

기능성 어패럴과 3D Technology의 접목

홍경희, 박혜준, 김소영 · 충남대학교 의류학과

1. 서론

기능성 어패럴의 설계를 위해서는 먼저 인체의 해부학적, 구조적 특성을 3차원적 관점에서 파악한 후, 고분자-섬유-실-직물-의복으로 설계됨에 따라 변화하는 의복구조물의 화학적, 물리적 특성을 이해해야 하며, 인체가 의복을 착용하면서 주어진 환경에서 활동할 때 어떠한 상호작용이 발생하는가에 대한 시스템적인 분석이 뒤따라야 하기 때문에 각종 신기술의 학제적 접목이 필요하다. 그렇기 때문에 박태환 수영복과 같이 엘리트 선수용 퍼포먼스 스포츠 기어는 10억을 호가한다.

본 고에서는 기능성 어패럴의 설계와 평가를 하기 위하여 사용되는 3차원 도구들에 대한 현황을 Figure 1의 3차원 테크놀러지를 이용한 기능성 어패럴 제작 프로세스에 맞추어 먼저 소개하고자 한다. 아울러, 이 프로세스의 원활한 구동에 문제가 되고 있는 부분과 앞에서 언급한 인체의 해부학적 구조 분석, 소재의 물리적 특성, 착용시스템에서의 평가라는 세 가지 측면에서 저자의 실험실에서는 어떻게 3차원 테크놀로지와 기능성 어패럴 설계를 접목하였는가를 실례를 들어 소개하고자 한다.

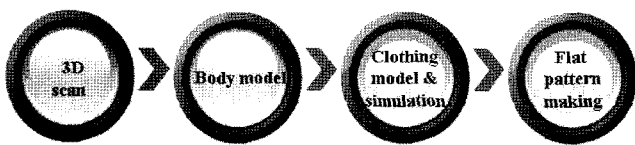


Figure 1. 의복 설계용 3차원 소프트웨어의 프로세스.

2. 3차원 스캐닝 하드웨어와 분석 솔루션

2.1. 3차원 스캐닝 하드웨어

인체의 3차원 스캔 데이터는 기능성 어패럴 설계에서 기본적인 자료를 제공한다. 인체 계측용 스캐너는 Hamamatsu(일본), NEC(일본), Hamano(일본), CyberWare(미국), TC²(미국), Telmat(프랑스), Vitronics(독일), Wicks & Wilson(영국) 등의 세계각국의 회사에서 개발하여 공급하고 있다. 국내에서는 Exyma에서 whole body scanner를 개발하였다.

2.2. 3차원 분석용 범용 솔루션

Lectra의 DesignConcept Auto(V4R1)와 DesignConcept Furniture, 그리고 OptiTex의 OptiTex PDS는 자동차, 항공기, 선박의 시트 및 내장재의 직물커버 및 가구의 직물커버의 패턴 설계에도 사용되고 있다. 단순한 직물 커버 뿐 아니라, 복합재료 디자인은 VISTAGY 사의 FiberSIM이 이용되고 있다. FiberSIM에서는 선택한 소재, 폼(foam), 프레임의 변형특성에 따라 시트커버를 실제 어떻게 fit시킬 것인가를 컴퓨터로 시뮬레이션 한다.

3차원 인체 스캔 자료에 대한 범용성 3차원 솔루션으로 대표적인 것은 한국의 Rapidform, 미국의 Geomagic, 캐나다의 Polyworks 등을 들 수 있다. 이들 소프트웨어의 가장 기본적인 기능은 3차원 인체 스캔 데이터의 기본적인 가공 과정과 인체치수 측정기능이라고 할 수 있다. Rapidform은 프랑스의 Lectra 사에 3차원 스캐닝 소프트웨어를 공급하여 3차원 테크놀로지를 이용한 맞춤 의복 제작 솔루션으로 전 세계에 공급되고 있다. Rapidform은 국내 사이즈 코리아 2004에서 뿐만 아니라, 국내외의 3차원 테크놀러지 의복관련 연구 분야에서도 활발하게 이용되고 있다(정연희와 홍경희, 2006; 최영림 외, 2006). Geomagic은 SizeUSA의 3차원 전신 스캐너 TC²의 3D body measurement system에 기술을 제공하고 있으며, Timberland 사의 신발 피트성을 향상시키기 위한 모델링 툴로도 사용되고 있다. Polyworks는 3차원 테크놀로지를 이용한 국내외의 의복관련 연구 분야에서도 활발하게 이용되고 있다(Ashdown & Petrova, 2008; Daanen & Hong, 2008).

3. 3차원 body model

의복을 설계하기 위해서는 바디 모델이 필요하다. 바디 모델로는 인체를 기하학적 물체의 집합체로 보고 이를 시뮬레이션한 아바타형 모델, 인체요소의 상호 관련성을 바탕으로 추출한 주요 요소를 변화시킬 수 있는 가변형 바디(parametric body)모델, 인체의 3차원 스캔 형상 데이터를 바탕으로 생성

한 리얼 바디형 모델이 있다. 아바타형 바디는 3ds Max, Maya와 같은 3차원 디자인 틀에서 애니메이션을 위한 인체 모델링에 주로 활용되며, 가변형 바디는 현재의 의복 설계용 3차원 소프트웨어(NARCIS, i-Designer 등)에서 의복 패턴의 가상 착의를 확인하기 위해 주로 사용된다. 리얼 바디형 모델은 최근 3차원 스캐너의 보급이 확산되면서 Made-to-Measure와 같은 개인 맞춤형(individual customization)을 위해 주로 사용된다. 최근에는 근육, 뼈는 물론 피부의 변형이나 혈관, 신경과 같은 해부학적인 조직까지 고려해서 인체를 모델링하는 방법도 연구되고 있다.

4. 의복모델링 및 시뮬레이션

Autodesk의 Maya와 3ds Max는 각각 cloth simulation 툴인 MayaCloth와 ClothFX를 이용하여 의복 모델을 제작할 수 있으며 세부적인 기능과 명령어는 차이가 있으나 과정은 비슷하다. Maya나 3ds Max와 같은 3차원 디자인 소프트웨어는 기존의 의복 패턴을 불러들이거나 의복을 메쉬 상태로 디자인하면 cloth simulation 기능에 의해 가상의복을 시뮬레이션 할 수 있다. 이에서 나아가 FXGear의 Qualoth는 서울대학교 고형석 교수팀의 그래픽스 및 미디어 시스템 연구실의 기술을 바탕으로 디지털 패션쇼가 가능하며 Maya와 3ds Max에 플러그인하여 사용할 수 있다. Qualoth는 의복 시뮬레이션을 위한 충돌계산이나 주름의 사실적 표현, 드레이핑의 자연스러움 등이 뛰어나 의복의 사실적인 시뮬레이션이 가능하며 애니메이션 분야에서는 세계적인 기술력을 보유하고 있다. 일본의 Digital Fashion 사(<http://www.dressingsim.com/>)에서도 Qualoth에 대응하는 clothes simulation 기술을 보유하고 있어 디지털 패션쇼가 가능하다. 김숙진(2006), 김지연(2007), 그리고 이윤경과 김민자(2008) 등은 이들 3차원 디자인 소프트웨어를 활용한 3차원 의복 디자인 및 가상착의를 시도하였다.

이러한 가상착의를 통한 가상 패션쇼, 온라인상에서 인체 치수를 반영한 맞춤형 의복의 판매 및 가상의 신상품 모델을 출시를 통해 그 반응을 오프라인으로 피드백시키는 일들이 가능해지고 있다.

5. 2D 패턴 전개

3차원 인체 데이터로부터 의복 패턴을 자동으로 제작하는 방법은 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 3차원 스캔

데이터로부터 1, 2차원의 치수정보를 획득하여 기존의 2차원 패턴제도 공식에 대입하여 패턴을 제작하는 방식이다(朴惠俊 외, 2004; 서추연과 박순지, 2008). 이 방법은 기존의 패턴제도 방식을 그대로 사용하고 있어 의류업체에 종사자들이 이해하기 쉽고 완성된 패턴을 바로 생산으로 연결시킬 수 있으나 3차원 곡면정보를 충분히 활용하지 못한 상태이다.

두 번째는 가변형 인체 모델 위에 의복을 모델링하여 이를 2차원 평면으로 전개하는 방법이다(McCartney et al., 2005; Sul & Kang, 2006; Cho et al., 2007; Kim & Park, 2007). 이 방법은 최근 출시되고 있는 어패럴 3차원 CAD 시스템에서 주로 사용하는 방법으로 여유분이 있는 의복의 2차원 평면패턴을 쉽게 제작할 수 있으며, 의복의 시각적인 가상착의 시뮬레이션에도 매우 효과적이다. 그러나 이 방법으로 추출한 밀착패턴의 맞춤새는 한계가 있다.

세 번째는 3차원 스캔 데이터의 서피스(surface), 즉 인체의 체표면에 봉제선과 디자인선, 그리고 임의의 체표면 분할선을 기준으로 블록으로 분할하여 각 블록을 2차원으로 평면전개한 후 블록을 재조합하여 의복의 평면패턴을 제작하는 방법이다(정연희와 홍경희, 2006; 최영림 외, 2006; 최명해 외, 2007; Daanen & Hong, 2008). 이 방법으로 획득한 평면패턴은 인체에 밀착되는 기능성 의복의 밀착패턴제작에는 효과적이다.

6. 의복 설계용 3D 소프트웨어

3차원 스캐닝 하드웨어와 범용성 3차원 솔루션, 그리고 3차원 컴퓨터 그래픽의 급격한 발전을 바탕으로 최근에는 인체의 3차원 스캔 데이터, 인체 바디 및 의복 모델을 이용하여 2차원의 평면패턴을 자동으로 설계하는 의복 설계용 3차원 소프트웨어에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 상용 소프트웨어도 출시되고 있다. 의복 설계용 3차원 소프트웨어의 시장 현황은 다음과 같다.

6.1. 의복 설계용 3D 상용 소프트웨어

현재 국내에서 출시된 의복 설계용 3차원 소프트웨어로는 D&M FT의 NARCIS가 있다. NARCIS는 3차원 인체 스캔 데이터로부터 가변형 파라메트릭 인체 모델을 제작하여, 인체 모델과 의복의 평면 패턴을 이용하여 의복의 3차원 가상착의를 예측할 수 있다. 또한, 가변형 파라메트릭 인체 모델 위에 의복의 외곽선, 봉제선, 그리고 다트 위치 등을 표시하여 맞춤새가 좋은 2차원 평면패턴을 설계할 수도 있다.

국외의 3차원 의복 설계용 소프트웨어는 OptiTex의 pattern design system, TukaTech의 tukadesign, Lectra의 mordaris, Gerber Technology의 AccuMark pattern design system, PAD System의 master pattern design, Techno의 i-Design, Browzwear의 V-Stitcher, Digital fashion ltd.의 LookStailor X 등을 들 수 있다. OptiTex의 경우 패턴 디자인 시스템으로부터 제작된 패턴을 가지고 3차원 의복 메쉬를 생성해 그 결과를 확인할 수 있다. Browzwear의 V-Stitcher, V-Styler, C-Me 툴은 아바타 기술과 개인화 된 체형기술에 기초하고 있으며, Gerber Technology, Santoni, Kopperman의 CAD 시스템 내에서 통합될 수 있게 되어있다. 대부분의 3차원 의복 설계용 소프트웨어는 패턴 외곽선 디자인을 위한 기본적인 제도, seam 설정, 다투(dart)생성, 그레이딩(grading), made to measure 등의 기능을 공통적으로 가지고 있으며, 가상착의 시뮬레이션 기능 또한 다양한 형태로 제공되고 있다.

6.2. 의복 설계용 3차원 소프트웨어의 프로세스 보완

대부분의 의복 설계용 3차원 소프트웨어는 2차원 패턴을 3차원 툴에 불러들여 가상 봉제하는 과정을 거치는데 이 방법은 디자인 수정 시 패턴과의 피드백이 어렵고 매번 패턴을 수정하고 다시 착장시켜야 하는 어려움이 있다. 이것은 위 Figure 1의 우측의 의복모델링과 시뮬레이션으로부터 정밀한 2차원 패턴 전개가 어렵고, 전반적인 과정에서 디자이너의 의사 자유롭게 반영되는데 한계가 있기 때문이다.

이에 저자의 연구실에서는 최근 직관적인 의복 디자인이 가능한 3차원 디자인 소프트웨어(Maya와 3ds Max 등)를 3차원 서피스를 정밀하게 2차원으로 전개할 수 있는 프로그램과 결합시켜 다양한 3차원 의복모델의 표면에서 직접 패턴을 추출하는 프로세스를 제안하였다(박혜준과 홍경희 2008; 이지영과 홍경희, 2008). Figure 2에서는 전반적인 프로세스를 보여주고 있다. 즉, 실제 인체나 더미 등을 스캔한 3차원 데이터를 3차원 범용성 솔루션 Rapidform을 이용하여 경량화시킨 후 3차원 인체모델을 생성하였고, 밀착 드레스 부분은 인체 모델링을 바탕으로 Maya에서 모델링하였고, 드레이프 부분 역시 드레이프 단면 커브를 이용하여 Maya에서 모델링하였다.

3차원 의복모델이 3차원 인체모델에 입혀진 상태를 시뮬레이션하여 디자이너가 가상 착의 형태를 확인한 후 범용성 솔루션인 Rapidform으로 불러들여 3차원 의복 모델 서피스 형태를 곡률로 분석한 후 그 경계면을 적절히 분할하여 2차원 평면 패턴으로 전개하였다. 이때 2차원 패턴 전개 프로그램으로는 직접 개발한 2C-AN 프로그램을 이용하였다. 드레

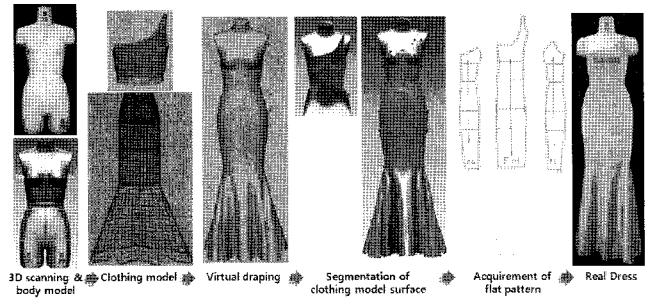


Figure 2. 3차원 스캔데이터를 이용한 인체 모델과 3차원 일러스트레이션을 이용한 의복착용 모습(이지영과 홍경희, 2008).

스의 맞춤새를 실물 제작하여 확인한 결과 Figure 2의 우측에 보이는 바와 같이 가상 착의와 흡사하였다.

6.3. 밀착 패턴용 전개 프로그램(2C-AN)을 이용한 일반 패턴 제작

이제까지는 2C-AN 프로그램이 밀착 패턴이나 축소 패턴 제작에만 활용되었으나, 여유분 있는 의복패턴을 기존의 2차원 의복패턴 제작 도구에 의존하지 않고 추출하는 3차원 프로세스를 최근 저자의 실험실에서 제안하였다(오염근과 홍경희, 2008). 이 연구에서는 20대 여성용 바지를 설계하기 위하여 실제 인체를 3차원 스캔한 후 하반신을 피트 존, 액션 존, 디자인 존으로 나누어 부위별로 요구되는 여유량을 Rapidform의 offset 기능을 활용하여 부가하였다. 즉, 부위별로 필요한 여유량을 한곳에 집중하여 배치하는 방법이 아니고, 전반적으로 부드럽게 배치하는 방법으로 기능 부위별 offset 량을 달리하여 체표면을 확대하는 방법을 채택하였다. 확대된 3차원 체표면은 봉제선 등을 고려하여 분할한 후 2C-AN 프로그램으로 2차원 평면으로 전개하여 바지 패턴을 추출하였다. 추출된 패턴을 이용하여 바지를 제작하여 착용실험을 한 결과 3차원 인체 스캔 데이터 자체를 기능적 부위별로 offset하여 패턴을 추출하는 방법이 외관이 우수한 바지 패턴을 설계하는데 유용한 방법임을 알 수 있었다.

7. 기능성 어패럴 설계와 3차원 테크놀로지

7.1. 인체의 해부학적·구조적 특성 분석

3차원 테크놀로지로 기능성 어패럴을 설계하기 위해서는 먼저 인체의 해부학적 구조를 분석해야 한다. 이때 인체 표면의 요묘한 복곡면을 정량적으로 나타내는 곡률 정보는 매우 유용하다. 곡률은 3차원 데이터의 좌표축의 정렬에 관계 없이 3차원 표면의 고유한 곡면 특성을 분석하는 중요한 도

구로 활용될 수 있는데 Rapidform과 같은 범용성 3차원 스캐너를 이용하면 곡률에 대한 정보를 쉽게 획득할 수 있어 편리하게 사용할 수 있다. 일찍이 Masuda & Imaoka(1998)는 인체의 상반신의 복곡면 특성을 측지곡률로 분석하여 이를 체형분석 및 의복 패턴 설계에 활용한 바 있다. 이현영(2002)은 유방하연의 곡률을 활용하여 인체에 적합한 브래지어 와이어를 연구하였는데 한 점에서의 미시적 곡률보다는 약 2~10 cm의 거시적 평균 곡률의 활용이 적합함을 지적한 바도 있다. 또한, 곡률정보는 3차원 체표면을 전개할 때도 효과적이어서 여성의 상반신 밀착패턴 설계에서 의복구성학 기준선 보다는 곡률분포를 기준으로 한 체표면 분할선을 이용한 것이 더 밀착되는 것을 알 수 있었다.

7.1.1. 곡률 분석을 이용한 기능성 어패럴

정연희(2005)는 인체 근육의 곡률 형태를 추출하고 곡률에 따른 근육의 경계를 이용하여 사이클용 바지의 밀착패턴 설계에 활용하였는데, 3차원 인체 정보와 2차원 패턴 간의 면적 오차는 $\pm 0.1\%$ 이내였으며 압력이 고른 분포를 보였다 (Figure 3). Figure 3의 좌측에서 보이는 바와 같이 일반적인 3차원 인체 서피스에서는 근육의 경계를 확실하게 정량화하기가 어렵다. 그러나 곡률을 추출하기 위한 프로세스를 거치면 그림에서와 같은 곡률 분포로 체표면을 구획화 할 수 있다. 곡률 분포의 종류에 따라서는 착용쾌적감에 큰 차이가 없었으며 이를 이용하여 근육의 경계를 절개선으로 하여 사이클복을 제작하였을 때 의복압의 분포가 균일하였다. 근육의 경계선을 절개선으로 활용하면 인체에 더욱 밀착되어 공기 저항을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

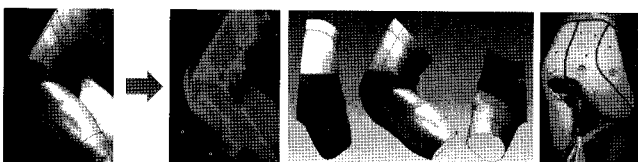


Figure 3. 인체의 3차원 곡률분포를 이용한 근육의 경계추출(정연희, 2005).

7.1.2. 피부 무변형선을 이용한 기능성 어패럴

근육은 움직였을 때 피부면과 별도로 신축하기 때문에 근육 형태를 이용한 절개선은 특정 동작을 한 형태의 의복제작에는 유용하나 모든 동작에 대응시키기에는 제한점이 있다. 이에 김소영(2008)은 사지 피부에 분포하는 신경분포인 피부 분절을 고려한 의복의 절개선을 이용하여 밀착의복을 제작하였다(Figure 4). 이때 동작 시에도 변화하지 않는 피부 분절이

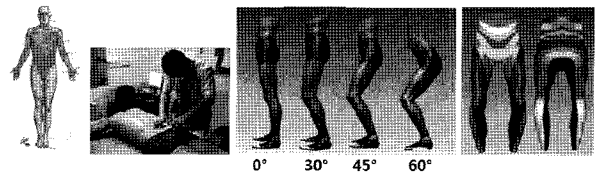


Figure 4. 피부분절을 이용한 의복의 절개선(김소영, 2008).

있음을 피부에 대한 3차원 스캔 자료를 분석하여 찾아내고 이를 절개선으로 채택하였다. 또한, AUTO CAD와 Morphing을 이용하여 동작 자세별로 패턴을 합성하는 방법을 고안하여 피부분절의 변화와 동작을 모두 고려한 밀착의복을 제작하였다. 이러한 밀착의복은 살부위에서의 구속감이 적고 착용 쾌적성도 좋았으나, 축소 패턴이 소프트 타입이었기 때문에 착용감과 압력 분포에 큰 차이는 없었다. 더 나아가 하드 타입에 적용하면서 생리적 기능적 평가를 수행한다면 동작에 따른 피부의 변형에 잘 대응하면서도 인체의 성능을 향상시킬 수 있는 밀착의복 제작에 유용할 것으로 기대된다.

한편, 피부면 중에서도 동작 시 변화하지 않는 점이 있다는 것은 MIT 대학교 우주 공학자 데이브 뉴먼 교수가 이끄는 연구팀의 차세대 우주복인 '바이오슈트' 연구에서도 발표되었다. 지나치게 무거워 활동에 제약이 많았던 기존의 우주복과는 달리, 새로운 '바이오슈트'는 스판덱스의 형태를 띠어 동작 기능성을 향상시키면서 우주에서 요구되는 적정압력을 유지하기 위하여 체표면에 늘어나지 않는 선을 맵핑하였다 (Figure 5).

이러한 원리는 이미 1970년대에 Iberall에 의하여 개발되었으나 실제 우주복에 적용하기까지는 많은 시간이 걸린 셈이다. 늘어나고 회전하는 체표를 측정하여 찾아낸 Lines of None-Extension(LoNE)은 적정 압력을 유지하면서도 인체를 구속하지 않아서 인체의 동작을 자유롭게 한다. Iberall(1970)은 이 라인이 전체 인체에 있다는 것을 발견하였으며, 라인을 따라



Figure 5. 피부 무변형선을 이용한 우주복, bio-suit(<http://mvl.mit.edu/EVA/biosuit>).

가늘고 늘어지지 않는 케이블로 격자(mesh)형태의 의복을 만들어 피험자에게 착용시킨 후 동작을 하였을때 케이블은 늘어나지 않으면서도 서로 축이 되어 동작을 구속하지 않았다.

이러한 피부의 무변형선을 3차원 테크놀러지를 이용하여 추출하고, 기능성 어패럴 설계의 절개선으로 활용한다면 동작기능성을 고려하면서도 완전 밀착이 되는 다른 종류의 고기능성 밀착의복의 실현도 가능할 것이다.

7.1.3. 기타 해부학적 특성과 기능성 어패럴

한편, 스포츠분야에서는 운동선수의 기능을 향상시키고 기록을 단축시키기 위한 최첨단, 미래지향적인 기능성 어패럴의 제작을 위하여 과학과 기술을 활용하고 있다. 이러한 기능성 어패럴은 인체의 해부학적인 특성을 고려하여 제작되고 있으며 운동 시 착용자의 신체 컨디션을 최상으로 만들어줌으로써 실질적인 경기력 향상에 기여할 수 있다.

아식스는 근력이나 운동 능력을 올리기 위해서 외측의 근육을 단련시키면서 올바른 자세를 만드는 '대요근'을 강화하는 기능성 어패럴인 'Be-Body'를 개발하였다(www.asics.co.jp). 테샨트의 'Power Compo' 팬츠는 무릎아래에서 허벅지에 걸쳐 나선모양의 테이프를 배치하여 적당한 텐션을 주었고 안쪽의 '내전근'을 자극하여 바깥쪽의 '대퇴사두근'과의 전체 밸런스를 조정하면서도 움직임에 활발하게 하여 운동 시의 성능을 향상시킬 수 있도록 하였다(www.descente.co.jp). 아디다스의 'Powerweb'은 압박 띠가 다리의 근육을 지지해 주고 근육의 진동과 떨림을 감소시켜 에너지의 손실과 근육의 피로를 감소시켜준다(Time, 2006.09). 'Powerweb'을 선수들에게 입히고 테스트를 해봤을 때 1.1% 스피드 향상, 5.3%, 에너지 방출량 증가, 4% 점프력상승은 물론 물속에서 2.6% 속도증가 및 3.6%의 턴 시간 감소, 1.3%의 산소 소비량 감소 등의 결과를 나타내었다. 스피도사의 'LZR RACER'는 내부의 Core Stabiliser 기능으로 물속에서 최상 인체 자세를 유지할 수 있도록 하여 속도를 향상시킨다 (Figure 6).

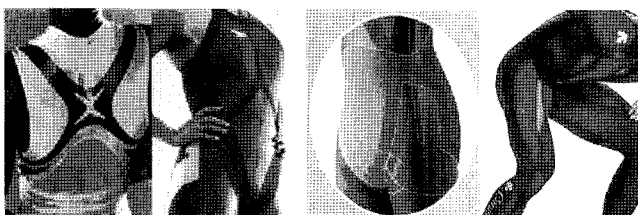


Figure 6. 인체 해부학적 특성을 고려한 기능성 어패럴(www.adidaspowerweb.com; www.speedointernational.com).

7.2. 직물과 의복의 물리적 특성과 기능성 어패럴

7.2.1. 신축성 소재와 패턴 축소

스트레치소재를 이용한 밀착의복에 대한 연구는 소재 신장률을 고려하여 축소하는 것이 일반적이지만(Armstrong, 2000; 박진아, 2003; 최미성, 2004), 3차원 인체 스캔 데이터를 2차원 패턴으로 전개한 경우에는 어느 정도의 축소율이 적당한가를 가능하기 어렵다. 정연희(2006)는 인체의 3차원 스캔데이터로부터 2C-AN을 이용하여 얻어진 밀착 바디슈트패턴의 소재 신축률을 Ziegert와 Keil(1988)의 방법을 이용하여 측정 한 후 다양한 축소패턴을 제작하고 압력을 측정하여 적정 축소율을 검토한 바 있다.

7.2.2. 의복변형과 의복압

일찍이 Kirk와 Ibrahim(1966)은 직물의 신장과 원통으로 가정한 인체의 곡률을 이용하여 간단한 의복압 예측식을 제안 하였으나 다양한 형태의 복곡면을 가지는 인체의 각 부위에서 직물의 변형과 곡률을 정확히 측정하기에는 많은 어려움이 있어 실제 의복압 측정에 많이 사용되어오지 못했다. 그러한 가운데 이에진(2005)은 3차원 테크놀러지를 이용하여 Kirk와 Ibrahim(1966)의 식에서 사용한 수직·수평방향의 응력 대신 주응력(principal stress)을 사용하고 곡률반경 역시 최대 및 최소 주방향의 곡률 반경을 사용하여 새로운 압력 예측식을 개발하였다(Figure 7). 또한, 의복압을 실측하고 3차원 측정 기법을 처음으로 적용하여 직물의 변형을 측정 한 후 간접 측정법을 통한 의복압의 예측식이 타당한지를 실측치와 비교 검증하였다. 그 결과 원형 격자의 장·단축으로 의복압을 예측한 것이 수직·수평축으로 예측한 의복압보다 실제 측정된 압력값과 더 유사한 결과를 나타내어 의복 착용 시 생기는 변화가 단순인장이 아니므로 전단응력의 영향이 고려되는 주응력 방향(장·단축)을 찾아 압력을 예측하는 것이 더

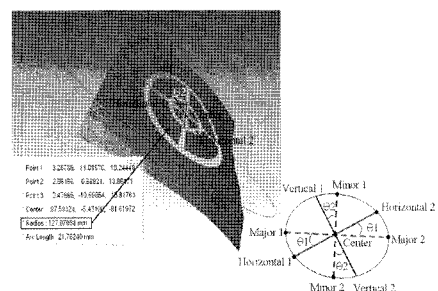


Figure 7. 3차원을 이용한 최대, 최소 방향에서의 주응력과 수직, 수평방향의 응력 측정(이에진, 2005).

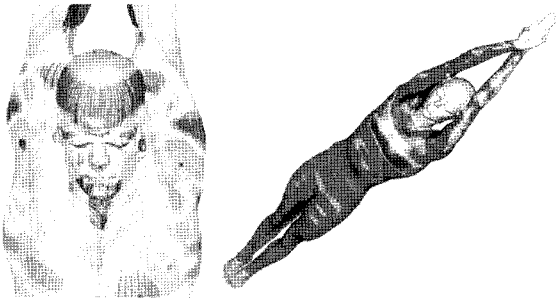


Figure 8. CFD(Computational Fluid Dynamics) simulation of dynamic pressure(Speedo International Ltd).

적합하다고 발표하였다.

7.2.3. 의복표면과 유체저항

기록향상을 위한 스포츠경기에서는 유체의 흐름과 작용을 측정하고 분석하여 선수들의 경기력을 향상시키는데 주력하고 있다. 이러한 유체 저항 분석에서도 3차원 테크놀러지는 유용하다. 움직이는 3차원 인체의 모델과 주변 환경에서의 유체조건에 따라 기능성 어패럴의 표면과 유체와의 경계면에서의 어떠한 저항 분포가 나타나는가를 분석할 수 있다(Figure 8).

실제로 나이키는 골프공의 원리를 이용한 스피드 스케이터용 전신수트인 에어로다이내믹(aerodynamic) 등을 개발하였다. 윈드터널 테스트를 통해 선수의 다양한 자세에서의 공기의 흐름의 패턴을 결정하고 소재에서의 이상적인 흐름과 매치를 시킨다. 경기 시 앞팔과 정강이 부분에서 받는 공기 저항을 감소시키기 위하여 골프공의 표면과 같은 요철을 소재에 형성하여 속도를 증진시켰다(Newswweek, 2007.10). 나이키의 스위트 수트(swift suit)는 트랙종목에서의 드래그 문제에 대한 공기 역학을 분석하여 제작되었다. 신체 각 부위의 사이즈와 속력에 근거하여 공기의 흐름을 측정하고 각 부위마다 적절한 소재를 채택하였다. 솔기는 뒷부분으로 보내어 공기의 저항을 최소화하고, 앞부분의 솔기는 공기의 흐르는 방향에 위치하도록 하였고 모든 솔기는 최대속도를 낼 때 납작하게 되도록 재단되었다. 스피도의 패스트스킨(Fastskin) 바디수트는 상어의 스킨에서의 역학을 근거로 제작되었으며 LZR RACER의 panel들은 저항을 최대한으로 감소시키는 기능을 한다.

7.3. 인체와 의복의 상호작용: 착용시의 의복압 분포와 기능성 어패럴

기능성 어패럴은 현재까지 compression garment의 형태가 많기 때문에 착용 시의 의복압이 중요한 평가요소가 된다. 이제까지의 의복압에 대한 연구는 의복압의 허용 한계치 설정(Shimizu

et al., 1993; Tomoko et al., 2001 ; Fan et al., 2005)이나, 혈류량, 내분비계 등의 생리적 현상(Lee et al., 2001)과 관련하여 수행되었으며, 백윤정(2003)은 부위별 허용 압력치를 인체의 광범위한 부분에 걸쳐 다각도로 제시하였는데 대상은 여성의 화운데이션이었다. 그러나 의복압의 측정은 점탄성적이며 복곡면 형태의 인체상에서 작은 압력을 측정하여야 하기 때문에 약한 압력에서도 정밀도가 높은 센서가 필요하다는 점에서 어려운 점이 많은 실정이다. 다음에는 의복압과 관련된 기능성 어패럴 분야의 연구와 실례를 소개하고자 한다.

7.3.1. 의복압 예측 시뮬레이터

Seo et al.(2007)은 이에진(2005)의 연구를 바탕으로 의복 시뮬레이터를 개발하여 의복압을 예측한 논문을 발표하였다. Figure 9는 3차원 그래픽스를 기반으로 한 인간-의복 시뮬레이터 통합 개발과 이를 활용한 압력분포 예측의 예이다. 3차원 그래픽스를 기반으로 한 인간-의복 시뮬레이터와 인체 해석 모델의 통합적 구동을 개발하고, 인체-의복 시뮬레이션에 의해 다양한 자세에서 의복압을 계산하였다. 의복압의 계산은 피부나 옷감 표면에 걸리는 압력을 계산하는 방법과 (Figure 9 좌) 밀착의 표면에 찍힌 원형패턴의 변형을 관찰하는 방법(Figure 9 우)의 두 가지가 가능하며 이러한 두 가지 방법으로 수치 계산된 결과와 다양한 실험기법으로 관찰된 결과를 비교 분석하였다.

인체에 대한 물리 기반 시뮬레이터에 대한 연구는 의공학 분야를 중심으로 많이 수행된 바 있다. 또한, CAD/CAM 분야에서는 인체와 외부 환경 특히, 인간과의 인터랙션이 많은

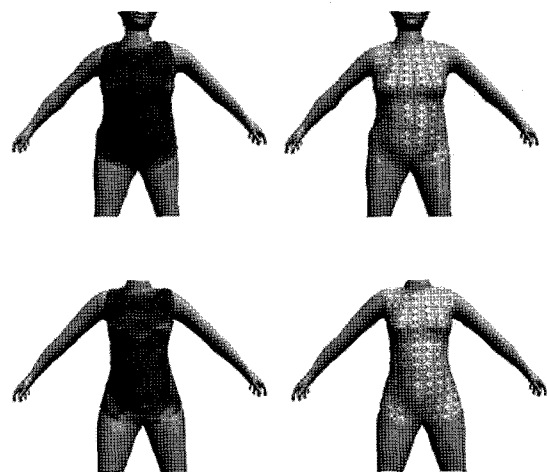


Figure 9. 서로 다른 두 인체에 대한 밀착 의복압 계산(옷감 표면에 걸리는 압력을 계산하는 방법(좌)과 의복 표면에 찍힌 원형패턴의 변형을 관찰하는 방법(우)에 의한 예상 이미지).

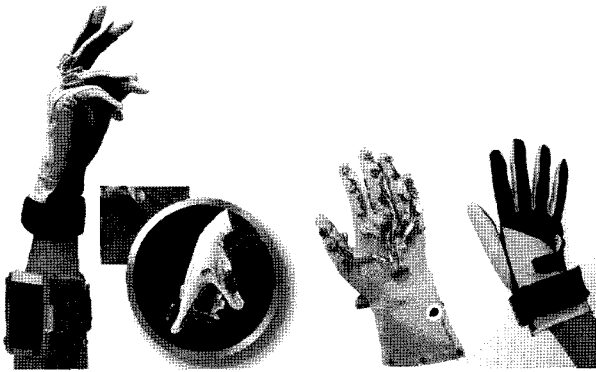


Figure 10. 장갑형 햅틱 사례(좌 : <http://www.immersion.com>, 우 : 충남대학교 의복인간공학실 & 광주과학기술원).

제품들을 설계함에 있어 편의성과 효율성을 극대화하기 위해 시뮬레이션 환경에서 사용 가능한 인체 모델을 개발한 바 있다. 그러나 의복과 연계하여 이루어진 인체 시뮬레이션 연구는 매우 드문 편으로 의복 시뮬레이터가 주가 되어 간단한 기하/물리 모델로 피부에 걸리는 압력을 예측한 결과(Volino & Thalmann, 2005; Seo et al., 2007)가 나와 있는 정도이다.

7.3.2. 햅틱

최근 국내의 첨단기술과 의류산업을 융합시킨 착용형 컴퓨터 개발이 활발하게 이루어져 상용화가 시도되고 있다. 착용형 컴퓨터에 적용되고 있는 가상촉각 햅틱(haptic)기술은 2006년 포브스(Forbes)지에서 “인류의 미래의 삶을 바꿀 10가지”에 선정되어 주목받고 있다. 착용자의 피부를 통해 정보를 인지하고 표현하는 햅틱은 주로 장갑형태를 띠고 있으며 진동자가 손등과 바닥에 붙어 있는 형태를 취하고 있다(Figure 10). 햅틱 장비를 제작하기 위해서는 진동자를 부착시킬 속장갑과 이를 감싸는 겹장갑이 필요하며 이러한 장갑은 모두 손가락에서의 진동을 최대한 잘 감지하기 위해 피트성이 중요시 된다.

장갑형 햅틱에는 밀착성이 가상감각의 전달에 영향을 미쳐 햅틱의 성능 자체를 좌우하며, 장시간의 착용을 위해 자연스럽게 손가락이 약간 구부러진 형태의 입체패턴이 더욱 바람직하다. 김소영 외(2008)는 2C-AN 프로그램을 이용하여 손을 편 자세와 구부러진 자세에서의 3차원 데이터를 전개하여 장갑형 햅틱의 기본이 되는 tight-fit 패턴을 개발하였다(Figure 11). 이렇게 제작된 장갑은 두 자세 모두에서 피트성과 외관이 우수하였으며 객관적인 평가를 위하여 압력을 측정하였다. 구부러진 동적자세를 취한 형상을 전개하여 획득한 패턴으로 제작된 장갑은 햅틱에서와 같이 피트성이 중요시 되는 분야에서의 속장갑 및 겹장갑의 제작에 유용할 것으로 사료된다.

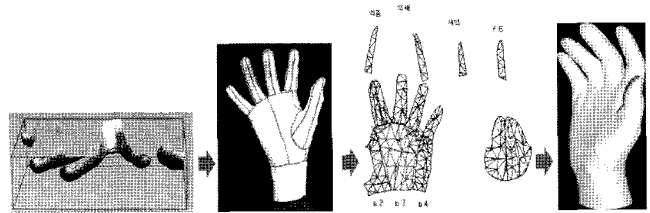


Figure 11. 손의 3차원 스캔데이터를 이용한 장갑형 햅틱.

이 밖에도 셔츠 등의 다양한 형태의 햅틱 장비에서는 진동을 피부에 전달하기 위해서 밀착성의 중요함이 지적되고 있는데(Lindeman, et al., 2004) 신축성 소재를 사용하면 밀착이 용이할 수도 있으나, 압력을 과학적으로 배분시켜야 하는 경우나 특수 장비 및 소재를 사용해야 할 경우에는 앞서 소개한 2C-AN 프로그램을 이용하면 밀착이 가능하다.

7.3.3. 가슴모델러

여성의 유방은 형태가 매우 다양하고 관찰이 용이하지 않은 부분인데 반하여 의복설계가 가장 과학적으로 이루어져야 하는 부분이기 때문에 가슴을 정확하게 표현 할 수 있는 인체 모델러를 개발하면 매우 유용하다. Seo et al(2007)은 이현영(2002)의 실험에서 획득한 30여 명의 중년 여성들의 상체를 3차원 스캔한 데이터와 3ds Max 플러그인을 이용하여 중년 여성의 가슴모델러를 개발하였다(Figure 12). 사용자가 특별한 사전 지식 없이도 용이하게 사용할 수 있는 모델러를 개발하기 위해서 제어에 사용되는 매개 변수들을 단순화·단계화하였으며 대상 인체 레플리카의 1차원 치수 값을 매개 변수화하여 사용자에게 3차원 인체 모델에 대한 제어를 제공하도록 하였다. 또한, 사용자가 최소한의 매개 변수 입력만으로 실제 인체 형상에 가까운 CAD 모델을 얻을 수 있게 하기 위하여, 스캐너로부터 측정한 3차원 형상 데이터베이스에 대한 통계적 분석을 수행하였다. 이렇게 구현된 모델러는 유방의 부피를 일정하게 고정된 상태에서 아름다운 가슴에 대

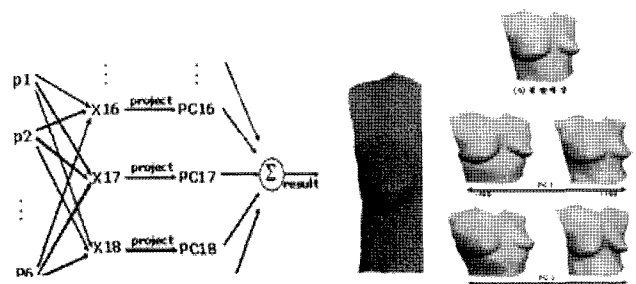


Figure 12. 중년여성의 3차원 모델러를 이용한 브래지어 날개 패턴 개발.

한 형태를 자유로이 조절할 수도 있고 이를 2C-AN과 연계하여 레플리카를 제작할 수도 있기 때문에 소비자의 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 제품 설계과정에도 유용하다.

8. 맺음말

위와 같이 인체의 골격, 근육, 피부의 신비로운 기능과 동적 변화를 3차원 테크놀러지를 이용하여 정량적으로 분석하고 이를 다양한 밀착형 고기능성 어패럴에 접목하는 학제적 연구를 계속하면 박태환의 수영복과 같은 첨단 기능성 어패럴도 그 제작 원리를 체계화 할 수 있을 것이다. 기능성 어패럴의 제작 원리를 완성하기 위해서는 기능성 어패럴이 인체와 상호작용하여 어떠한 효과가 발생하는지에 관하여 인체의 운동기능성, 의복압 및 인체의 생리적인 측면에서 객관적 평가 프로세스도 정립되고 이 결과가 설계과정에 피드백 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김숙진, 가상의상 모델링 및 착장 소프트웨어를 위한 가이드 라인, 대한가정학회지, 44(2), pp.127-135, (2006).
2. 김소영, 이예진, 박혜준, 3차원 데이터를 활용한 장갑형 햅틱용 기본 패턴 개발, 한국의류학회지, 32(8), pp.1226-1232, (2008).
3. 김지연, 3D 디지털 기술을 활용한 패션 디자인 개발에 관한 연구, 복식, 57(2), pp.45-58, (2007).
4. 박혜준, 홍경희, 인체모델과 3차원 일러스트레이션을 이용한 의복패턴개발, 한국의류학회지, 32(2), pp.340-347, (2008).
5. 박혜준, 손부현, 신승철, 홍경희, 3D 패턴을 이용한 노인용 u-헬스케어 의복의 센싱효율 개선, 2007년도 한국의류산업학회 추계학술대회 논문집, pp.312-315, (2007).
6. 백운정, 신체부위별 의복압 허용 한계에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, (2003).
7. 서동애, 삼차원 인체 레이저 스캔 데이터를 이용한 남성 재킷 원형 설계 방법에 관한 연구, 연세대학교 대학원 박사학위논문, (2001).
8. 서추연, 박순지, 한국의류학회지, 32(5), pp.846-856, (2008).
9. 오영근, 홍경희, 3D 체표의 부위별 입체 확대를 활용한 정장 바지 패턴 설계, 한국의류학회 추계학술대회초록집, p.180, (2008).
10. 윤미경, 남윤자, 최경미, 한국의류학회지, 31(5), pp.692-704, (2007).
11. 이지영, 홍경희, 드레스의 3D 모델링과 패턴 추출의 연동 프로세스 연구, 한국의류학회 추계학술대회초록집, p.191, (2008).
12. 이윤경, 김민자, 디지털 매체를 활용한 한국적 이미지 패션 디자인 개발-마야 퀴로스 프로그램을 활용한 3차원 모델링-, 복식, 58(6), pp.42-53, (2008).
13. 이현영, 홍경희, 중년 여성의 3차원 유방 형상 분석을 위한 방법론, 한국의류학회지, 26(5), pp.703-714, (2002).
14. 이현영, 3차원 계측에 의한 중년 여성용 브래지어의 설계요소 분석, 충남대학교 박사학위논문, (2002).
15. 정연희, 인체의 3차원 곡률분포와 동작을 고려한 사이클복 하의 패턴 개발, 충남대학교 박사학위논문, (2006).
16. 정연희, 인체의 3차원 스캔 데이터를 이용한 밀착 바디 슈트 개발, 한국생활과학회지(충북가정학회지), 15(3), pp.481-490, (2006).
17. 정연희, 홍경희, 3D 스캔 데이터를 활용한 밀착 패턴 원형 개발, 한국의류학회지, 30(1), pp.157-166, (2006).
18. 정연희, 홍경희, 김시조, Triangle Simplification에 의한 3D 인체형상분할과 삼각조합방법에 의한 2D 패턴구성, 한국의류학회지, 29(9/10), pp.1359-1368, (2005).
19. 최명혜, 최영림, 남윤자, 최경미, 20대 성인 남성 상반신앞관형상의 평면전개를 위한 표준화 연구, 한국의류산업학회지, 9(4), pp.418-424, (2007).
20. 최미성, 사이클 선수들을 위한 투피스형 사이클복의 패턴개발에 관한 연구, 한국의류학회지, 28(5), pp.637-647, (2004).
21. 최영림, 남윤자, 최경미, Gird method에 의한 3차원 형상의 평면전개를 위한 optimal matrix 표준화 연구, 한국의류학회지, 30(8), pp.1242-1252, (2006).
22. 朴惠俊, 高寺政行, 細谷總, 上條正義, 清水義雄, 3次元着衣形状の用いるパンツの型紙複製, 感性工學研究論文集, 4(2), pp.95-100, (2004).
23. Armstrong, H. J. Pattern marking for fashion design (3rd ed.). Prentice hall, (2000).
24. Ashdown, S. P. and Petrova, A., Three-Dimension Body Scan Data Analysis-Body and Shape Dependence of Ease Values for Pants' Fit. Clothing & Textile Research Journal, 26(3), pp.227-252, (2008).
25. Cho, Y., Komatsu, T., Inui, S., Takatera, M., Shimizu, Y. and Park, H., Individual Pattern Making Using Computerized Draping Method for Clothing, Textile Research Journal, 76(8), pp.646-654, (2007).
26. Daanen, H. and Hong, S. A., Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans. International Journal of Clothing Science and Technology, 20(1), pp.15-25, (2008).
27. Fan, J., Chan, A. P., Prediction of girdle's pressure on human body from the pressure measurement on a dummy, International Journal of Clothing Science and Technology, 17(1), pp.6-12, (2005).
28. Jeong, Y. H., Hong, K. H. and Kim S. J., 3D Pattern Construction and Its Application to Tight-fitting Garments for Comfortable Pressure Sensation. Fibers and Polymers, 7(2), pp.195-202, (2006).
29. Kim, S. and Park, H. K., Basic garment pattern generation using geometric modeling method, International Journal of Clothing Science and Technology, 19(01), pp.7-17, (2007).
30. Kirk, W., Ibrahim, S. M., Fundamental relationship of fabric extensibility to anthropometric requirements and garment performance, Textile Research Journal, 36, pp.37-47, (1966).
31. Lindeman, R.W., Page, R., Yanagida, Y., Sibert, J. L., Towards Full-Body Haptic Feedback: The Design and Deployment of a Spatialized Vibrotactile Feedback System, Proc. of ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST) 2004, Nov. 10-12, 2004, Hong Kong, China, pp.146-149, (2004).
32. McCartney, J., Hinds, B. K. and Chong, K. W., Pattern flattening for orthotropic materials, Computer-Aided Design, (37), pp.631-644, (2005).
33. Seo, H., Cordier, F., Hong, K., A Breast Modeler Based on Analysis of Breast Scans, Computer animation and virtual worlds, Wiley, 18(2), pp.141-151, (2007).

34. Seo, H., Cordier, F., Kim., S., Hong, K., 3D Virtual Mannequinand Cloth Simulation for Measuring Tight-fit Cloth Pressure, Proceedings of the 2007 ACM symposium on Solid and physical modeling, Beijing, pp.431-437, (2007).
 35. Iberall, A. S., The Experimental Design of a Mobile Pressure Suit, Journal of Basic Engineering, pp.251-264, (1970).
 36. Shimizu, Y., Sasaki, K., Watanabe, K., Konda, A., Kato, Y. and H. Shimizu, Dynamic Measurement of Clothing Pressure on the Body in a Brassiere, SEN-I GAKKAISHI, 49(1), pp.52-58, (1993).
 37. Sul, I. H. and Kang, T. J., Interactive garment pattern design using virtual scissoring method, International Journal of Clothing Science and Technology, 18(1), pp.31-42, (2006).
 38. Tomoko, Y., Yuriko, T., Noriko, I., Factors of Affecting Comfort and Comfortable Clothing Pressure of Tights, Journal of Home Economics of Japan, 52(9), pp.855-863, (2001).
 39. Volino, P., Thalmann, N., M. Virtual Clothing, Springer-Verlag, (1998).
 40. Ziegert, B., Keil, G. Stretch fabric interaction with action wearables: Defining a body contouring pattern system, Clothing and Textiles Research Journal, 6, pp.54-64, (1988).
 41. Maya, www.autodesk.com
 42. 3dsMax, www.autodesk.com
 43. OptiTex, www.optitex.com
 44. TukaTech, www.tukatech.com
 45. Lectra, www.lectra.com
 46. Gerber Technology, www.gerbertechnology.com
 47. Pad System, www.padsystem.com
 48. Qualoth, www.qualoth.com
 49. Digital fashion ltd, www.dressingsim.com
 50. Newsweek, Science of Speed, 2007.10.29.
 51. Time, The Best Innovations of The Year : Spandex Space Suit, 2008.05.14.
 52. Time, Motion Commotion by Alice Park, 2006.09.11.
 53. Asics, www.asics.co.jp
 54. Descent, www.descente.co.jp/news/test/upload/1072247127_9197.pdf
 55. Speedo, www.speedointernational.com
 56. Adidas, www.adidaspowerweb.com
- **홍경희** -----
1979. 서울대학교 의류학과 졸업
 1985. 미국 Univ. of Maryland(박사)
 1986. 충남대학교 의류학과 조교수
 현재. 충남대학교 의류학과 교수, 생활과학대학 학장
 전화 : 042-821-6828
 e-mail : khhong@cnu.ac.kr
- **박해준** -----
1992. 창원대학교 의류학과 졸업
 1997. 동아대학교 의류학과(석사)
 2003. 일본 신슈(信州)대학교 감성공학과(박사)
 2003-2005. 한국표준과학연구원(Post-Doc.)
 2007-현재. 충남대학교 생활과학연구소 연구교수
- **김소영** -----
- 1991-1995. 숙명여자대학교 의류학과 졸업
 1995-1997. (주)에스콰이아 의류사업부 소재기획실 근무
 2004-2008. 충남대학교 의류학과(박사)