엉덩이둘레 역시 의복 패턴 제도시 중요한 치수 중 하나이기 때문에 엉덩이둘레 단면을 분석 대상으로 선정하였다. 무릎둘레는 기본앉은자세와 응용앉은자세에서 증가하여 앉은자세에서 무릎이 앞으로 나오는 경향으로 무릎둘레가 증가하는 것으로 판단되었다. 넓다리중간둘레의 경우 걷는자세를 제외한 모든 자세에서 조금씩 감소하였으나 유의미하지 않았으며, 걷는자세에서는 유의미하게 증가하였다. 이는 걷는자세에서 허벅지 근육과 지방의 움직임으로 인한 것으로 판단되었다. 두 앉은자세에서 장딴지둘레가 증가하였으며 기본앉은자세에서는 1.62%, 응용앉은자세에서는 1.67% 증가하였는데, 이는 무릎이 굽혀지는 과정에서 장딴지 근육이 움직여서 둘레 값이 증가하는 것으로 판단되었다. 또한 걷는자세에서 다리의 움직임으로 장딴지둘레가 증가하였다. 발목둘레의 경우 하체의 움직임이 발생하는 걷는자세에서만 증가하였다.







상완둘레의 경우 팔꿈치 관절이 굽혀지는 기본앉은자세와 걷는자세에서 상완이두근과 위팔세갈래근이 팽창되어 값이 증가하였고 이러한 변화는 팔 근육이 더 발달한 체형에서 두드러지게 나타났다. 구체적으로 기본 앉은자세에서는 4.04% 증가하였으며, 걷는자세에서는 5.54% 증가하였다.

둘레 항목 결과는 본 연구 방법과 유사한 Choi and Ashdown (2011)의 연구와 Lee et al. (2020)의 연구와 유사하게 나타났다. 가슴, 허리는

두 가지 앉은자세에서 크게 변화하는 것으로 나타났으며, 팔의 움직임에 따라 목이나 가슴둘레가 영향을 받는 것이 확인되었다.

둘레 항목은 움직임에 따라 쉽게 변하며 가슴이나 허리 등은 의복 사이즈 체계의 기준이 되기 때문에 다방면으로 분석할 필요성이 있다. 이를 위해 가슴, 허리, 엉덩이 단면을 선택하여 단면 면적의 변화량을 분석하였다. 또한, 본 연구 결과를 활용하여 인체의 움직임을 반영하는 새로운 의류 사이즈 체계를 개발할 수 있을 것으로 기대되며, 앉은자세들의 인체 치수는 휠체어 사용자나 사이클 선수 등 앉은자세가 중요한 대상을 위한 의복 패턴을 개발하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 9. Dimensional changes between static and dynamic postures - circumference

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	(Posture 6) 
	Mean±SD(mm) Percentage(%) / <i>p</i>					
Neck Base Circumference	443.76±13.3	440.35±13 -0.77 / <b>.004**</b>	443.53±14.2 -0.05 / .742	438.39±14.5 -1.21 / <b>.001**</b>	442.56±12.7 -0.27 / .399	438.65±14.8 -1.15 / <b>.008**</b>
Chest Circumference	939.48±68.5	948.10±74.7 0.92 / <b>.013*</b>	956.68±68.3 1.83 / <b>.000***</b>	922.83±62.3 -1.77 / <b>.002**</b>	944.76±67.1 0.56 / <b>.032*</b>	937.99±62.1 -0.16 / .603
Under bust circumference	871.76±67.2	878.35±72.0 0.76 / <b>.015*</b>	881.90±64.9 1.16 / <b>.024*</b>	870.85±54.1 -0.1 / .906	868.09±63.1 -0.42 / .318	868.45±59.8 -0.38 / .437
Waist Circumference	765.07±37.1	764.01±38.6 -0.14 / .471	802.10±36.9 4.84 / <b>.000***</b>	792.79±41.9 3.62 / <b>.000***</b>	770.53±35.8 0.71 / <b>.010*</b>	769.30±32.7 0.55 / .197
Waist Circumference (Omphalion)	792.05±39.5	788.41±37.8 -0.46 / <b>.008**</b>	813.31±43.5 2.68 / <b>.000***</b>	798.96±45 0.87 / .187	794.58±43.6 0.32 / .484	791.79±41.5 -0.04 / .944
Hip Circumference	938.71±28	938.56±28.2 -0.02 / .669			943.69±30.1 0.53 / <b>.027*</b>	938.47±27.7 -0.03 / .584
Knee Circumference	357.37±15.3	357.78±15.7 0.11 / .155	366.67±14.2 2.6 / <b>.000***</b>	366.50±14.3 2.55 / <b>.000***</b>	355.12±9.8 -0.63 / .515	358.56±14.7 0.33 / .188
Midthigh Circumference	538.33±26.6	538.12±26.4 -0.04 / .465	534.50±28.3 -0.71 / .221	534.40±28.2 -0.73 / .205	542.90±28.1 1.41 / <b>.014*</b>	538.01±26.7 -0.06 / .259
Calf Circumference	369.79±18.6	369.56±19.1 -0.06 / .514	375.78±19 1.62 / <b>.001**</b>	375.98±18.8 1.67 / <b>.000***</b>	371.92±18.9 0.58 / <b>.046*</b>	369.72±18.6 -0.02 / .833
Ankle Circumference	216.16±10.6	216.21±10.9 0.02 / .854	216.76±11.1 0.28 / .396	216.88±11.3 0.33 / .321	217.24±10.8 0.5 / <b>.017*</b>	216.50±10.8 0.16 / .293
Stretch Upper Arm Circumference	292.29±30.6	295.70±28 1.17 / .336	304.09±32.9 4.04 / <b>.001**</b>	297.41±28.4 1.75 / .067	308.48±28.9 5.54 / <b>.000***</b>	300.02±22.8 2.64 / .059

\**p*<.05, \*\**p*<.01, \*\*\**p*<.001







#### 2.2.4 너비, 깊이 항목

유의수준 95% 수준에서 너비 및 깊이 항목의 검정 결과는 Table 10과 같다. 팔을 움직임에 따라 어깨점이 몸통 안쪽으로 움직이게 되는 응용앉은자세와 응용선자세2에서 어깨너비가 유의미하게 감소하였다. 가슴너비 또한 팔의 움직임에 영향을 많이 받는데, 팔을 올리거나 내리는 과정에서 옆 가슴 쪽 근육과 지방이 움직이게 되고 이러한 영향으로 네 개의 동작(응용선자세1, 응용앉은자세, 걷는자세, 응용선자세2)에서 가슴너비가 감소하였다.

깊이 항목 중 허리두께는 기본앉은자세에서 유의미하게 증가하였다. 앉은자세에서 허리에 대한 긴장감 완화로 허리둘레와 함께 증가하는 것으로 판단되었으며, 응용앉은자세에서도 허리두께가 증가하였으나 팔을 위로 올리고 있는 동작으로 인해 기본앉은자세보다는 적게 증가하였다. 엉덩이두께의 경우 다리 동작이 발생하는 걷는자세에서 다리 사이가 앞뒤로 벌어짐에 따라 두 개의 측정점이 서로 멀어지게 되어 엉덩이두께 값이 유의미하게 증가하였다.

어깨와 가슴너비는 어깨길리와 겨드랑둘레 등과 함께 변화한다는 것을 확인하였으며 허리두께는 허리둘레와 함께, 엉덩이두께는 다리의 움직임에 따라 변화하는 것을 확인하였다.

Table 10. Dimensional changes between static and dynamic postures - breadth and depth

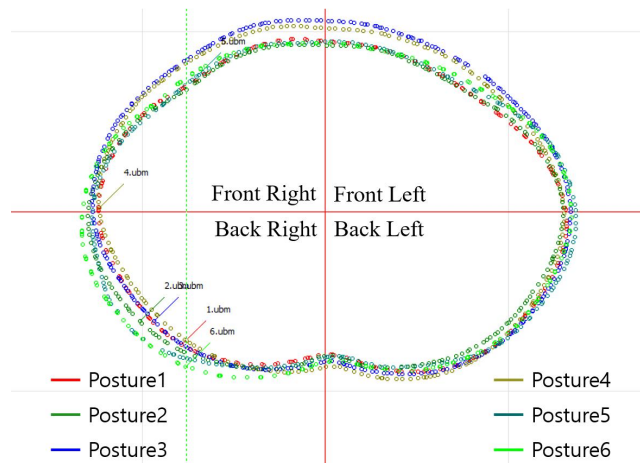
	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	(Posture 6) 
						Mean±SD(mm) Percentage(%) / p
Biacromial Breadth	402.00±19.9	399.50±10.5	408.70±15.5	249.73±26.3	399.95±17.2	372.95±14.7
		-0.62 / .550	1.67 / .158	-37.88 / <b>.000***</b>	-0.51 / .750	-7.23 / <b>.000***</b>
Chest Breadth	335.59±24.7	316.66±22.7	328.86±18.4	320.60±33.8	316.23±13.6	323.12±19.6
		-5.64 / <b>.002**</b>	-2.01 / .174	-4.47 / <b>.018*</b>	-5.77 / <b>.003**</b>	-3.72 / <b>.002**</b>
Waist Depth	193.42±11.5	190.90±12.4	204.42±12.1	200.40±10.6	194.41±13.3	192.79±13
		-1.3 / .296	5.69 / <b>.000***</b>	3.61 / <b>.015*</b>	0.51 / .610	-0.33 / .733
Hip Depth	215.30±17.9	218.87±16.7			220.53±19.4	218.89±16.5
		1.66 / .070			2.43 / <b>.041*</b>	1.67 / .106

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

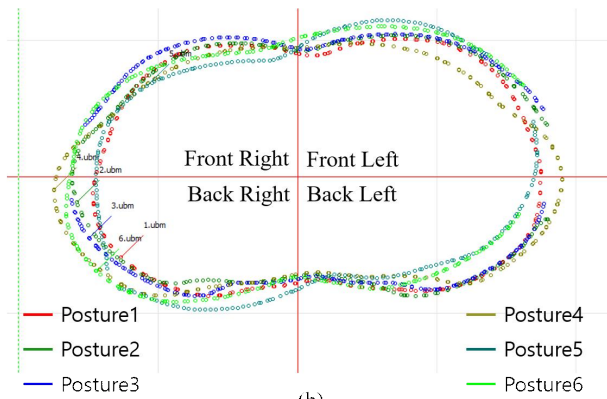
### 2.3. 동적 자세 단면 변화

움직임에 따른 인체 형상의 변화를 분석하고자 움직임에 따라 차이가 크며 의류 사이즈 기준이 되는 세 가지 둘레 단면(가슴, 허리, 엉덩이)을 선택하였다. 연구 참여자 열두 명의 세 가지 둘레 단면을 구한 뒤 (Figure 19) 사분면으로 나눈 뒤 각 사분면 면적의 평균을 구하고 다섯 가지의 동적 자세와 기본선자세의 단면을 비교하였다. 이를 통해 인체의 움직임이 둘레의 앞뒤 좌우 중 어느 부분에 더 큰 영향을 미치는지 파악할 수 있었다.

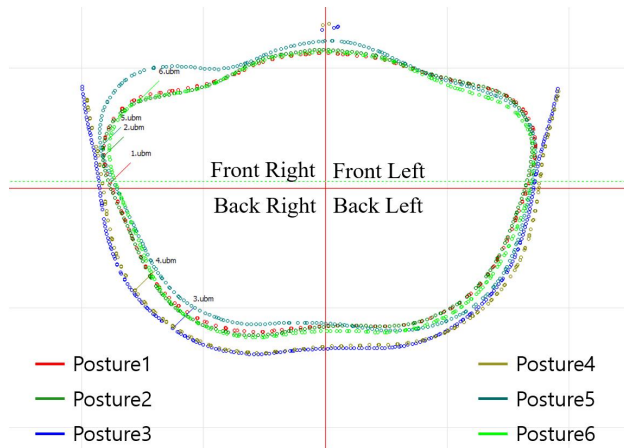




(a)



(b)



(c)

Figure 19. Cross sections of body circumference

(a) waist

(b) chest

(c) hip

### 2.3.1 가슴단면

유의수준 95%에서 가슴단면의 검정 결과는 Table 11과 같다. 움직임에 따른 사분면 면적 변화의 예시는 Figure 20과 같다.

응용선자세1의 Front Left, Front Right, Back Left에서 차이가 발생하였는데, 오른쪽 팔을 앞으로 뺀는 과정에서 가슴둘레 오른쪽 부분이 몸의 안쪽으로 들어오게 되어 Front Right의 면적이 감소한 것으로 보인다. 또한 왼쪽 팔꿈치를 접고 몸통 쪽으로 붙이는 과정에서 Front Left와 Back Left의 면적이 전체적으로 증가하였다(Figure 20a).

기본앉은자세에서는 전체적으로 면적이 증가하였으나, Back Left를 제외하고는 유의하지 않았다(Figure 20b).

응용앉은자세의 Front Left, Front Right, Back Left에서 면적의 감소가 발생하였다(Figure 20c). 이는 팔을 위로 올리는 과정에서 가슴 관련 뼈, 근육 그리고 지방이 신장하게 되며 굴곡을 지우는 이유로 발생한 것으로 판단되었으며, 근육과 지방의 부피가 큰 앞쪽에서 감소가 더 크게 나타난 것을 확인할 수 있다.

걸는자세에서는 왼쪽 팔을 앞으로, 오른쪽 팔을 뒤로 보내는 과정에서 몸통이 오른쪽으로 돌아가는 경향이 있었으며, 이러한 영향으로 Back Left는 감소, Back Right는 증가하였다(Figure 20d).

응용선자세2의 Front Left, Front Right, Back Right에서 차이가 발생하였다. 오른쪽 팔을 오른쪽을 향해 뺀는 과정에서 몸통이 돌아가면서 Front Right가 감소하였으며 Front Left, Back Right는 반작용으로 증가하였다(Figure 20e).

가슴단면은 팔의 움직임에 큰 영향을 받았으며, 그 외 상체의 움직임에 따라서 변화하는 것으로 나타났다. 본 연구는 남성을 중심으로 한 연구 결과이기 때문에 여성의 경우 유방의 움직임(Jeon et al., 2020)으로

인해 남성과 다른 결과가 나타날 것으로 예상되었다. 이에 따라 본 연구 결과를 활용하여 남성과 여성의 가슴 면적 차이를 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2.3.2 허리단면

유의수준 95%에서 허리단면의 검정 결과는 Table 12와 같다. 움직임에 따른 각 사분면의 변화는 Figure 21과 같다.

응용선자세1은 기본선자세와 허리단면의 면적 차이가 없었는데 이는 허리부위는 가슴부위보다 팔의 움직임에 영향을 덜 받기 때문인 것으로 보인다(Figure 21a).

기본앉은자세에서는 복부 긴장감이 느슨해지고 근육이 이완되는 동시에 몸통이 숙여지면서 몸통길이가 줄어들어 복부 지방이 눌리게 된다. 이에 따라 허리단면 면적이 전체적으로 크게 증가하였으며, 상대적으로 근육과 지방이 많이 분포하고 있는 Front Left, Front Right에서 면적이 더 많이 증가하였다(Figure 21b).

응용앉은자세에서도 기본앉은자세와 동일한 이유로 전체적으로 허리단면 면적이 증가하였으나, 팔을 위로 쭉 뻗은 영향으로 인해 몸통의 길이가 신장되어서 기본앉은자세에서보다는 허리단면의 면적이 적게 증가하였다(Figure 21c).

걷는자세에서는 가슴둘레 면적의 결과와 동일하게 몸통의 회전과 팔의 움직임을 바탕으로 Front Left, Back Right의 면적이 증가하였다(Figure 21d).

응용선자세2에서는 허리단면 면적 변화량이 크지 않았으나 팔의 움직임으로 인해 Front Left, Front Right, Back Right에서 면적이 증가하였다(Figure 21e).

허리단면은 몸통의 회전이나 몸통의 길이 증감 등 몸통 움직임에 영향을 크게 받았으며 그 외에도 팔이나 다리 움직임의 영향을 받았다. 허리단면의 경우 대체로 지방과 근육이 많이 분포한 앞쪽에서 변화량이 크게 나타나 의복 패턴을 설계할 때 앞판의 여유량을 충분히 고려해야 함을 확인할 수 있었다. 유사한 방법으로 마른, 일반 그리고 비만 체형의 단면 면적 변화를 비교하고 체형에 따른 의복 패턴 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2.3.3 엉덩이단면

유의수준 95%에서 엉덩이단면의 검정 결과는 Table 13과 같다. 움직임에 따른 각 사분면의 변화는 Figure 22와 같다.

엉덩이단면의 면적은 기본선자세에 비해 응용선자세1에서 전체적으로 감소하였다. 이는 팔을 앞으로 뻗을 때 엉덩이 근육에 가해지는 긴장감 때문으로 보였다. 특히 Front Right와 Back Left의 면적이 감소하였다(Figure 22a).

엉덩이는 상체의 무게에 의해 지방과 근육이 늘리기 때문에 기본앉은 자세와 응용앉은자세에서 엉덩이 단면 면적이 크게 증가하였다. 엉덩이 단면은 Figure 22b와 같이 전후방보다는 좌우 측에서 많이 증가하였다. 응용앉은자세는 기본앉은자세와 전체적으로 같은 결과를 보였으며, 이를 통해 팔의 움직임은 엉덩이단면 면적 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.

응용앉은자세에서는 Front Left, Front Right, Back Right, 그리고 Back Left의 면적이 모두 증가하였다(Figure 22c).






걷는자세에서는 다리의 움직임에 따라 각각의 엉덩이단면 변화가 다르게 나타났다. 오른쪽 다리가 앞으로 나가면 Front Right는 증가하였고

Back Right는 감소하였다. 왼쪽 다리가 뒤로 움직이면 Front Left는 감소하였고 Back Left는 증가하였다(Figure 22d).

응용선자세2는 기본선자세와 차이가 없는 것으로 나타났다 (Figure 22e).






엉덩이단면은 팔의 움직임에는 거의 영향을 받지 않았으며, 상체 움직임보다는 다리 움직임과 하체 위치 변화에 크게 영향을 받았다. 연구 결과에 따르면 앉은자세들에서 엉덩이단면이 크게 변화하였는데 이를 바탕으로 앉은자세에서 엉덩이가 눌리는 형태를 분석하면 인간공학적 의자 설계에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 11. Comparison of chest cross sections

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	Mean±SD( $cm^2$ ) Percentage(%) / <i>p</i>
Front Left	1722.7±216.5	1772.1±199 2.87 / <b>.027*</b>	1766.4±181.5 2.54 / .107	1539.4±172.1 -10.64 / <b>.000***</b>	1748.4±202.5 1.49 / .138	1801.8±197.3 4.59 / <b>.001**</b>
Front Right	1670.7±254.6	1579.8±245.6 -5.44 / <b>0.49*</b>	1728.1±251.1 3.44 / .139	1502.3±208.3 -10.07 / <b>.001**</b>	1671.9±205.3 0.07 / .967	1469.6±204.6 -12.04 / <b>.000***</b>
Back Right	1635.2±255.4	1652.3±269.4 1.05 / .743	1657.9±316.2 1.39 / .765	1667.6±185.8 1.98 / .507	1836.6±275.1 12.31 / <b>.003**</b>	1724.6±224.3 5.47 / <b>.039*</b>
Back Left	1719.3±257.4	1821.3±254.6 5.93 / <b>.008*</b>	1774.6±225.7 3.21 / <b>.039*</b>	1643±234.8 -4.44 / <b>.047*</b>	1594.7±261.2 -7.25 / <b>.000***</b>	1687.5±266.9 -1.85 / .306







\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Table 12. Comparison of waist cross sections

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	Mean±SD( $cm^2$ ) Percentage(%) / <i>p</i>
Front Left	1054.4±117.8	1066.4±95.3 1.14 / .443	1162±121.1 10.2 / <b>.000***</b>	1151±108.7 9.16 / <b>.001**</b>	1114.6±121.9 5.71 / <b>.000***</b>	1106.7±89.7 4.96 / <b>.005*</b>
Front Right	1059.6±83.7	1053.9±94.1 -0.53 / .534	1160.1±85.5 9.49 / <b>.000***</b>	1152.4±65.4 8.76 / <b>.000***</b>	1079.9±96.2 1.92 / .125	1083.8±87.7 2.29 / <b>.028*</b>
Back Right	1136.6±161.5	1159.9±172.5 2.05 / .145	1218.9±171.5 7.24 / <b>.000***</b>	1153.5±159.6 1.48 / .212	1198.8±175 5.47 / <b>.005*</b>	1178.4±148.6 3.68 / <b>.006*</b>
Back Left	1170.8±124.7	1173±145.9 0.18 / .778	1251.4±130.2 6.88 / <b>.000***</b>	1202.7±124.3 2.72 / <b>.033*</b>	1166±155.3 -0.41 / .762	1178.9±138.2 0.69 / .631

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Table 13. Comparison of hip cross sections

	(Posture 1) 	(Posture 2) 	(Posture 3) 	(Posture 4) 	(Posture 5) 	Mean±SD( $cm^2$ ) Percentage(%) / <i>p</i> (Posture 6) 
Front Left	1663.5±122.1	1663.4±113.7 -0.01 / .998	2133.1±169.2 28.23 / <b>.000***</b>	2117.1±181.4 27.27 / <b>.000***</b>	1610.2±118.7 -3.2 / <b>.009*</b>	1673.5±110.4 0.6 / .578
Front Right	1648.7±104.6	1620.7±105.8 -1.7 / <b>.037*</b>	2221.1±211.5 34.72 / <b>.000***</b>	2237.3±207.2 35.7 / <b>.000***</b>	1871.8±179.2 13.53 / <b>.000***</b>	1645.7±100.7 -0.18 / .823
Back Right	1580.2±113.6	1571.7±125.3 -0.54 / .287	1939.2±159.5 22.72 / <b>.000***</b>	1954.3±154.8 23.68 / <b>.000***</b>	1456.4±94.3 -7.84 / <b>.000***</b>	1604.9±115.1 1.57 / .117
Back Left	1599±112.8	1568.8±129 -1.89 / <b>.008*</b>	1912.4±186.8 19.6 / <b>.000***</b>	1937.4±163.4 21.16 / <b>.000***</b>	1747.±112.8 9.27 / <b>.000***</b>	1601.2±121.6 0.14 / .894

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

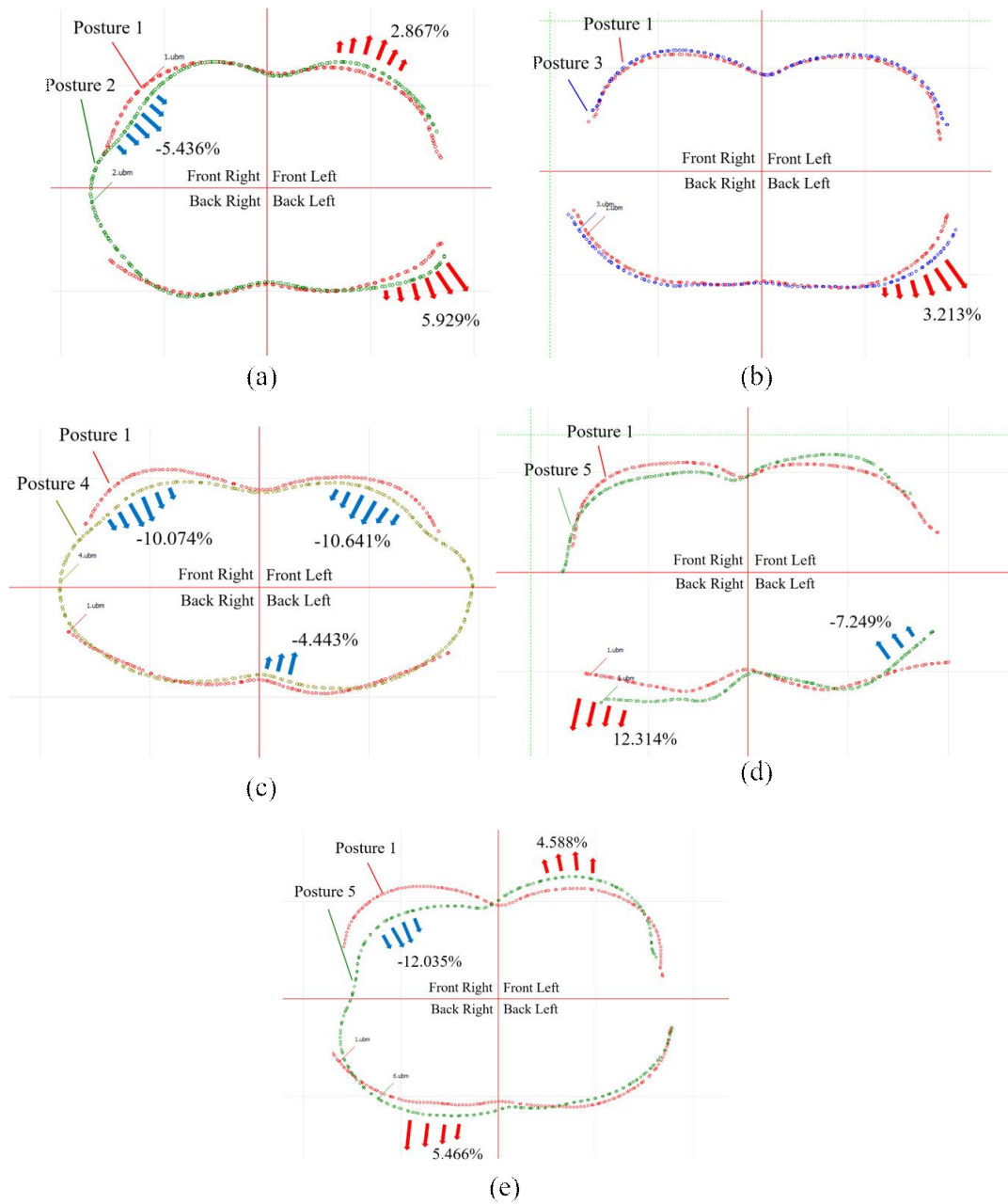


Figure 20. Comparison of chest cross section areas

- (a) posture 1 and 2
- (b) posture 1 and 3
- (c) posture 1 and 4
- (d) posture 1 and 5
- (e) posture 1 and 6



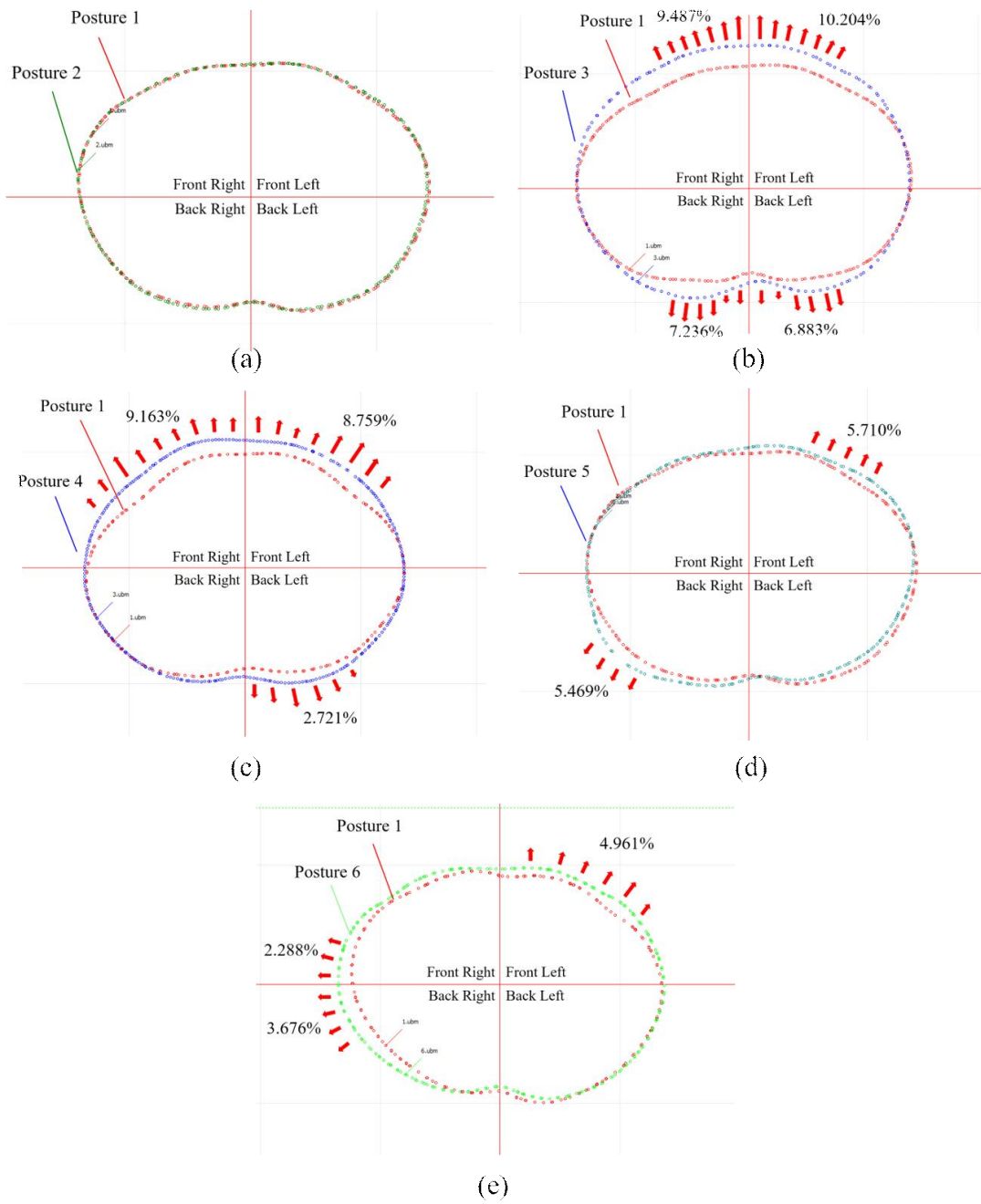


Figure 21. Comparison of waist cross-section areas

- (a) posture 1 and 2
- (b) posture 1 and 3
- (c) posture 1 and 4
- (d) posture 1 and 5
- (e) posture 1 and 6

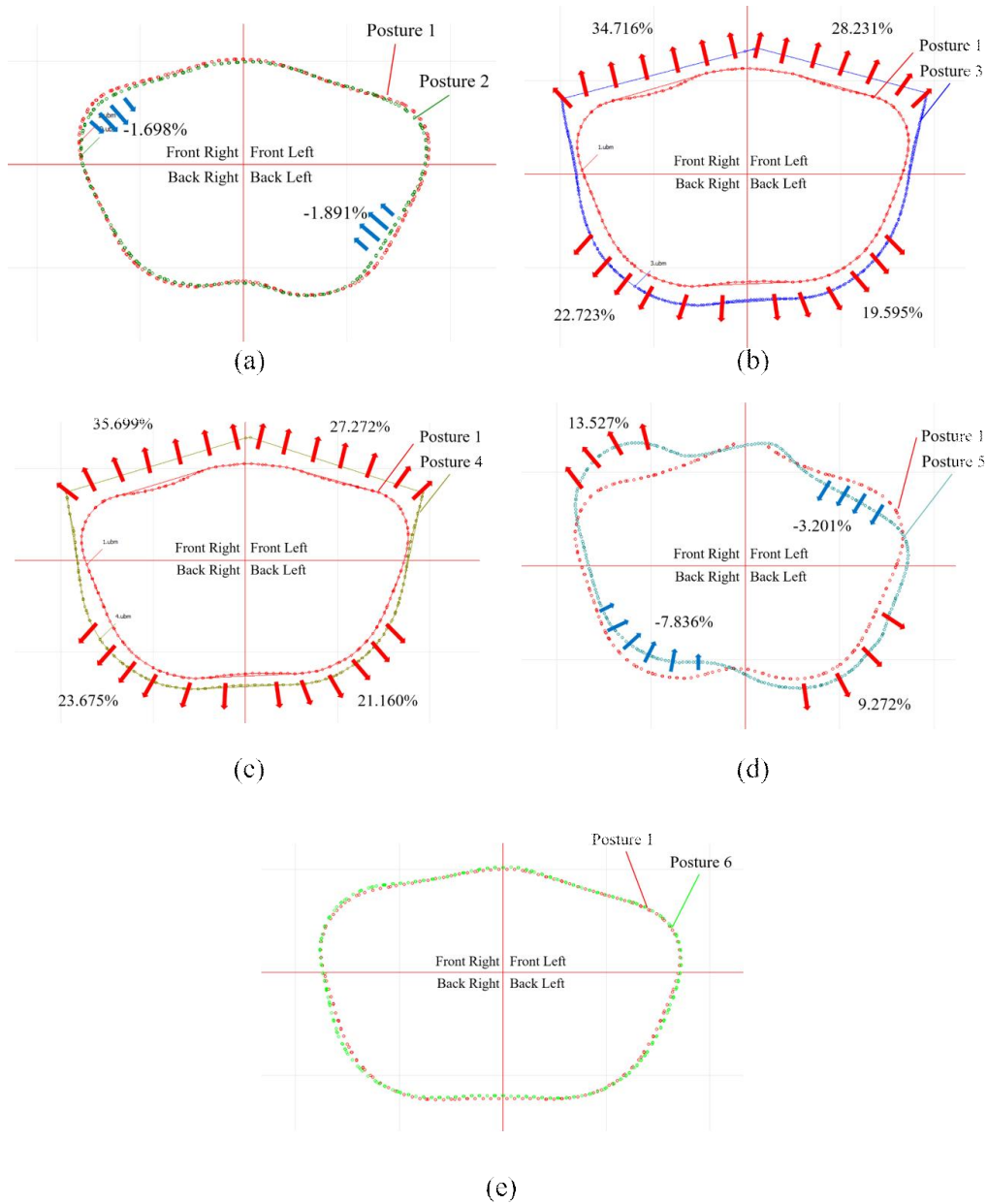


Figure 22. Comparison of hip cross-section areas

- (a) posture 1 and 2
- (b) posture 1 and 3
- (c) posture 1 and 4
- (d) posture 1 and 5
- (e) posture 1 and 6

## 제 3 절 동적 자세를 반영한 파라메트릭 패턴

### 3.1. 파라메트릭 패턴 시스템의 동적 데이터 적용

인체의 동작으로 인한 형상 변화를 고려하지 않고 설계된 의복을 착용하면 동작으로 인해 의복으로 보호되어야 할 인체가 노출되어 안전 문제가 일어날 수 있으며, 올바르지 않은 맞춤새로 인한 행동 제약 또한 발생할 수 있다. 이러한 문제들을 해결하려면 의복 패턴에 착용자의 동적인 특성을 반영할 필요가 있다. 이를 위해 Table 3에 제시된 동작에 따른 인체 치수 데이터 세트를 활용하였으며, 앉은자세인 Posture 3, 4의 Height와 Crotch height는 기본자세인 Posture 1과 동일한 사이즈를 사용하였다.

#### 3.1.1 모든 자세 인체 치수 반영

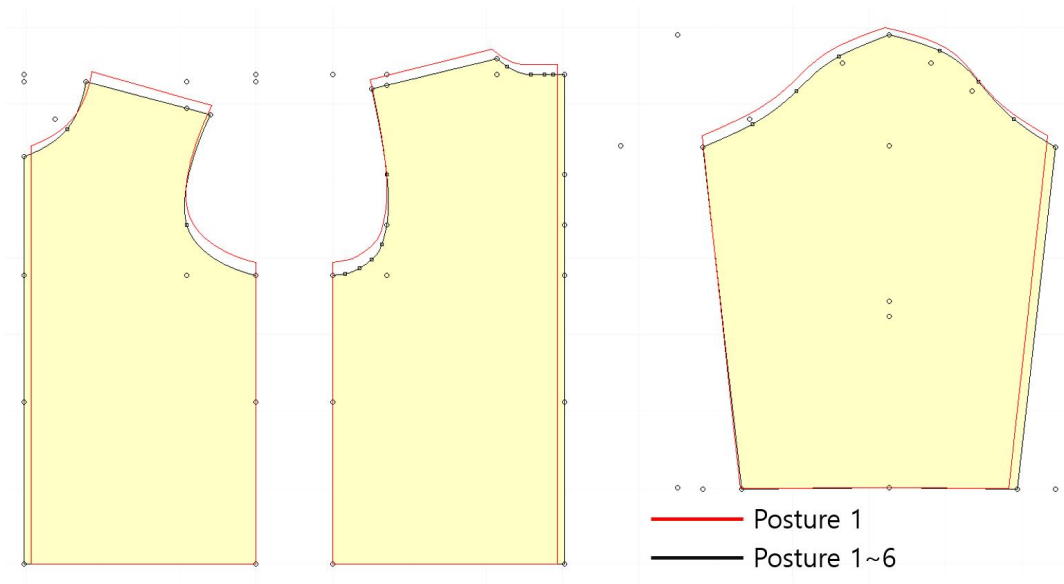
기본선자세(Posture 1)를 기준으로 제도가 된 의복 패턴에 여섯 가지 자세의 인체 치수 데이터 세트를 균일한 비율로 대입하여 의복 패턴을 자동으로 생성하였다. 이를 통해 의복 패턴에 여섯 가지 자세의 인체 치수를 부여할 수 있었다. Figure 23은 패턴의 변화를 보여주는 것으로 빨간 선은 변형 전의 원형 패턴이고 검은 선은 움직임에 따라 변화한 인체 치수를 반영한 새로운 패턴이다. 새롭게 변화된 상의 패턴은 가슴, 허리, 엉덩이둘레가 증가하고 신장, 등, 팔길이는 감소하여 새로운 형태로 변형되었다(Figure 23a). 하의 패턴은 변화가 크지 않았으나 허리, 엉덩이둘레, 무릎높이가 증가하고 신장, 엉덩이높이가 감소하여 새로운 형태로 변형되었다(Figure 23b).

### 3.1.2 개별 자세 인체 치수 반영

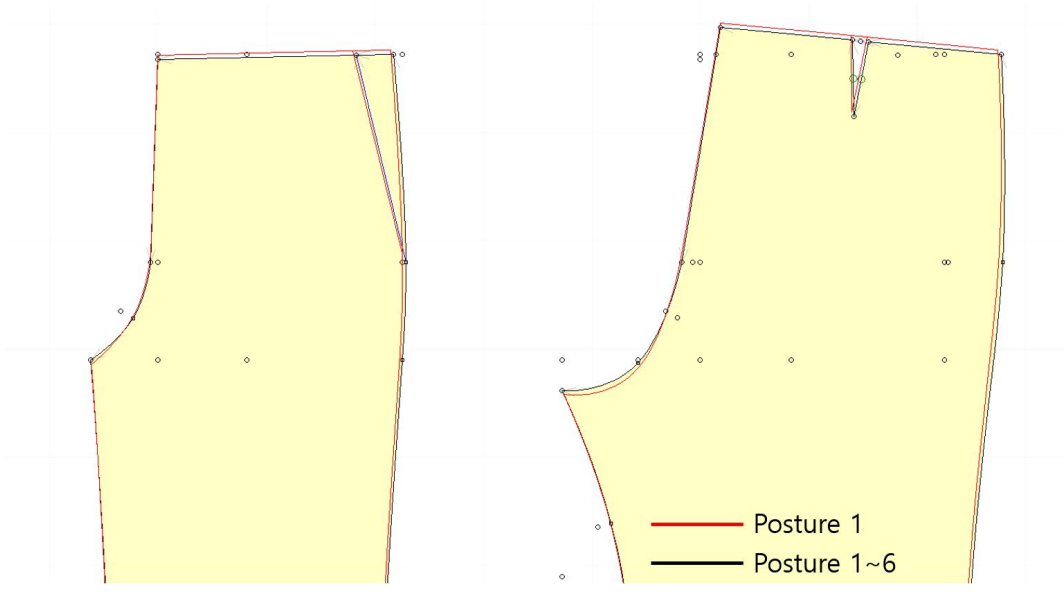
Figure 24는 여섯 가지 동작의 인체 데이터 세트를 각각 반영하여 제작한 패턴을 겹쳐서 패턴의 형태 변화를 확인한 것이다. Figure 24a의 경우 본 연구에서 선정된 여섯 가지 인체 동작이 대부분 상체의 움직임을 나타내고 있어 패턴 형태의 변화가 전체적인 길이, 어깨, 암홀 부위에서 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그러나 Figure 24b와 같이 기본 슬랙스 패턴의 경우 대다수의 동적 자세에서 하체와 관련된 인체 치수의 변화가 크게 나타나지 않아 패턴의 형태 변화가 크지 않음을 확인할 수 있다.

### 3.1.3 가중치를 이용한 인체 치수 반영

3.1.1과 같이 동작에 따른 인체 치수 세트를 동일한 비율로 반영하는 것이 아닌 동작의 중요도나 빈도를 바탕으로 인체 치수에 가중치를 부여하여 패턴을 생성할 수 있도록 하였다. 이러한 기능은 패턴에 동작성을 부여하는 동시에 각각의 동작에 대한 중요도 또한 패턴에 반영할 수 있다는 장점이 있다. Figure 25a는 기본앉은자세(posture 3)와 응용선자세 2(posture 6)의 비율을 다른 자세의 4배와 2배로 하여 만든 패턴의 예시이다. Figure 25b는 응용선자세1(posture 2)과 걷는자세(posture 5)의 비율을 다른 자세의 두 배와 세 배로 입력하여 만든 패턴의 예시이다. 이러한 방법으로 자세마다 치수의 영향을 달리하여 새로운 형태의 의복 패턴을 제작할 수 있다.

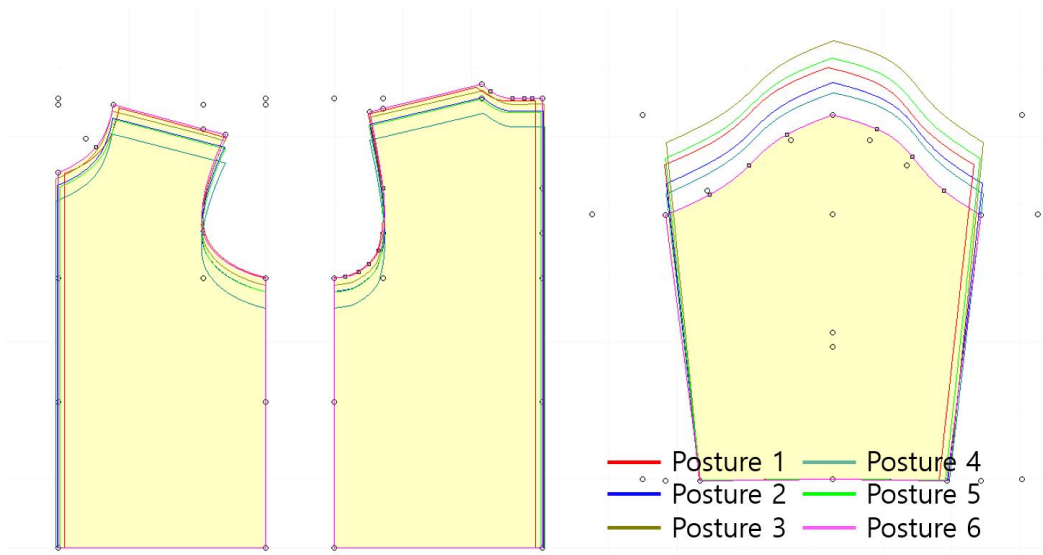


(a)

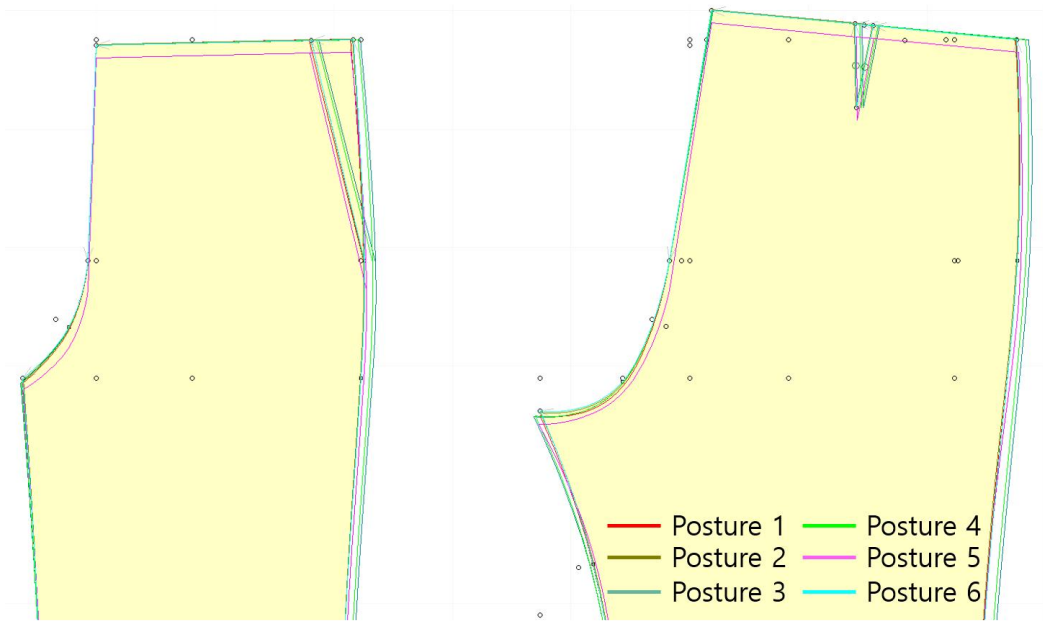


(b)

Figure 23. Example of averaged pattern variation  
 (a) Shirt pattern  
 (b) Slacks pattern

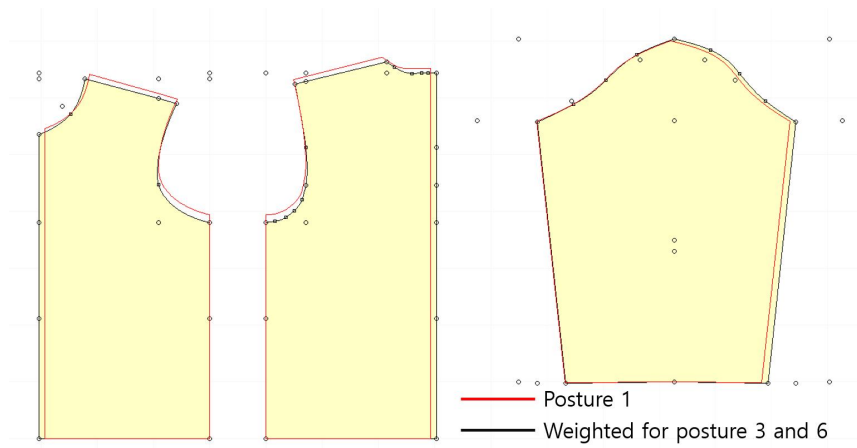


(a)

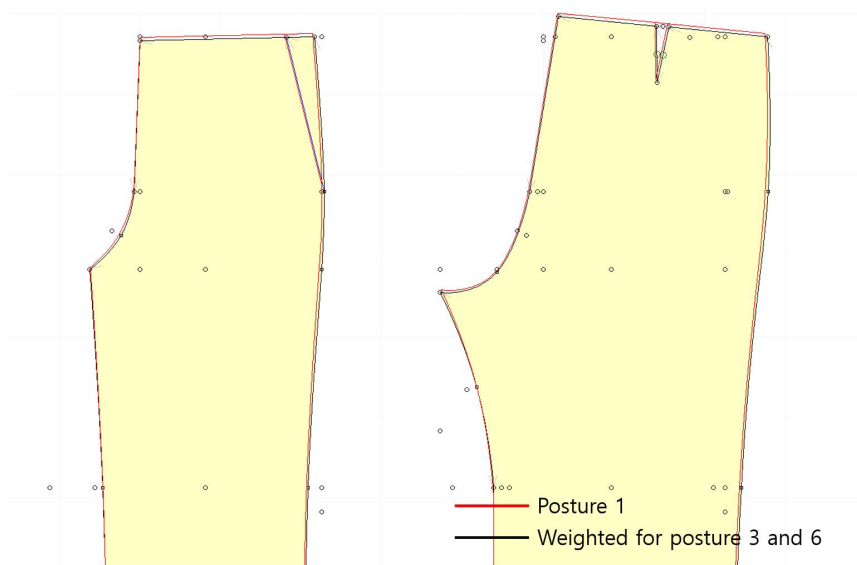


(b)

Figure 24. Example of individual posture pattern variation  
 (a) Shirt pattern  
 (b) Slacks pattern



(a)



(b)

Figure 25. Example of weighted pattern variation

(a) Shirt pattern

(b) Slacks pattern

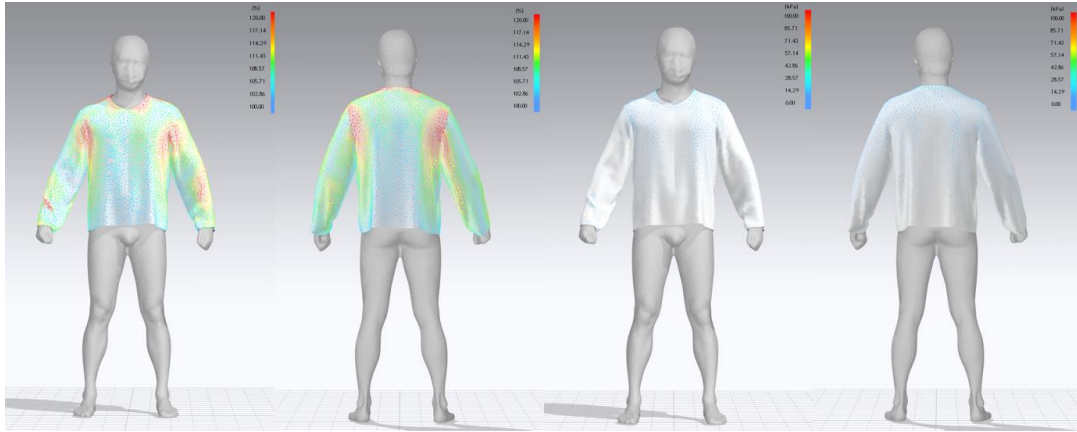
## 제 4 절 동적 자세를 반영한 패턴의 맞춤새 비교

### 4.1 모든 자세 인체 치수 반영

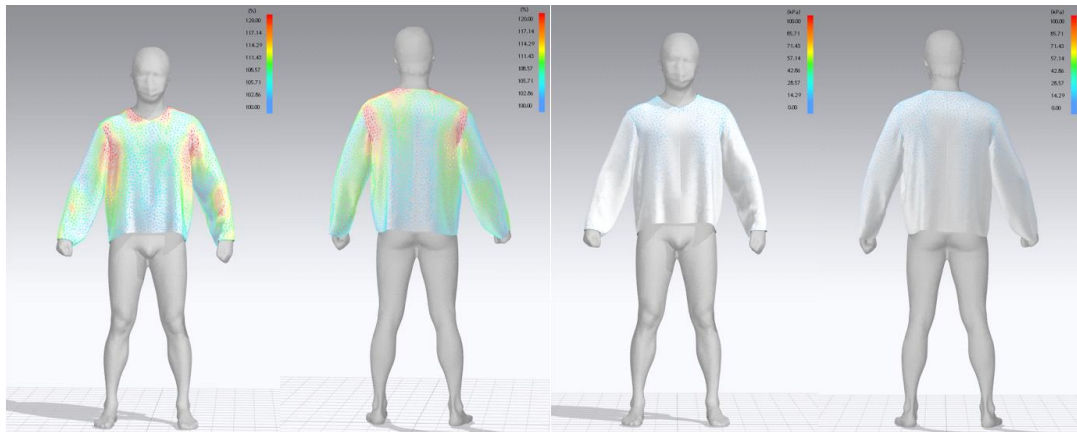
본 연구에서 개발한 프로세스를 사용해 제도한 패턴을 기본선자세를 기준으로 제도된 기존 패턴과 비교하기 위해 3.1.1에서 제작한 남성 기본 셔츠 원형 패턴을 CLO 3D에서 가상착의하였다. 본 연구에서 선정된 동작들은 상체 움직임을 더 잘 표현하고 있기 때문에 상의 패턴을 중심으로 변형률과 응력 분포를 확인하였다. Figure 26a는 Table 3의 Posture 1의 인체 사이즈를 기준으로 생성된 패턴의 변형률과 응력 분포이고 Figure 26b는 Posture 1~6까지의 인체 치수를 모두 반영한 의복 패턴의 변형률과 응력 분포이다. 응력 분포는 큰 차이가 없으나 변형률의 경우 Figure 26a에서 의복 변형이 더 적게 일어나는 것으로 나타났다.

그러나 Figure 27과 Figure 28에서 볼 수 있듯이 다른 자세들에서는 모든 자세의 인체 치수를 반영한 의복 패턴이 더 나은 맞춤새를 보이는 것을 확인할 수 있다. Figure 27a는 기존의 의복 생산 방식인 Posture 1을 기준으로 생성된 의복 패턴을 여러 자세에 착용하고 나타난 변형률이고 Figure 27b는 본 연구에서 제시한 모든 자세의 인체 치수를 반영한 의복 패턴을 착용하고 나서의 변형률이다. 가슴, 등 부위 주변에서 Figure 27b의 변형률이 더 적게 나타났다. 또한, Posture 5, 6에서 소매 길이가 더 잘 맞으며, 팔을 움직이는 동작 등에서 복부의 노출이 덜 발생하는 것으로 나타났다. 응력 분포 또한 Figure 28a에서 더 크게 나타났다는데 동작으로 인해 의복이 당겨지는 소매, 등, 가슴부위 등에서 더 두드러지게 나타났다.





(a)



(b)

Figure 26. Simulation of averaged pattern

(a) Clothing pattern based on Posture 1

(b) Clothing pattern based on Posture 1~6

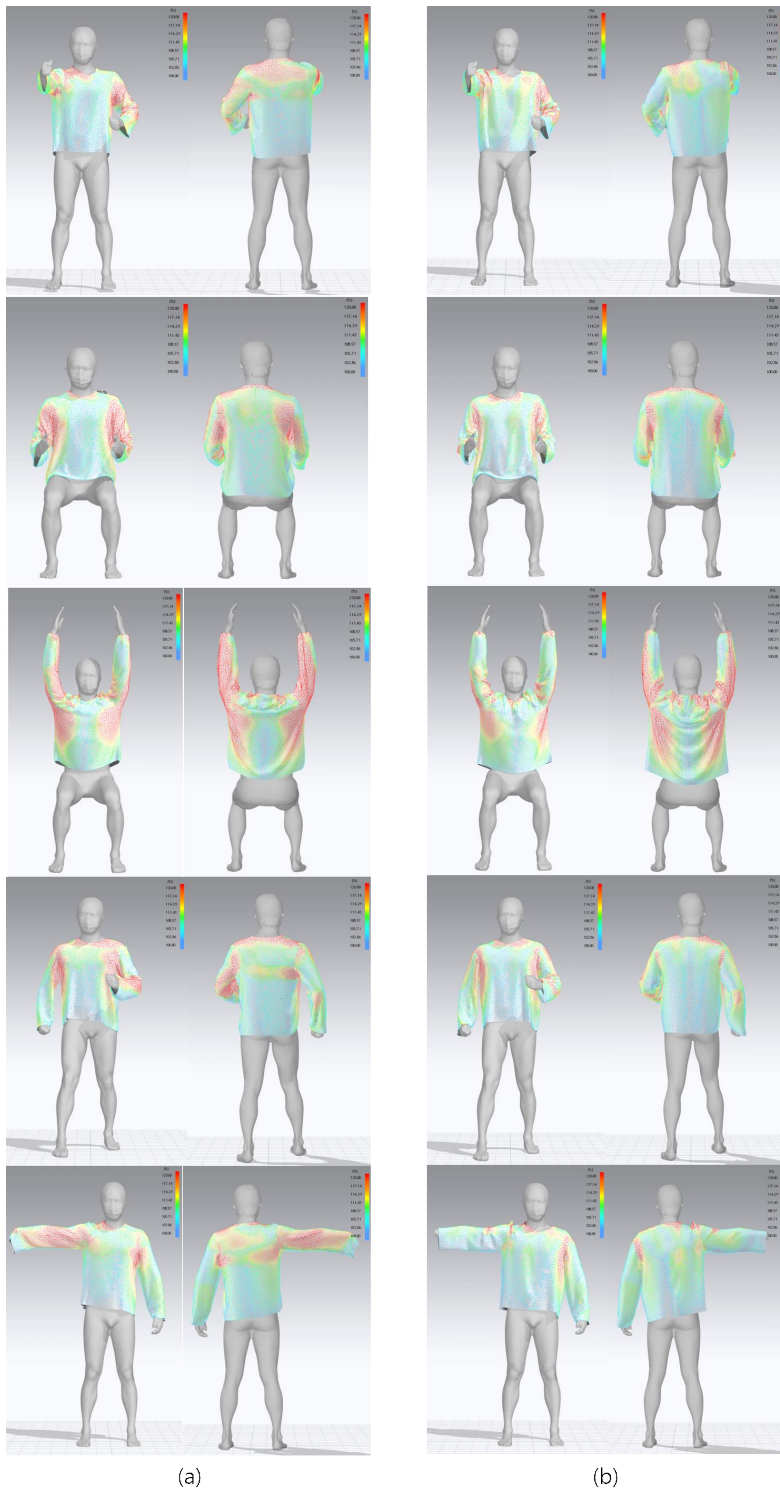


Figure 27. Averaged pattern strain map  
 (a) Clothing pattern based on Posture 1  
 (b) Clothing pattern based on Posture 1~6



Figure 28. Averaged pattern stress map  
 (a) Clothing pattern based on Posture 1  
 (b) Clothing pattern based on Posture 1~6

## 4.2 개별 자세 인체 치수 반영

Figure 29는 개별 자세의 인체 치수로 생성된 의복 패턴(Figure 24)을 가상착의했을 때 나타난 변형률과 응력 분포이다. 개별 자세의 인체 치수를 기준으로 생성된 의복 패턴이기 때문에 Posture 1을 기준으로 생성된 패턴인 Figure 27a, Figure 28a보다 응력, 변형률 분포가 적게 나타나 좋은 맞음새를 확인할 수 있다.

## 4.3 자세별 가중치를 이용한 인체 치수 반영

기본앉은자세(posture 3)와 응용선자세2(posture 6)의 비율을 다른 자세의 4배와 2배로 입력하여 만들어진 패턴(Figure 25a)을 기본앉은자세와 응용선자세2에 가상착의하였다(Figure 30).

기본앉은자세의 경우 4.1에서 제시한 모든 인체 치수를 반영하는 패턴보다 전반적으로 응력과 변형률이 적게 나타나 더 좋은 맞음새를 보이는 것을 확인할 수 있었다(Figure 30a). 그러나 응용선자세2(Figure 30b)의 경우 다른 자세에 비해 팔길이가 짧는데, 다른 자세에 비해 팔길이가 긴 기본앉은자세의 비율이 크게 들어갔기 때문에 패턴의 팔길이가 길어져 어깨 주위에서 주름이 많이 발생하였다. 이러한 점을 제외하고 가슴이나 등에서는 다른 기준으로 생성된 패턴보다 더 나은 맞음새를 보였다.

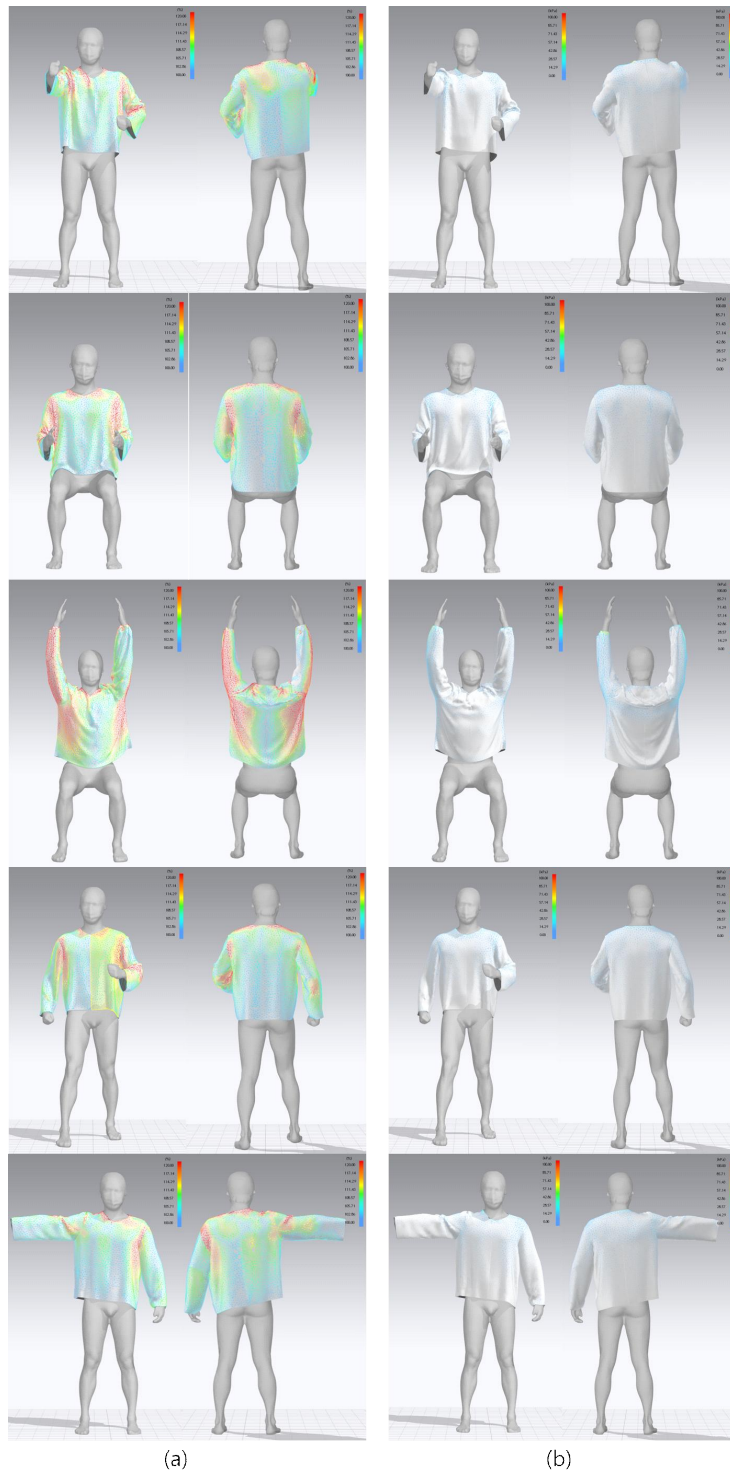


Figure 29. Simulation of individual posture pattern

(a) Strain

(b) Stress

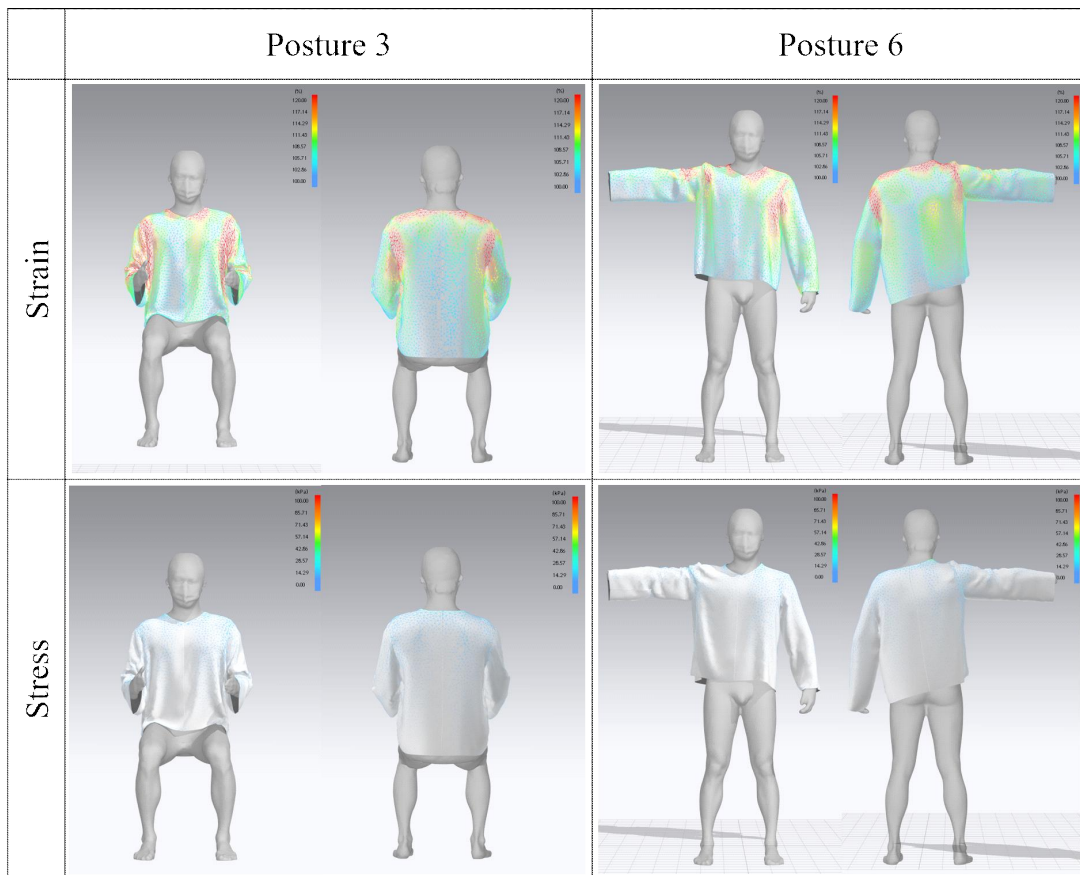


Figure 30. Simulation of weighted pattern

## 제 5 장 결론 및 제언

### 제 1 절 연구 결과 요약 및 연구 의의

본 연구는 인간의 동적 자세에 따라 변화하는 인체 형상을 분석하고 이를 기반으로 동적 자세의 특성을 반영하여 의복 패턴을 설계할 수 있는 파라메트릭 패턴 설계 기법을 개발한 연구이다. 이를 위해, 인체 치수에 따라 유기적으로 변화하는 패턴을 설계하기 위해서 인체 치수를 입력하면 패턴을 자동으로 생성하는 파라메트릭 패턴 설계 시스템을 개발하였다. 그리고 6가지 동작을 취한 인체를 스캔하고 여러 동작의 인체 단면을 동시에 비교할 수 있는 소프트웨어를 개발하여 치수와 단면 형상을 분석하였다. 최종적으로 각각의 동작에서 측정된 인체 치수 데이터 세트를 사용자의 니즈에 맞게 입력할 수 있도록 하여 동작을 의복 패턴에 반영하고자 하였다.

구체적인 연구 결과는 다음과 같다. 첫째는, 인체 측정치를 매개변수로 패턴을 제도할 수 있는 파라메트릭 패턴 설계 시스템의 개발이다. 패턴은 액션리스트로 이루어지며 하나의 액션을 수정하면 이후의 모든 액션들에 영향을 미치기 때문에 간단한 조작으로 새로운 패턴을 만들 수 있다. 본 기법은 1대 1 맞춤 의복 생산 및 대량 맞춤 생산에 필수적인 기술로 소비자 중심이며 지속가능한 의류산업으로의 발전을 이끌 것으로 기대된다.

둘째는, 인체 형상 분석 결과 움직임이 많은 의류 제품을 개발할 때 서 있는 자세와 역동적인 자세를 동시에 고려해야 함을 알 수 있었다는

것이다. 인체 치수 변화 분석 결과 걷는자세에서 모든 높이 치수가 변화하는 것으로 확인되었으며, 배꼽수준허리높이가 가장 크게 변화하는 것으로 나타났다. 길이 항목은 응용선자세1에서 5개 항목이 변화하여 가장 많은 수가 변화하였으며, 특히 어깨 부위의 길이 치수들이 변화하였다. 돌려 항목의 경우 앉은자세 두 가지 모두에서 다수의 변화가 나타났으며, 가슴과 허리 관련 돌려 치수가 크게 변화하는 것으로 나타났다. 너비와 두께 항목에서는 두 가지 앉은자세에서 다양한 변화가 나타났으며, 가슴너비가 가장 크게 변화하는 것으로 나타났다.

인체 단면 변화 분석 결과 가슴단면은 모든 자세에서 유의한 변화를 나타냈으며 특히 손이나 어깨를 사용하는 동작에서 그 변화가 크게 나타났다. 허리단면은 응용선자세1을 제외한 나머지 동작에서 변화가 관찰되었으며 이는 가슴보다 팔의 움직임에 영향을 덜 받는 것으로 해석할 수 있었다. 허리단면은 몸통의 움직임이나 위치에 따라 영향을 많이 받는 것을 확인할 수 있다. 엉덩이단면은 응용선자세2를 제외한 모든 동작에서 변화가 관찰되었으며 다리의 움직임이나 엉덩이 자체에 가해지는 힘에 의해서 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

셋째는, 파라메트릭 패턴 설계 시스템을 활용하여 의복 패턴에 동적 자세의 특성을 반영할 수 있었다는 것이다. 3차원 가상착의 프로그램을 통해 응력과 변형률 분포를 확인한 결과 기본선자세로 제작된 의복 패턴보다 여러 동작의 인체 치수를 반영한 의복 패턴이 더 좋은 맞춤세를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 시스템을 활용하면 사용자가 의복 패턴에 적용하고자 하는 동작을 직접 선정하고 선정된 동작들에서 측정된 인체 치수를 의복 패턴에 원하는 비율로 적용할 수 있으며, 이를 통해 동작성이 중요한 의복 패턴을 보다 효율적으로 설계할 수 있을 것으로 기대된다.



## 제 2 절 연구의 한계 및 제언

본 연구의 한계로는 20대 보통 체형 남성으로 한정을 지어 동작에 따라 변화하는 인체 형상을 살펴보았다는 것과 하체의 움직임에 충분하게 설명하는 동작이 부족하여 움직임에 따른 하체 형상의 변화를 구체적으로 파악하지 못하였다는 것이다. 또한, 본 연구에서 활용된 복종 중 여유량이 적은 의복이 존재하지 않아 맞음새의 변화를 다방면으로 살펴보지 못하였다. 그러나 본 연구에서 제시한 프로세스를 따라 새로운 대상과 동작을 선정하여 연구한다면 다양한 자세에 따라 변화하는 인체 형상을 분석하는 것이 가능할 것으로 기대되며, 다양한 여유량을 지닌 복종을 사용하여 후속 연구를 진행한다면 본 연구의 설계 기법을 다방면으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

연구 결과 중 길이 항목의 경우 자세에 따라 극단적 길이 차이가 발생하는 항목이 존재하였다. 이러한 항목들의 경우 단순하게 패턴에 적용하면 해당 자세에서만 착용이 가능한 의복이 될 것이다. 동작에 따라 극단적인 인체 변화량을 의복 패턴에 효율적으로 적용할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다. 또한 본 연구 방법을 바탕으로 다양한 피험자의 동작에 따른 인체 형상 변화를 분석한다면, 움직임에 따라 변화하는 인체 치수를 예측할 수 있는 인체 변화 예측 모델을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

인간은 한 자세로 가만히 있지 않고 지속적으로 움직이기 때문에 움직이는 몸을 분석하여 인체 형상의 변화를 파악할 필요성이 있다. 이를 위해 후속 연구에서는 4D 스캐닝 시스템을 활용하여 움직임에 따른 인체 변화를 파악하고 이를 의복 패턴에 적용하고자 한다. 또한 동작에 따른 의복의 맞음새를 확인하기 위해 가상착의 프로그램에서 옷을 입힌 상

태에서 인체를 움직일 때 변화하는 맛음새를 분석하고자 한다. 이를 위해 움직임에 따라 근육이나 지방의 형상이 변하는 가상 인체를 개발하고 의복 시뮬레이션에 사용할 수 있는 프로세스를 구현하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- Bao, C., Miao, Y., Gu, B., Liu, K., & Liu, Z. (2021). 3D interactive garment parametric pattern-making and linkage editing based on constrained contour lines. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33(5), 696-723.
- Bogović, S., Stjepanović, Z., Cupar, A., Jevšnik, S., Rogina-Car, B., & Rudolf, A. (2019). The use of new technologies for the development of protective clothing: comparative analysis of body dimensions of static and dynamic postures and its application. *Autex Research Journal*, 19(4), 301-311.
- Bragança, S., Carvalho, M., Arezes, P., & Ashdown, S. P. (2017). Work-wear pattern design to accommodate different working postures. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(3), 294-313.
- Chi, L., & Kennon, R. (2006). Body scanning of dynamic posture. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18(3), 166-178.
- Cho, Y. J. & Kim, K. H. (2020). A study on the development of golf base layer patterns using 3D motion analysis. *Journal of Korean Traditional Costume*, 23(1), 33-49.
- Choi, J. & Hong, K. (2015). 3D skin length deformation of lower body during knee joint flexion for the practical application of functional sportswear. *Applied Ergonomics*, 48, 186-201.
- Choi, S., & Ashdown, S. P. (2011). 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions. *Textile research journal*, 81(1), 81-93.
- Choi, Y. L. (2008). *남성복 클래식 패턴* [Men's classic pattern], Kyohakyongusa.
- CLO 3D. (2019). CLO 3D support manual. Retrieved July 12, 2023, from

<https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/360000436368-3D-%EC%9D%98%EC%83%81-%ED%95%8F-%EC%B2%B4%ED%81%AC-%EC%95%84%EC%9D%B4%EC%BD%98>

Human Solutions GmbH & Hohenstein Institute. (n.d.). *German size charts SizeGERMANY- men women and children*. Retrieved December 15, 2019, from <https://www.sizegermany.de>

Gill, S. & Hayes, S. (2012). Lower body functional ease requirements in the garment pattern. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 5(1), 13-23.

Han, H. & Nam, Y. (2009). A comparative analysis of the difference between 3D body scan measurements and physical measurements by gender -5 size korea adult data-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(8), 1190-1202.

Han, S. Y. & Kim, K. H. (2015). A study on the protocol of Yoga slacks with 3D body scanning analysis and movement assessment. *Journal of Korean Traditional Costume*, 18(3), 161-177.

Harwood, A. R. G., Gill, J. & Gill, S. (2020). JBlockCreator: An open source, pattern drafting framework to facilitate the automated manufacture of made-to-measure clothing. *SoftwareX*, 11, 100365.

Im, J. K. & Park, J. D. (2013). A study on form generation methodology using parametric constraints -Focused on the irregular shaped skyscraper. *Journal of the Architectural Institute Korea Planning & Design*, 29(8), 43-50.

International Organization for Standardization, Garment construction and anthropometric surveys- Body dimensions, ISO 8559:1989.

Jeon, E. J., Jung, H. Y., Kim, H. E. & You, H. C. (2020), Analysis of body surface area by fitness motion using 3D scan data of Korean elderly female. *Fashion & Textile Research Journal*, 22(5), 650-659.

- Jeong, S. (2019). A method of hole pattern design of products using parametric design. *Journal of Industrial Design Studies*, 13(4), 85–96.
- Jeong, Y. H. (2008). Pattern development of skate pants allowing for dynamic movement and postures. *Korean Journal of Human Ecology*, 17(1), 115–126.
- Jolly, K., Krzywinski, S., Rao, P. V. M. & Gupta, D. (2019). Kinematic modeling of a motorcycle rider for design of functional clothing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 31(6), 856–873.
- Kim, J. M. & Lee, S. Y. (2019). A study on changes in breadth and depth measurements of women's lower bodies with different postures using 3D scan data - A focus on women aged between 20 and 24 years -. *Journal of the Korean Society of Costume*, 69(3), 61–76.
- Kim, M. & Kim, S. (2018). Development of a script-based versatile three-dimensional body measurement system. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(5), 598–609.
- Kim, S. (2012). Simulation of bespoke garments using parametrically designed patterns. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 24(5), 350–362.
- Kim, S. Y. & Hong, K. H. (2012). Engineering design process of tight-fit sportswear using 3D information of dermatomes and skin deformation in dynamic posture. *Korean Journal of Human Ecology*, 21(3), 551–565.
- Klepser, A. & Morlock, S. (2020). 4D scanning-dynamic view on body measurements. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 1(1), 30–38.
- Klepser, A., Morlock, S., Loercher, C., & Schenk, A. (2020). Functional measurements and mobility restriction (from 3D to 4D scanning). In N. Zakaria & D. Gupta (Eds.), *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 169–199). Woodhead Publishing.

- Korean Agency for Technology and Standards. (2010). 제6차 한국인 인체 치수 3차원 형상 측정 조사사업 보고서 [The 6th Korean human body dimension 3D shape measurement investigation project report]. Size Korea, Retrieved January 15, 2021, from <http://sizekorea.kats.go.kr>
- Korean Agency for Technology and Standards. (2015). 제7차 한국인 인체 치수 3차원 형상 측정 조사사업 보고서 [The 7th Korean human body dimension 3D shape measurement investigation project report]. Size Korea, Retrieved January 15, 2020, from <http://sizekorea.kats.go.kr>
- Korean Agency for Technology and Standards. (2021). 제8차 한국인 인체 치수 3차원 형상 측정 조사사업 보고서 [The 8th Korean human body dimension 3D shape measurement investigation project report]. Size Korea, Retrieved June 01, 2023, from <http://sizekorea.kats.go.kr>
- Lee, A. L., Nam, Y. J. & Chen, L. (2020). Body measurement changes and prediction models for flight pilots in dynamic postures. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 44(1), 84-95.
- Lee, H. C. (2012). *Rules of Pattern*, Kyomunusa.
- Lee, S. W., Kim, K. J., Nam Y. J., Noh, H. S., Jeong, M. S., Choi, K. M., & Choi, Y. K. (2002). *의복체형학* [Somatotype for clothing], Kyohakyongusa.
- Liu, K., Wang, J., Zhu, C. & Hong, Y. (2016). Development of upper cycling clothes using 3D-to-2D flattening technology and evaluation of dynamic wear comfort from the aspect of clothing pressure. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 28(6), 736-749.
- Liu, K., Zeng, X., Wang, J., Tao, X., Xu, J., Jiang, X., Ren, J., Kamalha, E., Agrawal, T. K. & Bruniaux, P. (2018). Parametric design of garment flat based on body dimension. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 65, 46-59.
- Liu, K., Zhu, C., Tao, X., Bruniaux, P., & Zeng, X. (2019). Parametric design of garment pattern based on body dimensions. *International Journal of*

- Industrial Ergonomics*, 72, 212-221.
- Luo, S., Wang, J., Yao, X. & Zhang, L. (2017). A novel method for determining skin deformation of lower limb in cycling. *The Journal of The Textile Institute*, 108(9), 1600-1608.
- Mahnic, M., & Petrak, S. (2013). Investigation of the fit of computer-based parametric garment prototypes. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 6(1), 51-61.
- Mahnic-Naglic, M., Petrak, S. & Zoran, S. (2016). Analysis of tight fit clothing 3D construction based on parametric and scanned body models. In Nicola D. (Ed.), *7th International Conference on 3D Body Scanning Technologies*, Lugano, Switzerland, pp.304-313.
- Monedero, J. (2000). Parametric design: a review and some experiences. *Automation in Construction*, 9(4), 369-377.
- Morlock, S., Lörcher, C., Schenk, A. & Klepser, A. (2019). Body measurements - motion-oriented 3D analysis of body measurements. In Nicola, D. (Ed.), *Proceedings of 3DBODY.TECH 2019 10th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*, Lugano, Switzerland, pp.244-253.
- Ng, R., Yu, W. & Cheung, L. F. (2007). Single parameter model of minimal surface construction for dynamic garment pattern design. *Journal of Information and Computing Science*, 2(2), 145-152.
- Nam, Y. J. & Lee, H. S. (2016). *남성복 패턴제작과 봉제* [Men's wear pattern making and sewing], Kyohakyongusa.
- Park, H. & Do, W. (2020). Application Two-Dimensional pattern development of cycling tights based on the Three-Dimensional body scan data of high school male cyclist. *Fashion & Textile Research Journal*, 22(5), 595-606.
- Park, S. Y. & Kim, K. H. (2019). A study on the patterns of roadbike pants through 3D body scanning analysis and evaluation of movement. *Journal*

- of Korean Traditional Costume*, 22(3), 41-55.
- Parker, C. J., Gill, S. & Hayes, S. G. (2017). 3D body scanning has suitable reliability: an anthropometric investigation for garment construction. In Nicola D. (Ed.), *3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*, Montreal QC, Canada, pp.298-305.
- Parrilla, E., Ballester, A., Parra, P., Ruescas, A., Uriel, J., Garrido, D. & Alemany, S. (2019). MOVE 4D: accurate high-speed 3D body models in motion. In Nicola, D. (Ed.), *Proceedings of 3DBODY.TECH 2019 10th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*, Lugano, Switzerland, pp.22-23.
- Paek, K., J. & Lee, J., R. (2008). Upper body measurement of men using 3D body scanner -compared to anthropometry-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(1), 24-34.
- Pei, J., Griffin, L., Ashdown, S. P. & Fan, J. (2020). The detection of the upper boundary of breasts using 4D scanning technology. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 14(1), 1-11.
- Petrak, S., Naglič, M. M., & Geršak, J. (2020). Sizing and fit for swimsuits and diving suits. In N. Zakaria & D. Gupta (Eds.), *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 255-287). Woodhead Publishing.
- Pulatova, S. & Bebutova, N. (2020). Ergonomic design of overalls for agricultural workers of Uzbekistan, In Antonia, S. (Ed.), *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Krasnoyarsk, Russia, pp.36-45.
- Schwarz-Müller, F., Marshall, R., Summerskill, S. & Poredda, C. (2021). Measuring the efficacy of positioning aids for capturing 3D data in different clothing configurations and postures with a high-resolution whole-body scanner. *Measurement*, 169, 108519.



- Tama, D. & Öndoğan, Z. (2020). Calculating the percentage of body measurement changes in dynamic postures in order to provide fit in Skiwear. *Journal of Textiles and Engineers*, 27(120), 271-282.
- Vasile, S., Cools, J., De Raeve, A., Malengier, B. & Deruyck, F. (2019). Effect of rowing posture on body measurements and skin - sportswear interface pressure and implications on garment fit. *Journal of Industrial Textiles*, 51(2), 206-224.
- Vuruskan, A. & Ashdown, S. P. (2017). Modeling of half-scale human bodies in active body positions for apparel design and testing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(6), 807-821.
- Wu, X. & Kuzmichev, V. (2020). A design of wetsuit based on 3D body scanning and virtual technologies. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33(4), 477-494.
- Xie, H. & Zhong, Y. (2020). Structure-consistent customized virtual mannequin reconstruction from 3D scans based on optimization. *Textile Research Journal*, 90(7-8), 937-950.
- Xiu, Y., Wan, Z. K., & Cao, W. (2011). A constructive approach toward a parametric pattern-making model. *Textile research journal*, 81(10), 979-991.
- Yan, S., Wirta, J. & Kämäräinen, J. K. (2020). Anthropometric clothing measurements from 3D body scans. *Machine Vision and Applications*, 31(1-2), 77-87.
- Yang, X., Chen, L., Jung, K. & You, H. (2020). Potential application of temporal 3D (4D) scanning to ergonomic design: state-of-the-art and its perspectives. *Korean Journal of Human Ecology*, 39(1), 59-71.
- Zhang, F. & Little, T. J. (2018). Dynamic ease evaluation for 3D garment design. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 22(2), 209-222.

## Abstract

# Development of parametric garment pattern design method reflecting dynamic posture

Yeonghoon Kang

Dept. of Fashion and Textiles

The Graduate School

Seoul National University

In this study, a garment pattern design technique using parametric methods to automatically modify the shape of patterns based on individual body dimensions has been developed. The principle of parametric design is to define points, lines, and patterns through an action list or apply various geometric conditions. Additionally, various functions have been developed for the efficient definition of parametric patterns, including dart manipulation, seam allowance, and length adjustments, which are necessary when constructing garment patterns.

To address the issue of fit caused by body movement, an analysis of the dynamic changes in body shape was conducted using

3D scanning technology. Twelve males in their 20s were scanned while performing six different movements, and the changes in body shape were compared and analyzed according to body dimensions and body sections in dynamic postures. For the analysis of body sections, the chest, waist, and hip, which are the reference points in the clothing size system were selected, and the cross sectional shapes were divided into quadrants to systematically analyze the changes in cross sectional shapes.

A method has been developed to incorporate the variations in body dimensions caused by movements into the parametric pattern system. The first method is averaging the body dimensions obtained from all postures and incorporating them into the parametric pattern system. The second method is the reflection of individual posture-specific body dimensions. This method is used when generating garment patterns for each specific movement. The third method involves reflecting body dimensions for each specific posture with weighted considerations. This method is employed when there is a need to distinguish between more important and less important movements.

This study analyzes changes in human body shape according to dynamic postures and reflects them in the parametric pattern design system. The changes in the shape of the human body according to various dynamic postures were examined in various ways. And it is significant that a parametric pattern design technique that can easily be reflected in clothing patterns has been developed. Based on the

results of this study, a wide range of ergonomic clothing designs can be achieved. It is also expected that it will contribute to the development of a new size system that incorporates dynamic postures based on analysis of body dimensions and serve as fundamental data for analyzing body shapes in ergonomic design.

**keywords : Dynamic posture, Garment pattern, Personalized garment, Three-Dimensional scanning, Parametric pattern, Ergonomics design**

*Student Number : 2019-30453*