

밀착형 셔츠 설계를 위한 피부변형의 3차원 측정

박혜준[†] · 오염균* · 홍경희*

충남대학교 생활과학연구소, *충남대학교 의류학과

3D Measurement of Skin Deformation for the Design of a Tight-fitting Torso Pattern

Hyejun Park[†] · Yanjun Wu* · Kyunghi Hong*

Research Institute of Human Ecology, Chungnam National University

*Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University

접수일(2010년 9월 8일), 게재확정일(2010년 11월 1일)

Abstract

This study develops tight-fitting torso patterns for performance garments by taking into account the skin deformation generated directly from a 3D scan during arm movements. The skin deformation caused during the arm movements was scanned after scanning the skin surface stamped with a circle. To create a torso pattern in response to skin deformation, the ratio and direction of the skin deformation were first measured and analyzed so that the 3D human body could be segmented. After translating, the 3D skin surface was segmented into 2D flat patterns, designing nude patterns and reducing them as well as tight-fitting shirts: the skin deformation segment shirts were made in response to the skin deformation. The features of the fabric deformation and the garment pressure were analyzed and evaluated. In comparison with a clothing construction segment shirt, the diameter of the skin deformation segment shirt was smaller as well the ratios of extension and reduction was less. The garment pressure of the skin deformation segment shirt was higher. The skin deformation segment shirt fitted more tightly compared to a clothing construction segment shirt as it covered the body more thoroughly and was as comfortable as the other shirts with less fabric deformation made as the body moved.

Key words: Skin deformation, 3D measurement, 3D pattern construction, Performance garment, Tight-fitting; 피부변형, 3차원 측정, 3차원 패턴 설계, 기능성 의복, 밀착

I. 서 론

기술융합을 통해 개발된 고부가가치의 기능성 의류가 차세대 전략품목으로 주목받고 있다. 고부가가치의 기능성 의류를 개발하기 위해서는 의류의 첨단 기능 자체와 그것을 입는 인체의 형태·해부·생리적

특성에 대한 이해 그리고 이 두 가지의 관련성을 파악해야 한다. 이러한 이해를 바탕으로 하는 기술융합이 새로운 소재와 패턴을 제작하는 기술을 개발하여 기능성 의류의 고부가가치를 창출할 수 있을 것이다. 기술융합을 통한 기능성 의류의 새로운 소재 개발은 현재 급속하게 발전하고 있으나, 패턴 제작을 위한 기술융합 연구는 매우 미흡하다. 그 결과 국내에서는 첨단 기능성 의복에 대한 자체 기술 개발에 어려움을 겪고 있다. 최근 주목 받고 있는 고부가가치의 기능성 의복으로는 헬스케어나 경기력 향상을 위해 착용하는 생체신호 모니터링 의복과 압박복 등을 들 수

[†]Corresponding author

E-mail: aprilgreen@cnu.ac.kr

본 논문은 2007년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(기초과학분야:KRF-2007-359-H00002).

있다. 생체신호 모니터링 의복은 피부에 밀착되는 온바디(on-body) 센서가 의복에 통합되도록 하며, 압박복은 질환의 치료나 근육보강을 위해 특정한 강도와 패턴의 압력이 가해지도록 설계된다. 따라서 의복과 피부의 밀착성은 기능성 의복의 고부가가치에 직접적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 기능성 의복의 밀착성을 좌우하는 인체의 형태적 특징, 움직임에 따른 피부변형의 특성 그리고 사용하는 소재의 특성을 의복 설계에 반영시켜 고부가가치의 기능성 의복을 설계하기 위해서는 어떠한 테크놀로지와 3차원 테크놀로지의 기술융합에 대한 연구가 필요하다.

3차원 테크놀로지를 통해 인체의 형태적인 특징을 반영한 밀착 패턴을 설계하는 소프트웨어에 대한 연구(최명혜 외, 2007; 최영림 외, 2006; Cho et al., 2006; Daanen & Hong, 2008; Jeong et al., 2006, Wang et al., 2009)와 상품화(Park, 2008)에 대한 시도는 활발하게 이루어지고 있다. 또한 이들 소프트웨어를 활용하여 만든 패턴의 밀착성을 평가하는 연구(박해준 외, 2008; 박해준 외, 2009b)가 진행되고 있다. 반면, 의복의 설계에 반영하기 위한 피부변형에 대한 연구는 오래 전부터 연구되어 왔으나, 2차원 패턴 설계에서 필요한 여유량 설정이나 동작편의성 향상과 관련된 피부변형 연구(김혜경 외, 2001; 양진희 외, 2009; 間壁治子, 1991; Matsuyama & Kozumi, 1996)가 주를 이루었다. 피부변형과 의복의 밀착성과 관련된 연구들에서 피부표면의 신장율(Kirk & Ibrahim, 1966)이나 척수신경의 흐름에 따라 형성되는 피부의 분계선(demarcation line)(中澤, 1996)이 의복의 밀착성과 운동기능성 향상에 영향을 미치고 있음을 보고하였다. 그러나 이들 연구는 모두 3차원의 피부변형을 2차원적으로 측정하여 평면 패턴 설계에 활용하기 위한 것으로, 3차원 테크놀로지와 융합하기에는 많은 제약이 따른다.

3차원 측정기기와 관련 소프트웨어의 보급에 의해 3차원 스캔한 인체의 피부표면 즉 서피스의 분할 방법과 의복의 밀착성에 대한 연구(박해준 외, 2009b), 피부표면에 포인트 또는 원형 날인을 통해 피부변형을 측정하려는 연구(박해준 외, 2009a; 최지영 외, 2010)가 시작되었으며나 아직 초보적인 단계에 머무르고 있다. 따라서 인체의 형태특성과 같이 3차원 테크놀로지로 피부변형의 특성을 측정하여 3차원 상의 밀착 패턴 설계에 직접 활용할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 부여하고자하는 첨단기능의 구현

에 필요한 피부표면특성을 추출하는 방법이 확립되어야만 합리적이고 체계적으로 고부가가치 기능성 의복을 설계할 수 있는 기술 개발이 가능하다.

본 연구에서는 3차원 테크놀로지를 이용한 팔 움직임에 따른 상반신 피부변형의 측정 및 분석방법을 개발하여, 3차원 인체의 피부표면을 분할하는 기준선을 제안하여 피부표면의 변형에 대응할 수 있는 판넬(panel) 형태의 3차원 밀착 셔츠 패턴을 제작하고자 한다. 이를 위해 3차원 상에서 측정된 새로운 분할 기준선을 추출할 수 있는 피부표면의 변형 크기와 특성 그리고 그 방향을 분석하는 방법을 개발하고, 제안한 분할선을 활용하여 제작한 밀착 셔츠의 피부변형 대응성과 밀착성을 파악하기 위하여 셔츠표면의 변형과 착의상태의 의복압을 측정한다.

II. 연구방법

1. 3차원 스캔

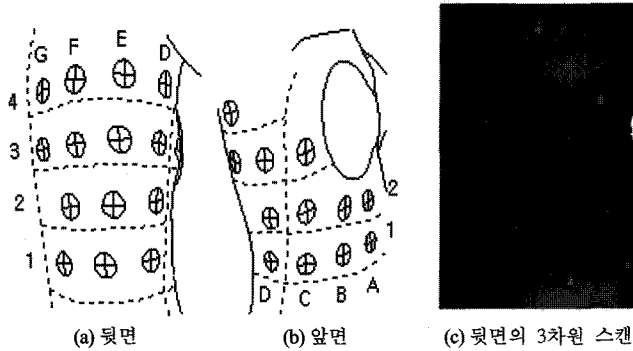
사이즈코리아의 20대 여성 평균(산업자원부 기술표준원, 2005)에 해당하는 여성 1명(신장: 161cm, 젖가슴둘레: 82cm, 허리둘레: 64cm)의 인체형상과 동작에 따른 상반신 피부변형을 3차원 스캔하였다.

1) 전신 스캔

브래지어와 팬티를 착용한 여성 피험자의 상반신 피부표면에 앞·뒤중심선, 옆선, 허리선 등의 기준선을 표시한 후, 3차원 전신 스캐너 WB4(Cyberware, Inc., USA)를 사용하여 전신 스캔하였다. 스캔 과정에서 발생한 불필요한 데이터는 3차원 스캐닝 솔루션 래피드폼(RapidForm 2004, Korea)을 사용하여 정리하였다.

2) 부위별 피부표면 스캔

팔의 움직임에 따른 상반신 피부표면의 변형을 원형 도장의 변형을 통해 측정하기 위하여, 피험자의 상반신 피부표면에 앞·뒤중심선, 옆선, 허리선을 표시하고 오른쪽 상반신에만 도장을 찍어 앞·옆·뒤로 나누어 부위별로 3차원 스캐너 Vivid 910(Minolta, Japan)를 사용하여 스캔하였다. 도장은 지름 2cm의 원형 내부에 십자모양(+)이 새겨져 있다. <그림 1>에 나타낸 것과 같이 옆선을 기준으로 2cm의 정사각형 구멍이 있는 부직포(높이 4cm×폭 50cm)를 인체표면에 밀착시킨



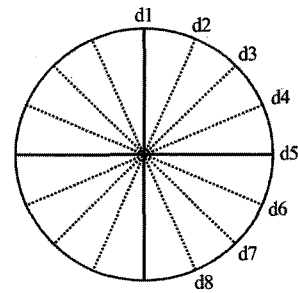
<그림 1> 도장의 날인 위치와 스캔한 이미지

상태에서 겨드랑이 높이에서 허리선까지 4cm의 간격의 수평이 되도록 도장을 찍었다. 인체의 좌우방향에는 알파벳(A-G), 상하방향에는 숫자(1~4)를 부여하여 도장의 위치를 표시하였으며, 총 20개의 원형 도장을 찍었다.

상반신의 피부표면을 움직이게 하는 근육은 척추운동에 따라 별로 변하는 일이 없기 때문에 상반신 원형의 운동기능성은 팔 동작에 따른 피부표면변형을 주로 고려해야 한다는 선행연구(김혜경 외, 2001)를 근거로 팔 움직임에 따른 피부표면변형을 측정하였다. 팔의 움직임은 옆으로 45°(S45), 90°(S90), 135°(S135), 180°(S180) 그리고 앞으로 90°(F90) 들어 올려 총 5가지 움직임의 정지상태에서 스캔하였다.

2. 팔 움직임에 따른 피부표면변형 분석

피부표면 스캔 데이터로부터 원형 도장의 지름을 측정하여 피부표면의 변형을 분석하였다. 스캔 데이터의 표면에 나타난 노이즈 등을 제거하면서 길이나 곡률 등의 변화가 일어나지 않도록 레피드폼을 이용해 스무딩(smoothing)을 이터레이션(iteration) 10회 실시하였다. 스무딩한 피부표면 스캔 데이터의 원형 도장의 원주를 따라 커브(curve)를 그린 후 원형 내부의 십자와 교차하는 포인트를 기준으로 분할하였다. 분할된 4개의 커브를 다시 각각 4등분하여 원주를 전부 16등분하였으며 원주를 분할하는 16개의 포인트를 추출하였다. <그림 2>에 나타난 것과 같이 마주보는 2개의 분할 포인트와 원의 중심을 지나도록 8개의 커브를 그려 원지름을 측정하였으며, 인체의 상하방향을 기준으로 시계방향으로 원지름을 d1~d8로 명명하였다. 그리고 <식 1>과 같이 S45을 기준으로 팔 움직



<그림 2> 원지름의 번호

임에 따라 변하는 원지름의 절대값을 이용하여 변형률을 산출한 후 그 절대값으로 각 원의 변형 크기를 파악하였다. 그리고 변형률의 부호와 크기에 따라 신장, 축소 또는 무변형 등의 변형특성을 파악하였다. 그리고 20개의 원이 갖는 8개의 지름 각각에 대한 변형률 절대값과 변형특성을 파악하여 주요 변형방향을 분석하였다.

$$\text{변화율} = \left(\frac{\text{움직임 시 원지름} - 45^\circ \text{움직임 시 원지름}}{45^\circ \text{움직임 시 원지름}} \right) \times 100$$

<식 1>

3. 피부변형을 반영한 밀착 셔츠 제작

1) 3차원 누드 패턴 추출

3차원 전신 스캔 데이터를 직접 2차원 평면으로 전개하여 3차원 누드 패턴을 추출하는 과정은 선행연구(박혜준 외, 2009b)를 근거로, 레피드폼을 이용하여 스캔 데이터를 분할한 후 평면 전개 프로그램 2C-AN을 이용하여 평면화시켜 유카 패턴 카드(Yuka pattern cad)(Yuka

& Alpha, Inc., Japan)에 조합하여 2가지의 3차원 민소매 셔츠의 누드 패턴을 제작하였다. 팔 움직임에 따른 피부 표면의 3차원 스캔 데이터로부터 원의 변형을 측정하여 피부표면의 변형 크기와 특성 그리고 그 방향을 분석하여, 피부표면의 변형 방향에 대응하도록 3차원 인체표면 측 서피스를 분할하는 커팅(cutting)선을 제안하였다. 이 커팅선을 기준으로 피부변형 대응 3차원 누드 패턴 측 피부변형 누드 패턴을 제안하였다. 그리고 제안한 패턴의 밀착성을 평가하기 위한 대조군으로 선행연구(박해준 외, 2009b)에서 제안한 구성학적 분할선을 사용한 구성학적 누드 패턴도 제작하였다. 구성학적 누드 패턴은 평면 패턴의 길 원형 제작에 필요한 인체 계측선을 기준으로 3차원 피부표면을 분할하여 만든 패턴이다.

2) 밀착 패턴 설계

누드 패턴 2가지를 축소하여 밀착 패턴을 만들기 위해, 선행연구(Ziegert & Keil, 1988)에 근거하여 일정한 길이의 직물에 약 500g의 하중을 30분간 부여한 후의 길이변화로부터 지거트 신장율을 산출하여 소재의 신장특성을 측정하였다. 직물의 바이어스 방향이 갖는 신장특성을 측정하기 위하여 60° 바이어스 방향의 사선 문양을 육안으로 식별할 수 있는 의복 소재(폴리에스테르 100%, 두께: 0.61mm, 중량: 2.41g/10cm²)를 선택하였다. 그리고 60° 바이어스 방향의 신장된 길이와 지거트 신장율을 측정하여, 신장량과 동일하게 패턴의 축소량으로 설정하였다. 이 축소량을 근거로 유카 패턴 카드에서 폭방향만을 축소시켜 누드 패턴을 각각 축소하여 밀착 패턴을 완성하였다. 완성된 밀착 패턴은 각각의 판별을 모두 60° 바이어스 방향으로 매치시켜 민소매 셔츠를 제작하였다.

4. 셔츠의 피부변형 대응 및 밀착성 평가

1) 셔츠표면 변형의 스캔 및 분석

팔 움직임에 따른 피부변형 대응 셔츠와 구성학적 셔츠의 변형을 측정하여 피부표면의 변형과 비교하기 위하여 사용한 것과 동일한 도장을 2가지 셔츠의 표면에 날인하였다. 도장은 2가지 밀착 셔츠의 동일한 위치에 앞면 4개, 옆면 3개 그리고 뒷면 5개를 찍었다.

전신 스캔을 한 동일한 피험자에게 셔츠를 착용시킨 후 팔 움직임 S45, S135, S180의 상태에서 셔츠의 앞, 옆, 뒤로 나누어 3차원 스캐너 Vivid 910으로 스

캔하였다. 레피드폼을 이용하여 피부표면변형 분석과 동일한 방법으로 셔츠표면의 변형률을 산출하여 팔 움직임에 따른 직물표면의 변형 크기와 특성과 그 방향을 분석하여 피부표면변형과의 대응성을 분석하였다. 그리고 셔츠의 앞, 옆, 뒤 3부위에 의복압 센서를 부착시킨 후 약 30초 동안 의복압을 측정하였다. 의복압은 공기 주입식 의복압 센서 AMI 3037-2(AMI Techno, Co. Ltd., Japan)로 측정하여 측정결과는 Agilent 34970A (Agilent technologies Inc, USA)에 연결하여 데이터를 수집하였다.

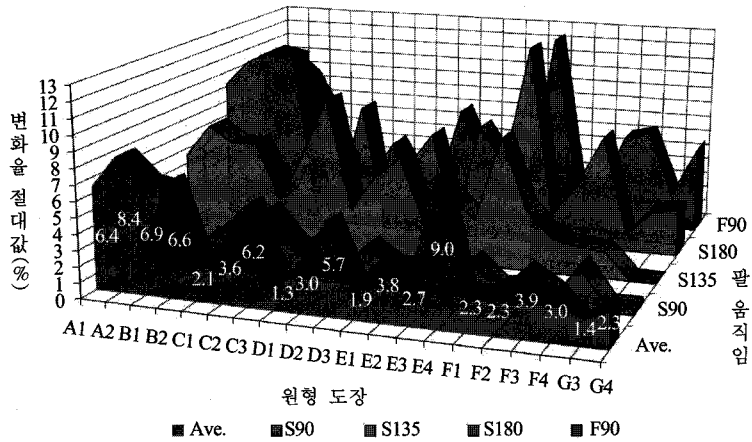
III. 연구결과 및 고찰

1. 피부표면의 변형 분석

1) 피부표면의 변형 크기

팔 움직임에 의한 다른 8방향 지름의 변형률을 평균하여 그 절대값으로 각 원의 변형률을 산출하여 <그림 3>에 나타내었다. 20개의 원이 나타내는 변형률 절대값의 평균은 약 4.1%이었다. 변형률 절대값이 5% 이상으로 변형이 큰 그룹은 인체 앞면에 있는 원 A1, A2, B1, B2, 옆면에 있는 원 C3, D3 그리고 뒷면의 원 E4가 포함되었다. 변형률 절대값이 2% 미만으로 변형이 작은 그룹에는 인체 옆면의 원 C1, D1, 뒷면의 G3이 속하였다. 인체의 앞면 전체와 옆면의 위쪽 그리고 팔에 가까운 뒷면에서 피부표면의 변형이 큼을 알 수 있었다. 그리고 이들 부위는 진동둘레에 가까운 원 C3, D3, E4를 포함하고 있어 진동둘레에 가까운 부위에서 피부표면의 변형이 크게 나타남을 알 수 있었다. 반면, 인체 옆면의 허리둘레선에 가까운 원 C1, D1, E1, F1과 인체의 뒤중심선에 가까운 원 G3, G4에서는 피부표면의 변형이 작았다. 이는 허리선과 뒤중심에 가까울수록 피부표면의 변형이 작은 것으로, 인체의 뒤중심선과 허리둘레선의 교점에 가까울수록 인체의 하반신과 상반신이 공유하고 있어 피부의 편위(偏位)가 일어나지 않는다는 선행연구(中澤, 1996)와 일치하였다.

S45를 기준으로 팔 움직임에 따른 변형률 절대값의 평균은 S180(5.6%)>F90(4.9%)>I35(4.4%)>S90(1.6%)의 순서를 나타내었다. S90에서는 원지름의 변형률은 다른 팔 움직임과 비교해서 대체로 작게 나타나 피부표면의 변형이 크지 않음을 알 수 있었다. S135에서는 원 C1, C2, C3, D1, D2, F1, G3이 다른 동작과 비교해서 큰 변형을 나타내었으며, 원의 위치는 인체 뒷



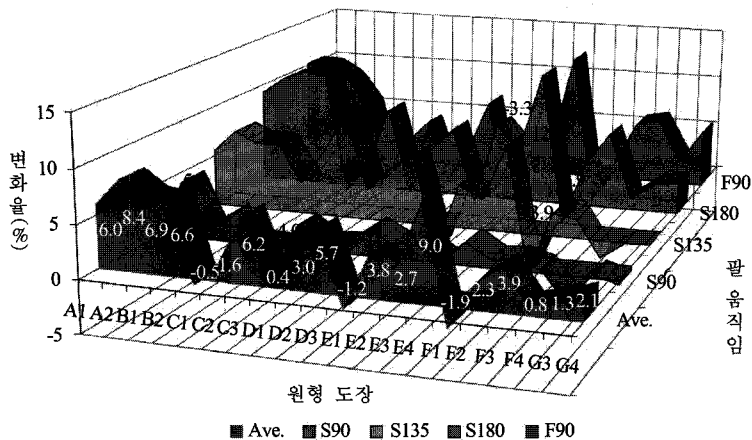
<그림 3> 원지름의 변형률 절대값

면의 F1, G3을 제외하고는 대체로 인체의 옆면에 위치하였다. S180에서는 원 A2, B1, B2, E2, E3, E4, F2, F3이 가장 큰 변형을 나타내었으며, 인체의 앞면과 뒷면에 위치하였다. F90에서는 원 A1, D3, E1, F4, G4가 가장 큰 변형을 나타내었으며, 인체의 앞면, 옆면, 뒷면에 고르게 분포하였다. 팔 움직임에 따른 피부표면의 변형은 S135에서는 인체의 옆면, S180에서는 앞면과 뒷면 그리고 F90에서는 인체의 앞면, 옆면, 뒷면 모두에서 크게 나타남을 알 수 있었다.

2) 피부표면의 신장과 축소

원지름 변형률의 부호와 크기를 이용하여 피부표면의 변형 특성 즉 신장 또는 축소와 그 크기를 분석하

였다. <그림 4>에는 S45를 기준으로 팔 움직임에 따른 변형률을 나타내었다. 양(+)의 값을 갖는 변형률은 피부가 늘어나는 신장변형을 나타내는 것으로, S90에서는 평균적으로 1.5%의 신장과 -0.9%의 축소변형을 나타내었으며 최대 신장은 인체 앞면의 A2(5.3%)에, 최대 축소는 인체 옆면 C2(-4.0%)에서 나타났다. S135에서는 평균 5.0%의 신장과 -2.0%의 축소변형을 나타내고 최대 신장은 옆면 C3(10%), 최대 축소는 뒷면 F1(4%)에서 나타났다. S180에서는 평균 6.8%의 신장과 평균 -0.8%의 축소변형을 나타내고 최대 신장과 축소는 모두 인체 뒷면인 E4(13%)와 F1(-1.9%)에서 나타났으며, 신장변형이 가장 큰 팔 움직임을 알 수 있었다. F90에서는 평균 5.6%의 신장과 평균 -2.4%의



<그림 4> 원지름의 변형률

축소변형을 나타내고 최대 신장과 축소는 모두 인체 뒷면의 E4(12.5), E1(-1.9%)에서 나타내어 피부표면의 축소변형을 많이 수반하는 팔 움직임을 알 수 있었다. 팔 움직임에 따른 평균 신장과 최대 신장은 S180>F90>S135>S90의 순으로 증가하고, 평균 축소는 F90>S135>S180>S90의 순서를 나타내고 최대 축소는 S90>S135>F90>S180으로 증가하였다. 이는 피부표면의 신장변형이 큰 팔 움직임일수록 최대 축소변형이 작음을 알 수 있었다. 최대 신장을 나타내는 부위는 E4로 인체의 뒷면에 위치하면서 진동둘레에 가까워 팔 움직임의 영향을 가장 크게 받았으며, 최대 축소를 나타내는 부위는 C2로 인체의 옆면에 위치했다.

각 원의 변형률에서 평균 신장과 축소의 크기를 <표 1>에 나타내었다. 신장과 축소변형이 모두 일어나는 원은 A1, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1, F1, F4, G3, G4로 인체의 앞면, 옆면, 뒷면 모두에서 존재했지만, 특히 옆면의 모든 부위에서 움직임에 따른 신장과 축소가 동시에 나타났다. 한편 변형률의 크기가 5% 이상으로 피부표면의 신장변형이 큰 부위는 원 A1, A2, B1, B2, C3, D3, E4로 변형률 절대값이 큰 부위와 일치하였으며, A1을 제외하고는 축소변형은 나타나지 않았다. 변형률의 크기가 -2% 미만으로 피부표면의 축소변형이 큰 부위는 원 C2, E1, F1, F4로 모두 5% 미만의 크지 않은 신장변형을 나타내었다. 이는 팔 동작에 따른 신장변형이 큰 부위에서는 주로 신장변형이 일어나고, 수축변형이 크거나 피부표면변형 크기가 작은 부위에서는 크기는 작으나 신장과 수축이 동시에 일어남을 알 수 있었다. 이와 같이 인체의 피부표면에는 팔 움직임에 따른 신장변형이 주로 일어나는 부위가 존재함으로 운동기능성을 고려한 상체패턴 설계 시에는 이들 부위만을 독립된 판넬 형태로 분리시켜 특성에 맞는 의복 소재를 매치시키는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

3) 피부표면의 변형 특성

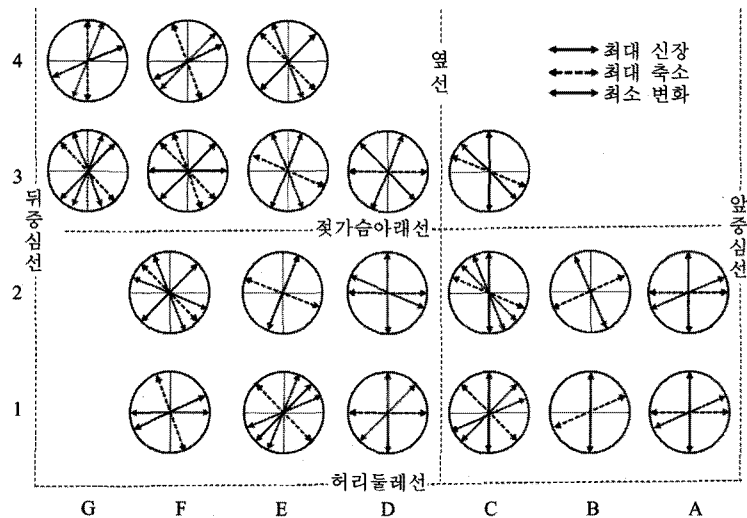
피부의 신장특성, 척추신경의 흐름에 따른 피부의 분계선 등의 피부표면특성이 밀착성과 운동기능성이 높은 의복 설계에 활용되고 있으며(中澤, 1996; Kirk & Ibrahim, 1966), 최근에는 피부의 늘어나지 않는 선(lines of nonextension)(Iberall, 1964)을 활용하여 인체의 움직임에도 일정한 압력을 유지하면서도 밀착되는 우주복 Bio-Suit(Pitts, 2003)를 개발하는 등 고부가가치의 기능성 의복 설계에 피부표면의 특성이 활용되기 시작하였다. 이와 같이 부여하고자하는 기능에 따라 적절한 피부표면특성을 추출하는 방법을 확립하기 위하여 원의 지름 8개 각각에 대한 변형률에서 각 원의 최대 신장, 최대 축소 그리고 최소 변형이 일어난 지름을 파악하였다.

<그림 5>에는 양(+)의 값을 갖는 변형률 중에서 최대값을 나타내는 것을 최대 신장, 음(-)의 값을 갖는 변형률 중에서 최소값을 최대 축소 그리고 최소의 변형률 절대값을 갖는 원지름을 최소 변형으로 각각 나타내었다. 상반신 피부표면의 최대 신장은 인체 앞면의 원 A1, A2, B1, 옆면의 원 C1, C2, C3, D1, D2에서는 상하방향을 나타내었으며, 인체의 뒷면에서는 대체로 팔이 있는 진동둘레방향을 향해 기울어져 신장하는 것으로 나타났다. 앞면의 원 B2는 팔이 있는 쪽으로 기울어져 최대 신장하는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 인체의 앞면과 옆면은 대부분이 상하방향으로, 뒷면은 팔이 있는 쪽으로 22.5~67.5° 기울어진 방향의 피부표면이 신장하고 있음을 알 수 있었다.

상반신 피부표면의 최대 수축은 대부분의 원에서 최대 신장과 직각을 이루었으며, 직각을 이루지 않는 원은 B1, C1, C2, C3, D3, F4, G4는 약 45~67.5°의 각도를 이루었다. 이상의 결과에서 최대 축소를 나타내는 원지름의 방향이 인체의 앞면 원 B와 옆면 원 C의 사이에서 축소방향이 역전함을 알 수 있었다. 그리고 인체의 옆

<표 1> 부위별 평균 신장변형률과 축소변형률

변화율	도장위치	A		B		C			D		
		1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
축 소		-0.80	.	.	.	-1.76	-4.04	.	-0.94	.	.
신 장		8.31	8.44	6.90	6.61	3.09	3.47	6.18	1.75	2.99	5.70
변화율	도장위치	E				F				G	
		1	2	3	4	1	2	3	4	3	4
축 소		-2.05	.	.	.	-2.77	.	.	-2.15	-0.07	-0.35
신 장		1.31	3.81	2.75	8.99	0.78	2.28	3.90	3.77	1.81	2.90



<그림 5> 원지름의 주요 변형 방향

면 원 D에서 인체의 뒤중심 원 G로 갈수록 축소방향이 좌우방향에서 점차로 수직방향으로 변화하였다.

상반신의 피부표면의 최소 변형은 최대 신장과 최대 축소를 비교하여 일정한 방향을 나타내지는 않았으며 상하방향을 나타내는 원은 없었다. 그리고 인체의 뒷면 원 F1과 F3에서는 좌우방향에서 최소 변형을 나타냈으며, 인체의 옆면 원 B1, B2, E2에서는 수축방향과 일치하였다. 이상의 결과에서 최소 변형은 인체의 앞면에 해당하는 원 A와 B, 인체의 옆면과 뒷면에서 허리선에 가까운 원 C1, D1, E1은 서로 비슷한 방향을 나타내었다. 인체의 옆면 C부터 앞면 A, B의 방향과 역전되었으며, 원 D2~D3과 원 E2~E4는 각각 비슷한 경향을 나타내었다. 그리고 인체의 뒷면 F의 윗부분 원 F3, F4는 다시 원 E1, E3, E4의 방향과 반대되는 방향을 나타내었다.

팔 동작에 따른 인체 상반신의 피부표면의 변형은 부위에 따라 변형률의 크기가 다르며, 변형이 큰 부위는 쉽게 찾을 수 있는 반면 변형이 작은 부위는 상대적으로 명확하지 않았다. 피부표면의 3가지 주요 방향은 동일한 방향으로 연속되지 않으며, 방향의 변형이나 역전이 일어나는 부위가 있음을 알 수 있었다.

2. 피부표면변형을 반영한 밀착 패턴 설계

1) 피부표면의 피부변형 분할선 설정

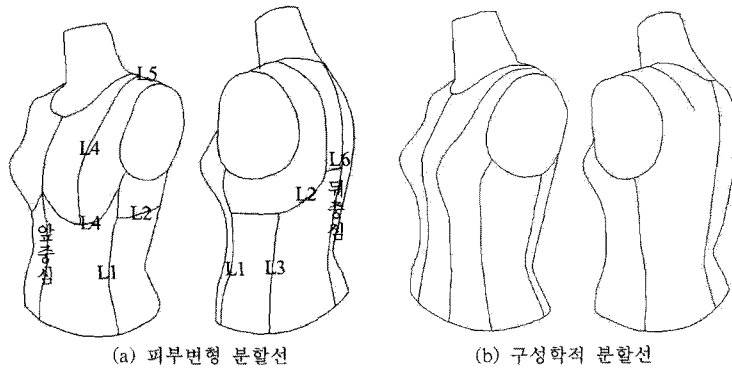
피부표면의 변형률과 절대값 변형률을 근거로 분석

한 변형특성(최대 신장, 최대 축소 그리고 최소 변형)을 바탕으로 피부표면 분할선을 다음과 같이 설정하여 6개의 패넬로 분할하였다. <그림 6>에는 본 연구에서 제안하는 피부변형 분할선과 대조군으로 사용한 구성학적 분할선을 나타내었다.

첫 번째 분할선은 인체표면에 날인한 도장 원 B와 C사이에 설정하였다. 원 B는 변형률 절대값 즉 피부표면변형이 모두 큰 부위이다. 그리고 이 부위는 3가지 피부변형의 방향이 22.5°이내에 있어 대체로 비슷한 경향을 나타내었다(그림 5). 원 C와 D의 신장변형은 도장 B와 같은 방향을 나타내었으나, 축소와 최소 변형 방향은 원 C와 원 B 사이에서 반대방향으로 바뀌었다. 따라서 인체의 앞면과 옆면에서 변형률이 크면서 변형 방향의 반전이 나타나는 원 B와 C사이를 분할하여 분할선 L1을 설정하였다.

두 번째 분할선은 진동둘레를 따라 위치한 원 C3, D3, E3, E4를 하나의 동일한 영역이 되도록 곡선을 설정하였다. 원 C3, D3, E4는 피부표면변형이 큰 부위 중에서 앞면을 제외한 나머지 원에 해당한다. 3가지의 피부특성의 방향이 각각 동일하지는 않으나 역전도 일어나지 않았다. 따라서 진동둘레를 따라 피부변형이 크면서 특정한 변형 방향을 나타내지 않는 원 C3와 원 C2 사이, 원 D3과 원 D2 사이, 원 E3과 원 E2, F3 사이 그리고 원 E4와 F4 사이를 분할하여 분할선 L2를 설정하였다.

세 번째 분할선은 원 D1~D2와 원 E1~E2 사이에 설정하였다. 원 D1, D2 그리고 원 E1, E2는 피부표면변



<그림 6> 피부변형 분할선과 구성학적 분할선

형률이 크지도 작지도 않은 평균적 변형을 나타내는 부위이다. 인체의 신장과 축소변형 방향은 원 D1~D2와 원 E1~E2 사이를 경계로 대칭되는 경향을 나타내었으며, 뒷면의 원 E1, E2, F1, F2, F3, F4는 비슷한 변형방향을 나타내었다. 따라서 인체의 뒷면에서 변형률이 크지 않으면서 변형 방향이 대칭을 나타내는 원 D1~D2와 원 E1~E2의 사이에 분할선 L3을 설정하였다.

네 번째 분할선은 원형 날인이 되지 않은 인체부위에서 젓가슴부위를 2차원 평면화시키기 위해 필요한 분할선 L4, 다섯 번째 분할선은 인체의 앞면과 뒷면을 구분하는 어깨 분할선 L5를 설정하였다. 그리고 인체 뒷면에서 원형 날인된 부위와 그렇지 않은 부위를 분할하는 분할선 L6을 설정하였다.

하였다. 그리고 의복 소재의 신장률을 측정 후 누드 패턴을 축소시켜 밀착 패턴을 설계한 후 밀착 셔츠를 제작하였다.

의복 소재의 60° 바이어스 방향에 대한 신장률을 선행연구(Ziegert & Keil, 1988)를 근거로 측정한 결과 지거트 신장률은 15.63%이었다. 지거트 신장률의 100%에 해당하는 축소량을 6.39cm를 어패럴 패턴 카드에서 폭방향만을 축소시켜 밀착 패턴을 제작하였다. 밀착 패턴의 올방향을 의복 소재의 60° 바이어스 방향을 설정하여 재단한 후 피부변형 밀착 셔츠와 구성학적 밀착 셔츠를 제작하였다.

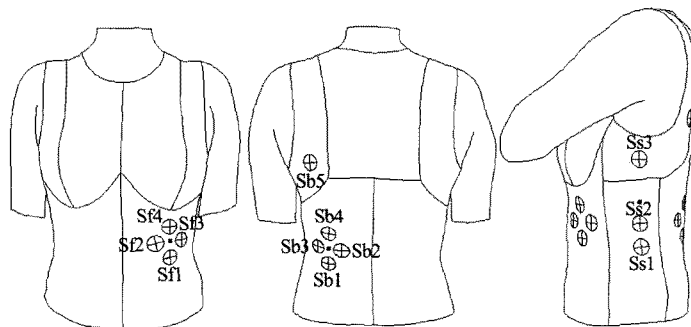
2) 밀착 셔츠 제작

3차원 스캐닝 솔루션을 이용하여 3차원 전신 스캔 데이터의 피부표면을 피부변형 분할선과 구성학적 분할선을 이용하여 분할한 후 3차원 누드 패턴을 추출

3. 타이트 피트 셔츠의 피부변형 대응성

1) 셔츠표면의 변형 및 의복압

밀착 셔츠 2가지의 앞면, 옆면, 뒷면의 동일한 위치에 날인한 12개 원의 지름 변형률을 분석하였다. <그림 7>에는 피부변형 밀착 셔츠에 원을 날인한 위치와

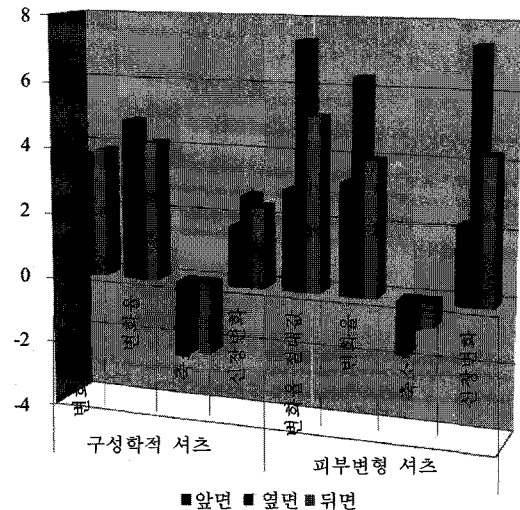


<그림 7> 피부변형 셔츠의 원형 날인 및 의복압 측정위치(●의복압 측정위치)

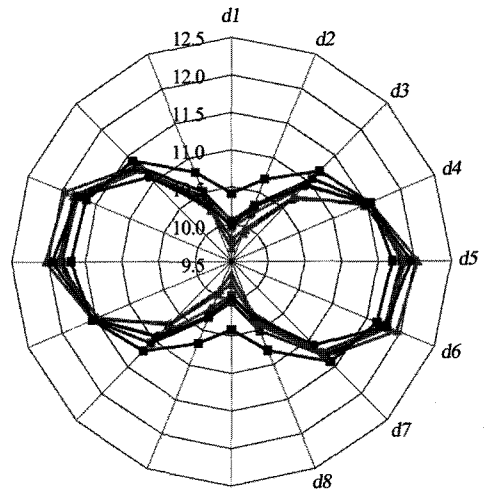
의복압 측정위치를 나타내었다. 원형 도장은 봉제선을 비켜 셔츠의 앞면에 4개(Sf1~Sf4)과 뒷면에 5개(Sb1~Sb5) 그리고 옆면에 3개(Ss1~Ss3)의 도장을 날인하였다. 그리고 앞면과 뒷면의 원들의 중심, 옆면의 원 Sb2 위에서 의복압을 측정하였다.

피부표면 변형률과 같은 방법으로 측정된 2가지 셔츠의 변형률을 살펴보면, 변형률 절대값의 평균은 피부변형 셔츠가 3.52%, 구성학적 셔츠가 3.14%이었으며, 변형률의 평균은 피부변형 셔츠가 2.48%, 구성학적 셔츠가 1.47%로 변형률은 피부변형 셔츠가 크게 나타났다. 신장변형은 피부변형 셔츠, 축소변형은 구성학적 셔츠가 약간씩(0.12%) 크게 나타났으나 대체로 비슷했다. <그림 8>에서 2가지 셔츠표면의 부위별 변형률을 살펴보면, 구성학적 셔츠의 변형률은 축소변형은 셔츠의 앞면과 뒷면, 신장변형은 옆면에서 약간 크게 나타났으나 그 차이는 작아서 대체로 비슷한 변형특성을 나타내었다. 한편 피부변형셔츠는 축소변형은 앞면, 신장변형은 옆면에서 크게 나타났다. 특히 옆면은 구성학적 셔츠와 비교해서 약 2배 이상의 신장변형을 나타내었으며, 앞면은 피부변형 셔츠 내에서는 가장 많이 축소하였으나 구성학적 셔츠보다는 적었다.

<그림 9>에는 착용에 따른 셔츠표면 원지름의 변형을 살펴보기 위하여 부위별 원지름의 평균을 나타내었다. 원형은 착용 전의 지름이 약 20mm이므로 <그림 9>에 나타난 것과 같이 착용에 의한 변형은 주로



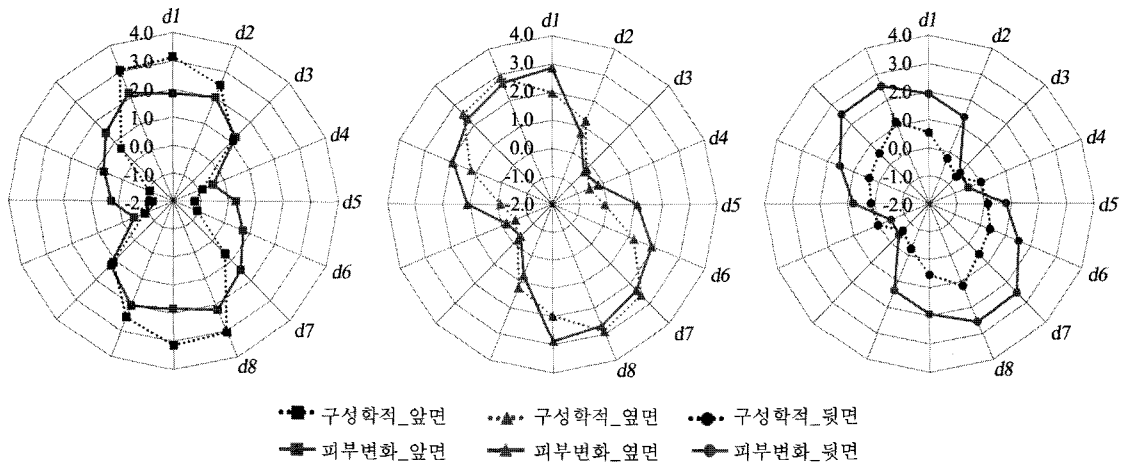
<그림 8> 셔츠표면 변형률과 변형 특성



■ 피부변화_앞면 ■ 피부변화_옆면 ■ 피부변화_뒷면
 ■ 구성학적_앞면 ■ 구성학적_옆면 ■ 구성학적_뒷면

<그림 9> 셔츠표면의 부위별 원지름 길이

인체의 좌우방향의 신장특성을 나타내고 상하방향의 변형은 거의 나타나지 않았다. 2가지 셔츠 모두에서 옆면에서 착용에 의한 좌우방향으로 가장 큰 신장변형과 가장 작은 축소변형을 나타내었다. 상하방향의 신장은 피부변형 셔츠의 앞면이 다른 부위와 비교해서 상대적으로 크게 나타났다. <그림 10>에는 팔 움직임에 따른 셔츠표면 원지름의 변형과 그 방향을 알아보기 위하여, 8개의 원지름에 대한 변형률을 앞면, 옆면, 뒷면으로 나누어 부위별로 나타내었다. 셔츠의 앞면은 팔 움직임에 따라 좌우방향의 변형보다는 상하방향의 변형률이 크게 나타났으며, 피부변형 셔츠가 구성학적 셔츠와 비교해서 좌우방향의 수축이 적고 길이방향의 변형률은 작지만 변형이 일어나는 범위는 넓게 나타났다. 셔츠의 옆면은 앞면과 비교해서 약간 인체의 앞쪽으로 기울어진 방향으로 변형률이 크게 나타났으며, 두 가지 셔츠의 변형률의 크기와 방향은 거의 일치하였으나, 앞면과 같이 피부변형 셔츠의 변형 범위가 넓었다. 셔츠의 뒷면에서는 팔을 향해 약간 기울어진 방향으로 주된 신장변형을 나타내었으며, 2가지 셔츠의 신장변형 크기가 앞면과 옆면보다 크게 차이를 나타내었으며, 다른 부위들과 마찬가지로 신장변형의 영역이 넓었다. 밀착 셔츠의 착용에 의한 셔츠표면의 변형은 주로 좌우방향으로의 신장변형이 크게 나타나지만, 팔 움직임에 의한 변형은 셔츠의 앞면은 상하방향, 옆면과 뒷면은 주로 팔을 향해 약



<그림 10> 셔츠표면 원지름의 부위별 변형률 평균 및 변형 방향

간 기울어진 방향으로 신장변형이 일어남을 알 수 있었다. 이러한 경향은 2가지 밀착셔츠 모두에서 동일한 경향을 나타내었다. 착용에 셔츠표면의 변형은 피부변형 셔츠가 구성학적 셔츠와 비교해서 상하방향의 신장은 크고, 좌우방향의 신장은 작음을 알 수 있었다. 팔 움직임에 의한 셔츠표면의 변형은 피부변형 셔츠가 구성학적 셔츠와 비교해서 신장변형 또는 축소변형이 두드러지게 차이를 나타내지는 않았지만, 전반적으로 변형의 범위가 넓음을 알 수 있었다. 이는 피부변형을 고려해서 피부표면을 분할하여 판넬 패턴을 만들어 제작한 피부변형 셔츠가 다양한 방향으로 신장과 축소변호를 나타내어 팔의 움직임에 잘 대응하고 있음을 알 수 있었다.

팔 움직임에 따른 다양한 방향으로의 변형을 나타내는 피부변형 셔츠의 밀착성을 확인하기 위하여 2가지 셔츠의 앞면과 측면에서 의복압을 측정하였다. 앞면의 의복압은 피부변형 분할 셔츠가 0.018kPa, 구성학적 분할 셔츠가 0.013kPa를 나타내었으며, 옆면에서는 피부변형 분할 셔츠가 0.060kPa, 구성학적 분할 셔츠가 0.028kPa를 나타내었다. 2가지 셔츠의 의복압의 크기는 여성용 언더웨어 가슴부위의 평균 의복압 약 0.1kPa보다 작은 압력에 해당하였다(Ito et al., 2001). 전체적으로 피부변형 분할 셔츠의 압력이 높아 밀착성이 높음을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 팔 움직임에 따른 인체의 상반신 피

부표면변형을 3차원 기술로 측정하여 변형 크기와 특성 그리고 방향을 고려한 피부표면 분할선을 제안하고 이를 바탕으로 3차원 인체표면을 분할하여 판넬 패턴을 추출하여 피부변형 밀착 셔츠를 제작하였다. 이 셔츠의 피부변형 대응성과 밀착성을 평가하여 피부변형 측정방법과 분할선의 타당성을 파악하였다.

1. 팔 움직임에 대한 상반신 피부표면의 변형률 절대값은 S180(5.6%)>F90(4.9%)>135(4.4%)>S90(1.6%)이었다. S90에서 다른 움직임과 비교하여 피부변형이 크지 않았으며, S135에서는 인체의 옆면, S180에서는 앞면과 뒷면 그리고 F90에서는 앞면, 옆면, 뒷면에서 크게 나타났다.

2. 팔 움직임에 따른 신장변형이 큰 부위(변형률 5% 이상)는 원 A1, A2, B1, B2, C3, D3, E4로 진동둘레에 가까운 E4가 최대 신장하였으며 A1을 제외하고는 축소변형을 일어나지 않았다. 축소변형이 큰 부위(변형률 -2% 미만)는 원 C2, E1, F1, F4에서 나타나고 옆면에 위치하는 C2가 최대 축소를 나타냈다. 신장변형이 큰 부위는 수축하지 않고, 수축변형이 크거나 신장변형이 작은 부위는 작은 신장과 수축이 동시에 일어났다. 인체 옆면의 허리둘레선과 뒤중심선에 가까운 피부표면은 즉 인체의 하반신과 상반신이 교차되는 지점에서는 피부표면의 변형이 작았다.

3. 다양한 피부표면특성을 측정하기 위하여 각 원의 최대 신장과 축소 그리고 최소 변형을 파악하여 주요 변형방향을 추출하였다. 팔 움직임에 따른 인체 상반신의 피부표면의 변형은 부위에 따라 변형률 크기가

다르며, 변형이 큰 부위는 쉽게 찾을 수 있는 반면 변형이 작은 부위는 상대적으로 명확하지 않았다. 피부 표면 주요 방향은 동일한 방향으로 연속되지 않으며, 방향의 변환이나 역전이 일어나는 부위가 있었다.

4. 3차원 기술로 측정된 피부표면변형을 반영한 피부변형 분할 셔츠를 3차원 상에서 만들기 위해 피부표면 변형률이 큰 부위와 주요 변형방향을 근거로 분할선을 설정하였다. 분할선은 피부표면 수축변형과 최소 변형 방향의 반전이 일어나는 앞면과 옆면의 경계선, 피부표면 변형률이 큰 진동돌레를 둘러싼 원들을 하나 블록으로 묶는 선, 피부표면 최소 변형 원들 중에서 신장방향과 수축방향이 대칭되는 경계선을 사용하였다.

5. 피부변형 분할 셔츠와 구성학적 분할 셔츠를 축소하여 만든 2가지의 밀착 셔츠를 착용하고 셔츠표면의 변형과 의복압을 측정하여 밀착성을 평가하였다. 셔츠표면의 변형은 피부변형 셔츠가 상하방향의 신장은 크고, 좌우방향의 신장은 작았다. 팔 움직임에 의한 셔츠표면의 변형은 피부변형 셔츠가 구성학적 셔츠와 비교해서 신장 또는 축소변형의 차이는 크지 않으나 변형이 나타나는 방향의 범위가 넓었다. 이는 피부변형 셔츠가 다양한 방향으로 신장과 축소변형을 나타내어 팔의 움직임에 잘 대응하고 있음을 알 수 있었다. 또한 의복압 측정을 통해 피부변형 분할 셔츠의 압력이 전체적으로 높아 밀착성이 높았다.

본 연구는 피부변형을 3차원 기술을 이용하여 간편하게 측정하고 분석할 수 있는 방법을 개발하여 밀착성과 운동기능성을 필요로 하는 첨단 기능성 의복에 기능에 적합한 피부표면특성을 추출할 수 있는 기초 데이터를 제공하였다. 앞으로는 많은 피험자를 대상으로 데이터를 축적하여 본 연구에서 제안한 방법을 체계화 및 일반화시켜, 기능성 의복 설계에 필요한 피부변형 특성을 자동으로 추출할 수 있는 알고리즘을 개발하여 3차원 디자인 소프트웨어와 연동시킬 수 있다면 고부가가치의 밀착형 기능성 의복의 설계의 자동화에 크게 기대된다.

참고문헌

- 김혜경, 권숙희, 김순자, 박은주, 서추연, 이숙녀, 전은경, 조정미. (2001). *피복인간공학 실험설계방법론*. 서울: 교문사.
- 박혜준, 신승철, 손부현, 홍경희. (2008). 3D 패턴을 이용한 노인용 u-헬스케어 의복의 심전도 측정 연구. *한국의류산업학회지*, 10(5), 676-682.
- 박혜준, 오영근, 홍경희. (2009a). On-body sensing용 의복 설계를 위한 3D 인체스캔을 이용한 피부변형의 측정방법. *한국의류학회 추계학술대회 초록집*, 87.
- 박혜준, 홍경희, 조영숙. (2009b). 상반신 밀착패턴 제작을 위한 3차원 인체표면의 곡률기준 분할. *한국의류학회지*, 33(1), 68-79.
- 산업자원부 기술표준원. (2005). *제5차 한국인 인체치수조사 자료-직접측정에 의한 인체치수 통계*. 서울: 산업자원부.
- 양진희, 박선형, 정기삼, 채재욱, 김현준, 최의중, 이주현. (2009). 동작에 따른 체표변형 측정결과를 이용한 미래 병사 전투복 설계안 개발-Moire 계측방법을 중심으로-. *한국감성과학회 추계학술대회 초록집*, 49-53.
- 일본섬유기계학회. (1989). *피복과학총론*. 이순원, 조길수, 이영숙 옮김 (1991). 한국학술진흥재단번역총서, 125. 서울: 교문사.
- 최명혜, 최영립, 남윤자, 최경미. (2007). 20대 성인 남성 상반신 앞판형상의 평면 전개를 위한 표준화 연구. *한국의류산업학회지*, 9(4), 418-424.
- 최영립, 남윤자, 최경미. (2006). Grid method에 의한 3차원 형상의 평면 전개를 위한 optimal matrix 표준화 연구. *한국의류학회지*, 30(8), 1242-1252.
- 최지영, 오영근, 홍경희, 김시조, 서혜원. (2010). 동작 시 3D 인체 스캔 데이터를 기반으로 한 하체표면의 무변형선 (Lines of non-extension) 분석. *한국생활과학회 춘계학술대회 초록집*, 57.
- 間壁治子. (1991). *被服のための人間因子*. 東京: 日本出版サービス.
- 中澤 愈. (1996). *衣服解剖學*. 東京: 文化出版局.
- Cho, Y., Komatsu, Y., Inui, S., Takatera, M., Shimizu, Y., & Park, H. (2006). Individual pattern making using computerized draping method for clothing. *Textile Research Journal*, 76(8), 646-654.
- Daanen, H., & Hong, S. A. (2008). Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(1), 15-25.
- Iberall, A. S. (1964). *The use of lines of nonextension to improve mobility in full-pressure suits* (AMRL-TR-64-118). Ohio: Wright-Patterson Air Force Base.
- Ito, N., Kotake, M., Santo, R., & Yamada, T. (2001). Effect of mean clothing pressure on compression sensation of women's underwear. *Japan Society of Home Economics*, 52(9), 865-875.
- Jeong, Y. H., Hong, K. H., & Kim, S. J. (2006). 3D Pattern construction and its application to tight-fitting garments for comfortable pressure sensation. *Fibers and Polymers*, 7(2), 195-202.
- Kirk, W., & Ibrahim, S. M. (1966). Fundamental relationship

- of fabric extensibility to anthropometric requirements and garment performance. *Textile Research Journal*, 36, 37-47.
- Matsuyama, Y., & Kozumi, H. (1996). Change in human body relief by squatting as determined by three dimension measurements and its application to lower garment design. *The Japan Society of Home Economics*, 47(2), 169-178.
- Park, J. H. (2009). *Technology considerations for the design of smart apparel for the overweight*. Unpublished Master dissertation, North Carolina State University, North Carolina.
- Pitts, B. M. (2003). *Spacesuit: Sace craft*. Unpublished Master dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- Wang, J., Lu, G., Li, W., Chen, L., & Sakaguti, Y. (2009). Interactive 3D garment design with constrained contour curves and style curves. *Computer-Aided Design*, 41(9), 614-625.
- Ziegert, B., & Keil, G. (1988). Stretch fabric interaction with action wearables: Defining a body contouring pattern system. *Clothing and Textiles Research Journal*, 6(4), 54-64.