

특수복 설계를 위한 3차원 인체 정보의 활용방안

이예진 · 홍경희

충남대학교 의류학과

Application of 3D Human Data for the Engineering Design of Clothing

Yejin Lee & Kyunghi Hong

Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University

1. 서론

3차원 측정은 다양한 공산품의 생산과 품질검사, 문화재의 영구적인 기록과 복원, 건축설계, 인체의 측정과 모델링, 영화 및 애니메이션의 제작 등에 광범위하게 이용되어 왔다. 의류산업에서도 3차원 측정 기술과 관련된 상용 프로그램 (DressingSim, Browzwear V-stitcher, Asahi ADPS-3D, Haute Couture 3D Studio, Cloth Reyes, SimCloth, Stitch, Poser, Maya Cloth, Animation Master, Cloth Extreme, SoftImage Cloth, Runaway, NAR-CIS) 등이 속속 출시되고 있다(박창규, 2004). 급속한 IT 시대의 도래에 발맞추어 세계의 의류업계에서는 미래를 대비하기 위한 각종 움직임을 활발하게 하고 있으며 그 일환으로 MTM(made to measure) 테일러링과 e-business 분야에 많은 프로젝트가 진행되고 있다(이대훈, 2003). 이와 같은 세계적인 관심 속에 현재 상업용으로 소비자의 이해를 돕기 위한 Avatar 서비스나 Virtual try-on 등 가상현실에서의 프로그램은 많이 발전했으며, 표준형의 인체와 의복의 모델링과 관련된 e-business에서는 어느 정도 효과적으로 활용되고 있는 것이 사실이다.

그러나 이와 같은 마케팅이나 홍보와 관련된 외형적인 발전에 비하여 의복의 공학적 설계에는 3차원 인체 형상이 충분히 활용되지 못하고 있다. 여기에는 의복의 설계시 공산품의 설계와는 다른 특이한 문제점들이 내재되어 있고 이를 충분히 검토할 학제적인 연구 채널 형성이 취약하기

때문으로 보인다. 문제점 중 몇 가지를 예로 들어보면 첫째 문제는 인체의 형상은 다른 공산품에 비하여 정량화하기가 매우 난해한 복곡면의 입체이며 둘째는 공산품은 3차원 데이터에서 3차원 입체를 직접 제작하는 경우가 많으나, 의복은 차원을 뛰어넘는 작업이 반드시 필요하다는 점이다. 즉 3차원 입체의 표면을 2차원 평면으로 펴고 여기에 적절한 여유분을 배분하여 다시 3차원으로 조형물을 제작하여야 하는 과정은 같은 3차원내에서 작업하는 것보다 훨씬 많은 오차와 문제점을 내포할 수밖에 없다. 이에 의류관련 전문가들은 기존의 노하우에 따라서 제작하는 것이 현 시스템에서 위험부담을 줄이고 신속한 제작을 꾀하는 방법이므로 3차원 데이터의 직접 활용에 적극적이지 못한 실정이다. 이러한 상황들은 인체의 3차원 형상과 공학적 의복 설계에 대한 논리적 원리(rule-governed principle)를 개발하는 데에 상당한 장애가 되고 있다. 빠르게 변화하는 유행에 따라 신속하게 제품을 생산하여야 하는 업계의 입장에서 장기적인 시간이 필요한 통합적이고 학제적인 접근 방법의 R & D에 투자할 여력이 없었다고 보인다.

이에 따라 3차원 인체 형상 정보는 의복 전개패턴에 거의 활용되지 못하고 방대한 3차원 스캔 자료는 있어도 종래에 사용하던 2차원 측정치를 이용한 패턴 및 그레이딩 제작 원리만이 사용되고 있는 실정이다(Kirchdoerfer, 2004; Robinette, 2002). 물론 개인의 3차원 인체 스캔 자료가 있으므로 MTM을 이용하면 종래의 기성복보다는 팔 길이, 가슴둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레, 등길이, 바지길이

등은 개인에게 잘 맞을 수 있게 되었다. 그러나 많이 굽은 체형, 새기슴, 비대칭적인 인체, 젖힌 체형, 앞 어깨, 뒤 어깨, 많이 쳐진 어깨, 많이 솟은 어깨, 임산부, 노인, 비만아 등 표준체형에서 많이 벗어난 독특한 체형에서는 사실상 MTM이 충분한 잠재력을 발휘하지 못하고 있다.

그럼에도 불구하고, 다양한 체형을 가진 소비자들이 몸에 잘 맞는 의복을 손쉽게 구할 수 있도록 하는 것은 반드시 풀어야 할 과제이다. 몸에 잘 맞는 의복은 위대한 환경에서 인간의 생명과 직결될 뿐 아니라, 일반적 상황에서도 사람들에게 자신감을 심어주어 사회성이나 활동성을 향상시킬 수도 있으며 자아 존중감을 상승시킨다.

사실상 이러한 문제를 해결하기 위해서는 인체 형상을 정량적으로 측정할 수 있어야 하고(measure body), 인체에 가능한 한 피트 되는 의복이란 어떤 것을 말하는지를 설명할 수 있어야 하며(describe fit) 피트성에 대한 소비자의 반응을 측정하고 이해 할 수 있어야 하며(measure and understand consumer response), 마지막으로 피트성을 평가할 수 있어야 한다(measure fit)고 일찍이 발표된 바 있다(ITAA, 2000).

이에 본 고에서는 3차원 인체 정보를 충분히 반영하는 2차원의 전개 패턴을 작성하기 위해 본 연구실에서 취한 최근 수년간의 접근방법과 그로부터 파생된 활용연구를 중심으로 3차원 데이터를 2차원의 패턴으로 펴고 특수복에 활용하는 문제를 서술하고자 한다.

본 연구실에서의 문제 해결 접근 방향은 첫째, 3차원 측정을 의복의 설계에 이용하기 위하여 초기단계에서 알아야 할 유용한 방법론에는 어떤 것이 있을까? 둘째, 3차원 인체 표면 레플리카를 수작업이나 컴퓨터로 작게 나누어 쪼갬 해도 이것을 가능한 한 오차를 작게 하여 다시 결합시켜 밀착패턴으로 만들려면 어떻게 하여야 할까? 셋째, 의복과 인체의 3차원 형상 정보를 특수복에 어떻게 이용할 수 있을까? 이었다. 본고에서는 이러한 세 가지 측면을 서술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 유용한 방법론

인체의 표면은 미묘한 복곡면으로 이루어져 있어 관찰하는 각도에 따라 매우 다른 곡선의 모양을 나타낸다. 이에 따라 단순한 사진 촬영에 의한 측면 실루엣으로 인체의 곡면을 평가하는 것은 자세에 따라 오차가 생길 확률이 높다. 3차원 인체 정보는 이러한 단점을 정량화할 수 있는 좋은 방

법이다. 곡률을 이용하면 3차원 영상의 X, Y, Z축의 정렬에 관계없이 표면자체의 고유인 곡면 정보를 알 수 있고, 일반설계자들도 손쉽게 제도에 응용할 수 있는 장점이 있다.

1) 곡률정보의 이용

3차원 인체 정보는 곡률반경, 표면거리, 투영거리, 표면적, 부피 등으로 분석할 수 있다. 각각의 활용성은 매우 다양하겠으나, 여기서는 곡률반경의 유용성에 대하여 언급하고자 한다. 일반적으로 분석도구로서 곡률을 거론할 때는 Gaussian 곡률, mean 곡률을 의미한다. 곡면상의 임의의 한 점에서 모든 방향의 곡률이 다를 때 최대와 최소의 곡률을 k_1, k_2 라 하면 Gaussian 곡률은 $K = k_1 k_2$ 이고, mean 곡률은 $H = 1/2(k_1 + k_2)$ 이다(그림 1). 이와 같은 전통적인 의미의 곡률은 의복의 문제와 접목되면서 다음과 같이 여러 가지로 확대되어 정의되고 사용되기도 한다.

예를 들어, Masuda & Imaoka(1998)는 Concentrated Gaussian curvature($K_c = 2\pi - \Sigma\theta$)를 이용하여 여성상체 내부의 오목한 면과 볼록한 면을 가시화 하였고, 전개가 가능한지 가운데가 벌어지는지 겹치는지를 분석하였다(그림 2). 한편 상의의 외곽선은 Concentrated Geodesic curvature($k_c = \pi - \Sigma\theta$)를 이용하여 오목곡선인지 볼록곡선인지를 파악한 후(그림 3) 이를 여성상체 전면으로 확대하고 그 결과를 가시화하였다. 그는 밀착 의복을 삼각 매쉬로 나누고, 매쉬의 정점을 중심으로 K_c 와 k_c 를 구하여 이들이 합이 상수가 된다는 Gauss-Bonnet theorem을 203

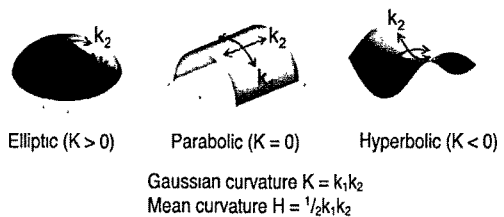


그림 1. 곡률에 따른 곡면의 형상

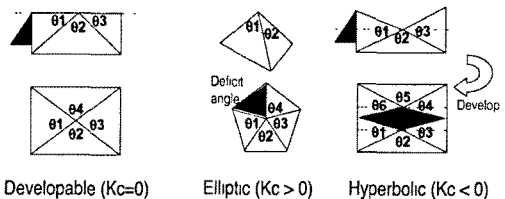


그림 2 Concentrated Gaussian curvature($K_c = 2\pi - \Sigma\theta_1$)에 따르는 곡면의 분류 (Masuda & Imaoka, 1998)

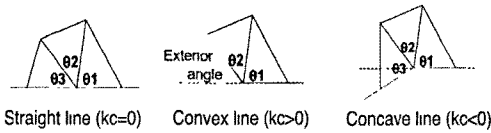


그림 3 Concentrated Geodesic curvature($kc = \pi - \sum\theta$)를 이용한 의복의 외곽곡선의 분류 (Masuda & Imaoka, 1998)

명의 여성을 대상으로 증명하였는데 표준 여성 상체일 경우 전체적으로 0이 된다는 사실을 실제 영상을 분석함으로써 증명하기도 하였다.

또 다른 곡률 반경의 적용으로는 거시적인 의미에서의 평균곡률반경을 들 수 있는데, 이현영(2002)은 이를 여성 유방의 분석과 와이어의 제작에 활용하였다. 여기서 주목할 점은 거시적 평균 곡률을 계산할 때 선정하는 점의 간격이 곡률반경 재현성의 측면에서 매우 중요하다는 점이다. 세 점들간의 전체거리를 예를 들어 1cm 이내로 인접하게 잡으면 구나 원기둥이 아닌 이상 볼록면 자체에 의해서 또한 직물이나 피부에 의한 오철이나 기타 노이즈 때문에 곡률이 매우 민감하게 변한다. [그림 4]의 a는 내연을 21 등분한 경우로 측정점 간의 거리가 약 5mm인데 선택한 점에 따라 곡률의 크기 및 방향이 매우 민감하게 바뀌는 것을 보여 주고 있다. [그림 4]의 b의 경우는 내연을 5등분한 것으로 점들간의 거리가 약 18 mm 인데 이러한 경우에는 곡률의 방향성이 안정화되었다. 즉, 곡률을 산출하기 위한 세 점이 어느 정도 떨어져 중간 위치에서의 노이즈가 큰 영향을 미치지 않음을 보여주었는데 이것은 다른 영상에서도 마찬가지로 경향이었다. [그림 4]의 b와 같은 경우는 유방 하연의 곡률에 대해 비교적 자세한 정보를 알 수 있어 소비자의 약 25% 에 해당하는 비대칭형의 유방을 가진 여성에게 적합한 맞춤형 와이어를 제작 하는데 필요한 정보를 제공해주었다(이현영, 2002). [그림 4]의 c의 내연을 3등분한 그림인데 (점들간의 거리: 약 45 mm) 매우 안정적이고 현재 업계 패턴에서 사용하는 제도법에 대응하는 곡률 값을 제공하여 줄 수 있으나, 곡면의 오묘한 변화를 충분히 활용하지는 못하는 결과를 초래한다.

즉 [그림 4]의 c를 확대한 [그림 5]의 a에서 왼쪽은 유방의 하연 전체를 하나의 곡률로 나타내기 위하여 세 점 내연점(A), 하연점(B), 외연점(C)을 지나는 원을 그렸을 때 E점을 지나지 않는 등 유방 하연을 정확히 표현하지 못하고 있음을 알 수 있다. 한편, 유방을 좀 더 세분하여 내연의 세 점(A, D, B)을 지나는 원을 만들고, 외연의 세 점(B, E, C)을 지나는 원을 만들어 보면, (그림 5의 b) 외연

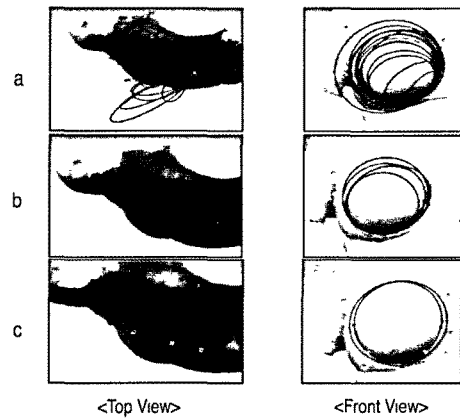


그림 4 곡률반경 산정을 위한 점들간의 거리와 곡률반경 설정을 위한 원의 안정성 (Lee et al., 2004)

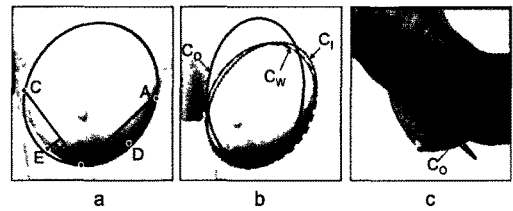


그림 5 평균 내연곡률반경, 평균 외연 곡률반경(Lee et al., 2004)
a: 유방하연의 내연점(A), 외연점(C), 하연점(B)을 지나는 전체 평균 곡률반경 설정을 위한 원, Cw(E를 정확히 지나지 못함) b: Co - 왼쪽 그림의 B, E, C를 지나는 외연곡률반경 설정을 위한 원, C1 - A, D, B를 지나는 내연곡률반경 설정을 위한 원, CW- A, B, C를 지나는 전체평균곡률반경 설정을 위한 원, c. 위에서 본 세 가지 곡률의 방향성

쪽(Co) 곡률과 내연 쪽 곡률(C)은 그 방향성이 틀린 것도 알 수 있다(그림 5의 c).

의복의 설계에서는 많은 곡선을 사용하게 되는 데 이러한 곡선의 모양을 정량화 할 때, 곡률 혹은 곡률반경, 호의 길이 등을 알고 곡률의 중심이나 이에 상응하는 기준점을 알면 수학적 지식이 깊지 않아도 콤파스나 자 등을 이용하여 간편하게 설계곡선을 정량화하고 재현할 수 있다. 예를 들어 [그림 6]은 기존의 브라지어의 날개부분과 앞판의 설계방법을 보여주고 있다. 여기서, 인체 유방 하연의 곡률정보를 알면 브라지어의 주춧돌이라 할 수 있는 앞판과 브라지어 설계에 있어서 인체 적합성이 높은 패턴을 직접 그릴 수 있다(그림 7). [그림 7]에서는 유두점에서 하연점까지의 표면 거리를 알고 있는 상태에서 콤파스를 이용하여 외연과 내연의 곡률 정보에 의하여 브라지어 앞판부분이나 날개부분을 정하는 법을 보여주고 있다.

또한 패드와 같이 복잡한 모양을 감쌀 때에는 어떠한 곳

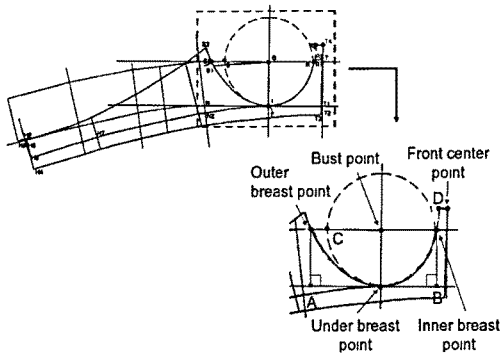


그림 6 브라지어 설계 방법(박은미, 2003)

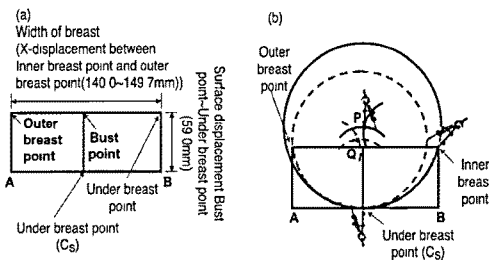


그림 7 곡률반경을 이용한 브라지어 앞판의 설계방법의 일부(이현영, 2003)

에 다이어트를 삽입시켜야 스트레스가 가지 않는 2차원 패턴이 될 수 있는가를 Gaussian 곡률을 이용하여 연구한 예가 [그림 8] 있다. 모터사이클복에 삽입하는 프로텍터를 감싸는 커버에서 다이어트의 방향을 결정할 때 [그림 9]에서와 같이 3차원상에서 Gaussian 곡률을 이용하면 도움이 되었는데 이를 범용화하기 위해서는 좀 더 많은 데이터를 분석할 필요가 있었다.

3차원상에서의 곡률정보의 응용 할 수 있는 또 하나의 예는 거들에서의 압력 문제이다. [그림 10]은 Laplace's equation인데 구의 표면에 작용하는 표면 장력의 예측식을 곡률 정보와 인장력을 사용하여 나타내고 있다. Kirk & Ibrahim(1966)은 이를 의복에 접목하여 의복압 예측식($P = T_H/\rho_H + T_V/\rho_V$)을 제안하였다. 이를 이용하여 의복압에 대한 다양한 연구가 진행되어왔다(Hasegawa & Ishikawa, 1986; Kawabata et al., 1968; Yoshimura & Ishikawa, 1983).

그러나 Kirk와 Ibrahim(1966)의 식으로는 구나 원기둥이 아닌 복곡면인 인체의 의복압을 예측하는데 오차가 발생해 왔다. 그 이유는 의복을 착용하면 수직으로 교차하였던 경사, 위사의 교차각이 변화하고, 이에 따라 곡률 측정의 기준점이 변해야 하는데 이에 대한 정의가 확립되어있

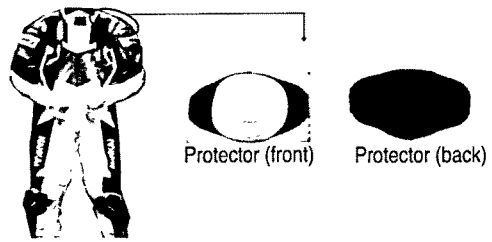


그림 8. 모터사이클복(전문가용)과 프로텍터 외부 (이희란 외, 2004)

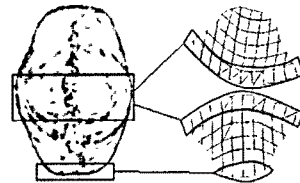


그림 9. Gaussian curvature에 의한 구획 설정과 프로텍터의 표면전개 패턴 (이희란 외, 2004)

지 않아 곡률 측정에 오차가 발생하였기 때문으로 추정된다. 이에 따라 이예진과 홍경희(2004c)는 다음 [그림 11]과 같이 2×2cm의 격자와 이에 내접하는 원이 그려진 거들을 정립자세의 석고 인체 모형에 착용시킨 후 착용전의 격자와의 비교를 통해 위의 예측식을 검토해 보고 개선하고자 하였다.

먼저 기존의 식대로 압력을 구하기 위해서 그려진 격자를 따라 가로, 세로 방향의 신장에 따르는 인장력 T_H , T_V 를 측정하고, 이 부위에 해당하는 곡률 반경 ρ_H , ρ_V 를 구해, Kirk와 Ibrahim(1966)의 식에 대입하여 압력값을 예측해 보았다. 그 결과 직접 압력 센서로 측정한 값과는 차이가 컸다. 이와 같은 오차의 주요 원인 중 하나는 거들을 착용함에 따라 원과 격자에 변형이 생기는 데 변형된 원의 장축과 단축이 그려진 격자 방향과는 다른 데 이를 따라 곡률 반경이 측정되지 않았기 때문에 발생한다. 즉 [그림 12]에서와 같이 거들을 착용하면 원에 변형이 일어나게 된다. 변형된 원의 장축(A' C')과 단축(B' D')은 원래 경사, 위사 방향으로 그려진 격자(AC, BD)로부터 θ 만큼 이동해야

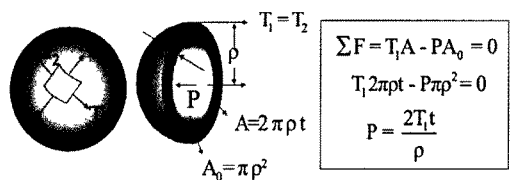


그림 10 구에 작용하는 표면장력 (이예진, 홍경희, 2004c)

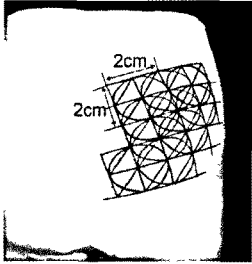


그림 11 격자가 그려진 거들을 착용시킨 석고 모형 (이예진, 홍경희, 2004c)

된다는 사실을 알 수 있다(그림 12).

따라서 압력 예측시에 원래의 그려진 격자를 따라 곡물 반경을 구하지 말고, 장축과 단축을 새로 찾아서 곡물 반경을 구하고 이때 신장된 길이에 따른 인장력을 찾아야 한다. 그런데, 이 때 곡물 반경은 기준점의 위치의 변화에 따라 그 값이 예민하게, 크게 변하기 때문에 인장력보다 압력 예측 추정 값에 큰 영향을 미치게 된다. 3차원 스캐너는 이러한 변형 영상에 따르는 곡물 변화를 손쉽게 정량화할 수 있기 때문에 의복압 예측식을 개선할 수 있다.

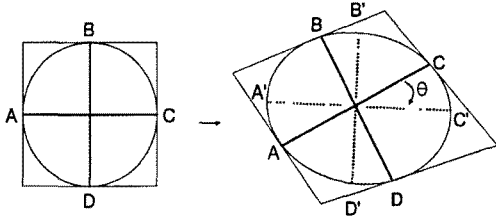


그림 12. 변형전의 원의 양대축(AC, BD)과 변형후의 찌그러진 원의 장축과 단축(A' C', B' D')(이예진, 홍경희, 2004c) * 변형후 장축과 단축은 원래의 축에서 θ 만큼 이동한 값임

2) 모형화와 구획화

곡률정보가 측정하는 사람의 위치에 따라 값이 변하지 않는 곡면 고유의 정보를 제공한다는 점에서 가치가 있으나, 실제 유용하게 현장에서 활용하기 위해서는 [그림 7]에서와 같이 적절한 기준점이나 기준선을 선정하고 이를 중심으로 곡물 반경 및 표면 길이를 제공하여야 설계가 가능해진다. 이 때, 기준선이나 기준점이 될 수 있는 부분은 2차원 패턴제작시의 폭이나 너비를 나타내는 구조선이 될 수도 있으며, 형태적으로는 볼록하거나 오목한 경계 부위가 될 수도 있고, 인체에 맞닿아 걸쳐지는 fit zone의 경계일 수도 있으며, 완전히 디자인 라인이 될 수도 있다.

복곡면의 인체는 여러가지 형태인자가 혼합되어 있어서

하나의 모형으로 패턴전개의 원리를 파악하기는 매우 어렵기 때문에 전체를 한꺼번에 펴는 것보다는 위에서 언급한 기준선을 경계로 구획화하는 것이 바람직하다. 구획화를 하면 이를 모형화하기도 용이해지며 이를 통하여 정량적인 분석의 단계별 검토가 가능해져 3차원 입체와 2차원 패턴 전개간의 관계를 요소별로 이해하는 데 도움이 된다.

아래에서는 본연구실에서 행한 구획화와 모형화의 실험을 들고자 한다. 먼저 유방부위는 인체에 복잡함을 야기하는 굴곡이 심한 부위이므로 이 부분을 구획화하고 형태를 이해하는 연구가 선행되었다. 유방부위를 구획화 하고자 할 때, 겉에서 눈으로 보기에는 유방의 윗부분이 연속면으로 보여서 분리하기가 어렵다. 이에 따라 피하지방과 근막사이의 비끌림 현상(slip)을 이용하여 유방의 상연점을 제 2늑골점부터 해부학적으로 설정하고 내연과 외연의 경계점도 비끌림 현상을 이용하여 설정하였다(이현영, 2002). 이런 과정을 거쳐 유방을 분리해 내면 분리된 유방은 ruled surface로 모형화 할 수 있고, 이를 통하여 유방의 하연이 어떠한 모양을 가지고 있는가를 수학적으로 표현할 수도 있으며, 2차원 패턴으로의 전개가 가능해진다.

Ruled surface란 자유곡선의 형태를 가진 두 개의 NURBS곡선을 직선으로 연결하여 생기는 표면이다. Ruled surface의 장점은 원뿔은 아니라도 전개 가능하기 때문에 표면적 패턴을 근사적으로 구해 볼 수 있다는 데 있다. Ruled surface를 이용할 때 원래의 정의에서 한걸음 나아가 최고점을 구한 뒤 여기에서 밀면방향으로 직선을 연결시켜주어 원뿔과 흡사한 도형을 구하면 밀면은 유방의 하연의 자유곡선을 그대로 재현시킬 수 있다(그림 13).

[그림 14]는 브래지어의 날개부분을 구획화하고 이를 두 개의 NURBS 곡선을 이용하여 전개도를 구한 예이다. 브래지어의 컵부분의 경우도 유두점으로부터 유방하연의 NURBS 곡선을 향해 직선으로 연결해주면 전개 가능한 모형화가 가능하고 따라서 이를 전개할 수 있다(이예진, 홍경희, 2004a).

그 밖에, 모형화를 통하여 구획화 된 3D입체의 개별적

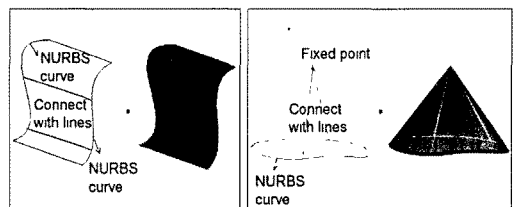


그림 13 Ruled surface에 대한 고유한 정의와 확장된 정의 (이예진, 홍경희, 2004a)

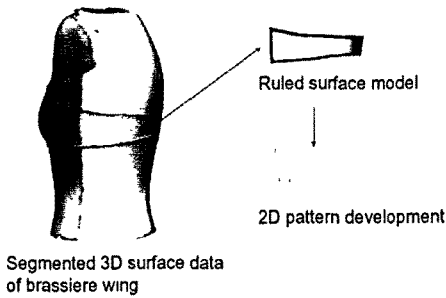


그림 14. 브라지어 날개부분의 ruled surface 모델과 그의 전개도 (이예진, 홍경희, 2004b)

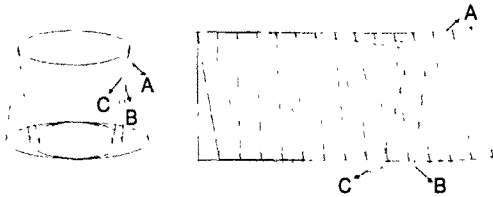


그림 15. 허리폭을 변화시킨 모형과 그의 전개도 (김소영, 홍경희, 2004)

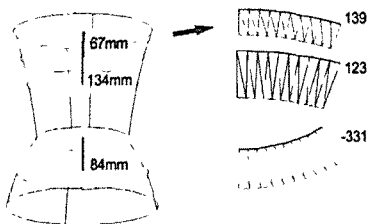


그림 16. 오목면과 볼록면의 모형에서 구획부위 및 크기에 따른 2D 전개패턴에서의 곡률변화 (김명수, 홍경희, 2004)

인 요소가 2차원 패턴의 형상에 어떠한 영향을 미치는가를 분석한 예는 다음과 같다. [그림 15]에서와 같이 인체의 밑 가슴둘레부터 허리윗부분 까지를 떼어내어 타원뿔대의 형태로 모형화한 뒤 허리부분의 장축만을 늘려가며 모형을 변형시켜보면 전개 패턴에서 위아래의 곡률이 바뀌는 것을 검토할 수 있다. 윗면에 비해서 아랫면이 작은 C에 비하여 A와 같이 아랫면이 커질 때는(비만형) 2차원 전개패턴에서 곡선의 방향도 변곡점을 두고 바뀌는 것을 볼 수 있다 (김소영, 홍경희, 2004).

반면에 [그림 16]에서와 같이 인체의 허리부분과 엉덩이 부분과 같이 볼록이나 오목면일 경우에는 구획된 부위의 크기에 따라 (여기에서는 67 mm, 134 mm) 같은 선이라도 전개된 부분의 곡률은 $+139 \times 10^{-5}$ 에서 $+123 \times 10^{-5} \text{ mm}^{-1}$ 로 바뀐다. 또한 오목한 부분인가 볼록한 부분인가

에 따라 그 방향이 $+123 \times 10^{-5}$ 에서 $-331 \times 10^{-5} \text{ mm}^{-1}$ 로 바뀌게 된다. 이것은 입체상에서는 같은 선이라도 고유한 2차원곡선으로 나타나는 것이 아니고 구획화되어 전개되면 폐곡선상의 다른 선의 영향을 받는 현상을 보여준다. 즉 2차원 패턴상의 곡률은 자른 아랫면과의 길이 차이나 블록의 높이, 옆라인의 기울기에 따라서 3차원상에서는 같은 위치에 있었다라도 2차원상에서는 그 특성을 달리한다(김명수, 홍경희, 2004).

이와 같이 복합적인 인체를 직접 변화시키는 것보다는 인체 모형을 단순화한 것부터 시작하여 복잡한 것 까지 다양하게 변화시키면서 구획화하고 절단하고 전개함에 따라 어떠한 2D 패턴특성이 도출되는가를 단계적으로 살펴보면 디자인 라인이 그려진 3차원 입체의 속성과 이를 전개한 패턴과의 기본적인 관계를 이해하기가 쉽다.

2.2 밀착의 제작을 위한 레플리카의 원리 연구

의복 조형의 세계는 공산품의 시제품 제작에서와 같이 mockup으로 찍어내거나 각아서 직접 입체화 할 수 없기 때문에 3차원에서 2차원으로 변화될 때는 벌어짐이나 겹침이 있을 수 밖에 없다. 이에 따라 2차원 패턴을 제작할 때 3차원 데이터로부터 필연적으로 발생하는 이러한 겹침과 벌림을 어떻게 배분할 것인가에 다음과 같은 연구를 수행하였다.

1) 일반 밀착의

3차원 표면으로부터 2차원 패턴을 구할 때 직물에 있는 잔단이나 신장 특성을 감안하여 펴는 방법(Kim & Kang, 2003; Okamoto et al., 1996)이 이제까지 발표되어왔는데, 본 연구실에서는 일단 인체의 형태 그대로의 레플리카 조각을 펴는 합리적 방법은 없을까를 연구하였다. 즉 구획화와 모형화를 통해 전개된 조각들이나, 3차원 볼록면으로부터 직접 채취된 레플리카로부터 획득한 조각들을 가능한 한 인체의 표면적과 같이 합성하여 밀착의복에 적합한 패턴을 만들고자 할 때는 어떻게 해야 하는가를 먼저 연구하였다.

이것은 여유분이 있는 패턴보다는 밀착 패턴을 통해 인체의 신비한 곡면을 이해 할 수 있고, 체형 특성에 따른 의복의 2D 패턴 설계 원리를 이해 할 수 있기 때문이다. 밀착의 패턴으로부터 동작이나 운동에 필요한 부위별 여유를 둔 기본 패턴을 개발할 수도 있고, 반대로 신축성 섬유로 만든 특수 의상의 경우는(수영복, 화운데이션, 무대의상 등) 신축율을 고려한 수축패턴을 만들 수도 있다. 본 연구실에

서는 모형화를 통한 유방부위의 밀착의 패턴(이옥경, 홍경희, 2002; 이예진, 홍경희, 2004b; 김진영, 김희영, 2004)에서 시작하여 여성 상체부(이희란 외, 2004)와 남성 상체부(정연희 외, 2004)에 대한 밀착패턴을 만드는 방법, 수축율을 고려한 거들의 패턴 연구 등을 수행하고 있는데 그 결과 다음과 같은 결과들을 얻었다.

기본적인 결론은 3차원 복곡면을 2차원으로 펼 때 구획화를 할지라도 완벽하게 펼 수는 없기 때문에 나름대로의 겹침과 벌림을 골고루 분산시켜서 스트레스를 줄이는 것이 최적의 피트성을 위한 조합방법이라는 점이었다. 실험 방법으로는 표준 인대 사이즈 66을 이용하였는데, 여성 상의의 경우 [그림 17]의 왼쪽에 보이는 바와 같이 한 변의 크기가 3 cm인 격자를 1 unit로 하고 이를 이용하여 테이프 법으로 레플리카를 구한 뒤 이들 격자를 맞추는 방법을 검토하였다. 이 때 굴곡이 심한 곳은 다시 1unit를 삼각형으로 나누어 가능한 한 평면에 가깝도록 레플리카 조각을 분할한 후 이 조각들을 Yuka CAD로 조합하였다. 그림에서와 같이 꼭지점과 꼭지점을 맞추면 표준 인대(66)의 특성상 볼록한 부분의 가장자리에는 반드시 오목한 부분이 생기기 때문에 겹쳐지는(overlap) 현상과 벌어지는 현상(widen)이 대체적으로 골고루 분포되어 전반적으로 보정 없이도 원래의 표면적과 0.2%의 오차밖에 나지 않았다(이희란, 홍경희, 2004). 이것은 Masuda와 Imaoka(1998)의 연구에서 표준 여성의 상체의 경우 내면의 오목면과 볼록면, 경계선의 오목곡선과 볼록곡선의 합이 0에 가까웠다는 실험결과와 일맥 상통하는 것으로 보인다.

3차원 기술이 발전됨에 따라 수작업으로 사각 레플리카를 구하였던 것을 컴퓨터 프로그램에 의하여 외면의 형태를 변화시키지 않으면서 크고 작은 3각형으로 나누어 단순화(simplification)시키고, 이를 펼쳐서 남성복에도 응용하여 보았다.

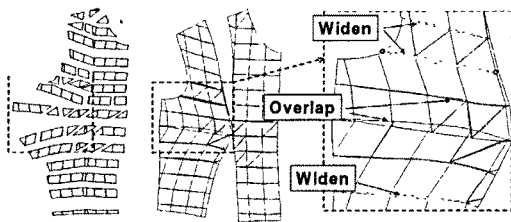


그림 17. 사각 레플리카 조각의 조합 방법(이희란, 홍경희, 2004)
*3-4 개의 조각(N unit)를 꼭지점끼리 맞추면 겹침(overlap)과 벌어짐(widen)이 동시에 나타남

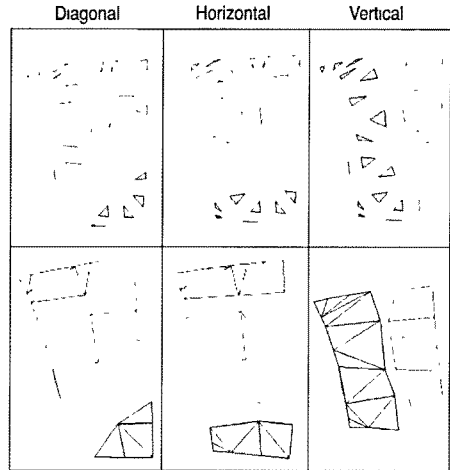


그림 18. 삼각형 블록의 배열방향 (정연희 외, 2004)

이 때 삼각형 조각을 부분적으로 먼저 블록화를 시킨 뒤 [그림 18] 이를 다시 합하는 것이 효율적이었으며 이 때에도 다시금 겹침과 벌림이 한 방향으로 치우치지 않는 여러 가지 조합 순서와 방향을 찾아내었다.

그 결과, 수평방향으로 어깨부터 삼각형을 부분적으로 구획화가 시킨 후 이들을 꼭지점끼리 붙이는 방법으로 조합하면 오차가 -0.4% 이내가 되는 것을 확인 할 수 있었다 (그림 19).

완성된 패턴을 봉제하여 누드시와 의복 착용시 3차원 스케너로 스캔한 뒤 Rapid Form(Intek Plus Co. Ltd.)에 의하여 두 영상을 중첩시켜봄으로써 피트성을 평가하였다. 피트성은 인대와 의복 사이의 공극량을 정량적으로 검토함으로써 확인 할 수 있었다(정연희 외, 2004).

이와 같이 3차원 기기와 소프트웨어의 개발로 인해 정량적인 패턴의 평가가 가능해졌기 때문에 3차원 정보로부터

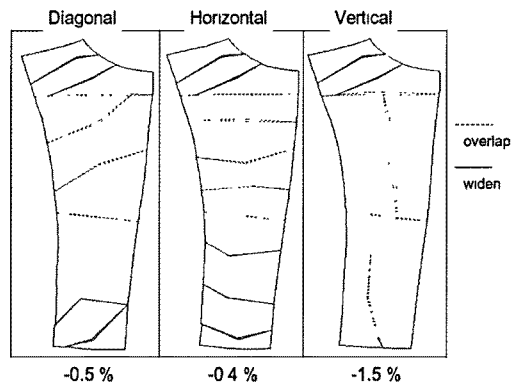


그림 19. 삼각형 블록의 배열 방향에 따른 오차(정연희 외, 2004)

더 나은 2D 패턴 전개의 논리 개발이 가능하였다.

2) 기능성 밀착의

일반 밀착의와는 다르게 화운데이션과 같은 기능성 밀착의 경우는 3차원 정보로부터 2차원 패턴을 설계하는 방법이 달라야 한다. 브래지어의 경우를 예로 들면 여기에서도 겹침과 벌림을 레플리카 전반에 걸쳐 분산시키는 것이 있는 형태를 그대로 잘 피트시켰으나, 올려주는 기능을 살리려면 겹침과 벌림을 골고루 분산시키는 것보다는 왜곡시키는 것이 효과적이었다(이옥경 2002; 김진영, 김희영, 2004).

2.3 특수복으로의 활용

1) 비만여성을 위한 자켓

의복사이의 공극량을 가슴둘레, 허리둘레, 배둘레, 엉덩이 둘레에 적절히 배치하면 배부위가 나온 중년여성을 날씬하게 보이게 할 수 있다. 이것은 일종의 착시현상을 이용한 것으로 실용성이 매우 높은 연구라 할 수 있다(손부현, 홍경희, 2004). 그 결과 중년여성은 그림 20중 K 패턴과 같은 공간분포를 가장 선호하였는데 이것을 보면 허리는 맞게 배부위나 엉덩이 부분은 여유있게 나타나 허리가 더 날씬하게 보이는 효과가 있었다. 전문가 및 소비자가 비만 여성에게 적합하다고 평가하는 의복의 공극량의 분포를 분석하고, 해당하는 패턴의 특성을 연구하여보면 중년여성

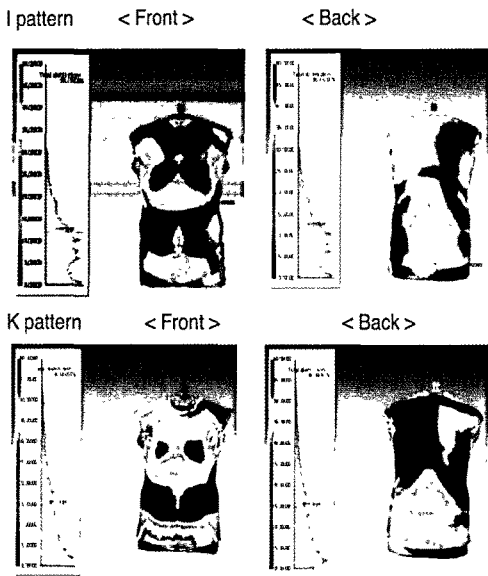


그림 20. 착시현상을 이용한 비만여성의 상의연구(손부현, 홍경희, 2004)

을 날씬하게 보이도록 착시현상을 유발하는 의복 패턴의 원리를 구할 수 있다.

2) 의복의 보온력과 패턴설계

의복내 공기층은 체열조절을 좌우하는 중요한 요인중의 하나로 관심의 대상이 되어왔으나 정량화하기가 어려웠다. 그러나, 3차원 측정기술의 발달로 의복의 형태적 요소를 보온력과 연결시킬 수 있는 돌파구가 마련되었다. Lee & Hong(2000)은 서로 다른 소재의 셔츠 2종과 여유분이 다른 베스트 4종으로 실험 의복을 제작하여 의복내 부피를 3차원 스캐너로 측정하였고, 이들 의복조합을 thermal manikin에 착용시킨 상태에서 보온력을 구한 뒤, 의복내 공기층의 부피와 보온성의 관계를 평가하였다. 그 결과, 여유분이 커져 공기층의 증가가 한계치에 도달하면 대류

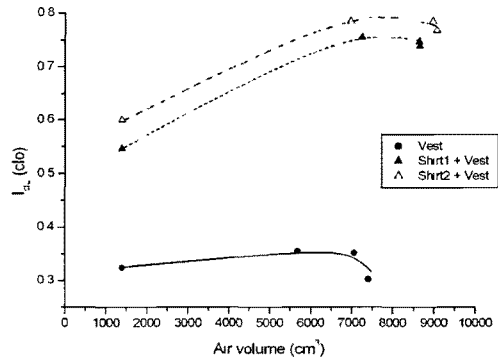


그림 21. 의복내 공기층의 부피와 보온성의 관계 (Lee & Hong, 2000)



그림 22. 조끼의 여유분에 따른 의복내 점지공기층의 가시화 (Lee & Hong, 2000)

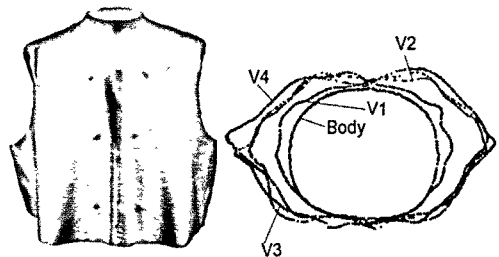


그림 23. 조끼의 여유분에 따른 단면 형상 비교 (Lee & Hong, 2000)

에 효과가 발생하여 보온성이 떨어지는 현상을 정량화하였다(그림 21). 동시에 의복의 어느 부위에서 열손실이 일어나는지를 3차원 영상을 중첩시켜 파악하였다(그림 22, 그림 23). 이러한 연구 방법은 앞으로 일반 의복 뿐 아니라 특수복(방한복, 잠수복, 우주복, 소방복, 등산복 등)의 패턴설계와 보온력, 환기 성능간의 관계를 연구하는 데 그 활용성이 클 것으로 기대된다.

3. 결 론

공산품 설계에서와 같이 3차원으로 설계하여 3차원 모형으로 직접 제작하는 것에 비하여 3차원 정보를 이용하여 2차원 직물로 3차원의 입체를 조형한다는 것은 쉽지 않으며 오차가 필연적으로 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2차원상에서의 제작원리에 대응되는 3차원 설계 파라미터를 찾아내는 것은 앞으로도 계속 연구되어야 할 과제이다. 본고에는 3차원 인체 정보를 특수복의 설계에 활용하기 위한 기본 방안으로 다음과 같은 제안을 하고자 한다.

- ① 미묘한 인체의 곡면은 정확한 기준점에 의한 정량적 분석이 아니고는 재현하기 어려우므로 먼저 기준점과 기준선을 설정한 뒤 그에 따른 곡률정보를 이용한다. 미시적인 전통적 곡률정보 보다는 거시적 평균 곡률 정보가 의복의 경우 그 활용성이 더 높다.
- ② 구획화와 모형화는 3D에서 2D로의 전환의 초기 단계에서 선행되어야 한다. 정확한 구획화는 기능적 패턴 설계에 효율적인 방안을 제시해 주고 모형화를 가능하게 하여 핵심적인 3차원 인체 특성과 2차원 패턴 설계요소와의 독립적, 복합적 관계정립을 가능하게 해준다. 이 결과 들이 DB화 된다면, 3차원 측정기가 없어도 핵심이 되는 3차원적인 인체 형상정보와 2차원 패턴과의 관련성에 대한 예측식을 구할 수 있고 이것은 현장에서 보다 광범위하게 활용될 수 있을 것이다.
- ③ 본고에서는 3차원 인체정보의 활용 방안을 위한 기본적인 방법론을 제안하고 이를 화운데이션, 밀착의, 비만여성복, 보온의복 등에 이용한 예를 들었는데, 3차원 인체 정보를 특수복 설계에 더욱 적극적으로 활용하려면 학제간에 네트워크가 좀 더 활발히 이루어져야 함은 물론이고, 산학간에도 협력 채널을 마련하여 폭넓은 현장 데이터의 축적을 연구와 통합시킬 수 있는 실험의 장이 마련되어야 한다고 생각된다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구과제(R01-2003-10423-0)의 지원을 받아 수행된 결과의 일부임.

참 고 문 헌

- Hasegawa, M. & Ishikawa K. (1986) Studies on Garment Compression - An Estimation of Garment Compression by the Dome Method-. *SEN-I GAKKAISHI*, 42(8), 83-92
- ITAA Proceedings. (2000). Cincinnati. USA
- Kawabata, H., Tanaka, Y., Sakai, T. & Ishikawa K. (1988). Measurement of Garment Pressure (Part 1) - Pressure Estimation from Local Strain of Fabric-. *SEN-I GAKKAISHI*, 44(3), 142-148.
- Kim, S M & Kang, T. J. (2003). Garment Pattern Generation from Body Scan Data. *Computer-Aided Design*, 35(7), 611-618.
- Kirchdoerfer, E. (2004). 2004 International Clothing Technology Workshop. 한국의류학회 의복구성분과, 한국생산기술연구원.
- Kirk, W. & Ibrahim, S. M. (1966). Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance. *Textile Research Journal*, 36(1), 37-47.
- Lee, H. Y., Hong, K. H. & Kim, E. A. (2004). Measurement Protocol of Women's Nude Breasts Using a 3D Scanning Technique. *Applied Ergonomics*, 35, 353-359.
- Lee, Y. & Hong, K. (2000). Measurement of air volume in clothing micro climate and its relation with thermal insulation. The 9th International Conference on Environmental Ergonomics (ICEE) Dortmund, Germany.
- Masuda, T. & Imaoka, H. (1998). 3D Torso Surface Curvatures as it Relates to Clothing Design *SEN-I GAKKAISHI*, 54(6), 299-308.
- Okamoto, E., Furukawa, T, Jie, F., Kamijyo, M., Shimizu, Y. & Shimizu, H. (1996). Basic Pattern Making by Constructive Points Selected Among Three Dimensional Data of a Body Unit. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses*, 37, 544-551.
- Robinette, K M. (2002). 3-D or Not 3D? That is the Question. 대한 인간공학회 춘계학술대회.
- Yoshimura, H. & Ishikawa, H. (1983). Some Measurement of Garment Compression on the Body, *SEN-I GAKKAISHI*, 39(2), 63-69.
- 김명수, 홍경희. (2004). 3D 모형의 곡면의 특성과 2D 전개 패턴의 설계 요소 연구. 한국인간공학회 2004 추계학술대회.
- 김소영, 홍경희 (2004). Pattern Development of Waist Nipper Using 3D Model, 패션비즈니스학회 2004 추계

학술대회.
 김진영, 김희영. (2004). 브래지어 상킵패턴의 기능성 연구. 충남대학교 학부 졸업논문.
 박은미. (2001). 성인여성용 브래지어 치수규격과 원형개발연구. 숙명여자대학교 박사학위논문.
 박창규. (2004). 디지털 의류기술 및 동향. International Clothing Technology Workshop, 한국의류학회 의복구성분과, 한국생산기술연구원.
 손부현, 홍경희. (2004). 중년 비만여성의 체형분석과 기본 자켓의 패턴 특성연구. 한국의류학회 2004 추계학술대회.
 이대훈. (2003). IT 접목 Fashion 기술 연구 동향, 한국의류학회 2003 추계학술대회 초청강연.
 이예진, 홍경희. (2004a). 브래지어 하컵을 이용한 Ruled surface모형의 전개도 검증, 한국감성과학회 2004년도 춘계학술대회.
 이예진, 홍경희. (2004b). 인체 복곡면과 전개 특성, 한국의류학회 2004년도 춘계학술대회.
 이예진, 홍경희 (2004c). 인체의 복곡면 특성을 고려한 의복압 예측법의 개선, 한국의류학회 2004 추계학술대회
 이옥경, 홍경희. (2002). 3차원계측을 이용한 브래지어 제작 방법 및 그 브래지어, 대한민국, 특허 제 0428487호
 이옥경. (2002). 3차원 측정시스템을 이용한 브래지어 패턴 제작의 기본적 방법론 개발. 충남대학교 의류학과 석사학위논문.
 이현영. (2002). 3차원 계측에 의한 중년 여성용 브래지어의 설계요소 분석. 충남대학교 대학원 의류학과 박사학위 논문.

이현영. (2003). 유방의 3차원 형태정보와 체형별 브래지어 설계모델 개발; 브래지어 사이즈 80A를 중심으로. 한국생활환경학회지, 10(3), 187-192.
 이희란, 김소영, 김명수, 홍경희. (2004). 특수 기능성 의류용 3D 보조 용구의 2D 패턴 연구. 한국감성과학회 2004년도 춘계학술대회.
 이희란, 홍경희. (2004). 밀착의 피트성을 위한 3D 레플리카의 조합방법, 한국의류학회 2004년도 춘계학술대회.
 정연희, 홍경희, 김시조 (2004). Triangle simplification을 이용한 3차원 형상 데이터의 2D 패턴 전개 방법 고찰, 한국의류학회 2004 추계학술대회

이 예 진

충남대학교 의류학과(학사, 석사)
 현재 충남대학교 의류학과 박사과정

홍 경 희

서울대학교 가정대학 의류학과(학사)
 University of Maryland (Ph D, Clothing Comfort)
 한국표준과학연구원 Post Doctor
 현재 충남대학교 의류학과 교수
