3차원 인체 형상의 공극거리 측정 방법 효율성 향상을 위한 연구

김민경¹⁾ · 남윤자²⁾ · 한현숙¹⁾ · 최영림³⁾

¹⁾서울대학교 의류학과

²⁾서울대학교 의류학과/서울대학교 생활과학연구소

³⁾서울대학교 생활과학연구소

Improvement of Cross Sectional Distance Measurement Method of 3D Human Body

Min Kyoung Kim¹⁾, Yun Ja Nam²⁾, Hyun Sook Han¹⁾ and Young Lim Choi³⁾

¹⁾Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University, Seoul, Seoul National University; Seoul, Korea

²⁾Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University, Seoul, Korea/Research Institute of Human Ecology, Seoul National University; Seoul, Korea

³⁾Research Institute of Human Ecology, Seoul National University; Seoul, Korea

Abstract : This study is designed to develop programs that analyze the distance of clothes from human skin and cross-sectional body figures based on 3D human body scan data, and to verify accuracy and efficiency of the program so that it can be used for clothing fit evaluation and 3D human body research. The auto cross-sectional imaging program was developed by using Visual C++ and OpenGL, and the 3D human body scan data were adopted to measure the space between skin and clothing. The space measurements were obtained by two widely used programs, RapidForm and AutoCAD, and a program devised by the researchers of this study. Measuring time and space measurements from different programs were compared in order to verify accuracy and efficiency of the newly-devised program. As a result, no significant difference was found in the measurements. However, the required time to measure one cross section was different within the significance level of 0.05, and the differences become more remarkable as the number of measuring and the angle of space between skin and clothing increase. Therefore, the program developed by this study is expected to be useful for research on body shapes and fit evaluation based on 3D human body scan data in the fashion field.

Key words: space between skin and clothing, 3D Scan data, fit evaluation, body analysis

1. 서 론

최근 컴퓨터 기술의 발달과 함께 비접촉 3차원 계측법인 레이저광 주사법에 의한 3차원 인체 계측기의 활용이 증가하고 있다. 3차원 인체스캔은 측정시간이 짧아 측정오차가 거의 없다는 장점을 가지고 있으며, 인체 단면도, 착의상태 단면도, 인체 동작에 따른 체표길이의 변화 등과 같은 데이터를 제공해줘 체형분석 및 맞춤새 평가 등의 활용에 많은 관심이 집중되고 있다.

3차원 형상을 이용한 단면 형태 및 각도 측정 방법(박선미, 2009; 신주영, 2009; 김경선, 2010)들은 인체의 체형을 분석하는 연구에 많이 이용되며, 각 부위별 단면의 공극 거리 변화에 따른 체형별 차이점들을 분석하기 위하여 단면분석법을 이용하는 경우가 많다. 또한 의복의 맞춤새 평가를 정량적·객관적인

측면에서 연구하기 위한 방법 중 하나로 3차원 스캔 형상을 이용한 인체와 착의 인체의 공극 거리를 분석하는 연구들에 이용되고 있다(김혜경 외, 2000; 서추연, 2002; 이명희, 2004; 최영림, 2004; 서추연, 박순지, 2008; 조신현, 김미숙, 2008; 김선영, 2009). 현재 단면 분석과 공극 거리 측정 방법으로 주로 RapidForm2006(INUS Technology, Inc.)과 AutoCAD2005(Autodesk, Inc.) 프로그램을 활용하여 측정하는 경우가 많다. 일반적인 의복 공극량 분석 방법으로는 연구 목적에 따라 단면 중합도의 공극량 계측 부위를 설정하여 결정되며, Fig. 1과 같이 연구에 따라서 측정 부위와 측정 기준을 설정한다. 이 방법은 3차원 스캔 데이터를 이용한 단면분석의 용이함과 정확한 공극거리 측정이 가능하다는 장점이 있지만, 측정 시간이 길어 많은 피험자를 대상으로 하는 연구에는 시간적 제약이 크다는 문제점이 있다.

따라서 의복의 맞춤새 개선 등을 위한 연구에 활용되는 3차원 형상의 정확하고 효율적인 분석을 위해 3차원 인체 형상 데이터를 활용한 공극량 분석 및 단면추출자동 단면분석 프로그램의 개발이 필요하다. 또한 자동 단면분석 프로그램의 정확성

Corresponding author; Yun Ja Nam
Tel. +82-2-880-6844, Fax. +82-2-875-8359
E-mail: yunja@snu.ac.kr

Fig. 1. 공극거리 측정 방법(최영림, 2004)

과 효율성에 대한 검증을 통해 단면의 공극 거리 측정법에 대한 표준화 연구가 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 의류학에서 맞춤새 평가 및 체형 분석을 위해 많이 사용되는 3차원 스캔 데이터 분석 방법의 효율성 향상을 위해서 인체와 의복 사이의 공극량 분석을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 자동 단면분석 프로그램(SNU AutoSlice2009)을 개발하고, 또한 이 프로그램의 정확성과 효율성을 평가하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 단면 분석 프로그램 개발

자동단면 분석 프로그램은 3차원 스캔데이터를 이용한 착의 인체와 의복 사이의 공극거리 분석을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 개발하고자 하였으며, 본 프로그램은 Visual C++과 OpenGL을 이용하여 개발하였다.

2.2. 단면 생성 알고리즘

평면과 인체가 교차하는 단면점들을 얻는 방법은 다음과 같

은 순서로 진행된다(Fig. 2).

① : 인체 형상을 이루고 있는 모든 면(face)들에 대해서 각 면인 평면과 교차하는지를 판단하여서 교차하지 않는 것으로 판단되면 다음 면으로 넘어간다.

면이 평면과 교차하는지를 판단하는 방법은 면을 이루고 있는 세 점(v_0 , v_1 , v_2)이 모두 기준 평면 아래나, 평면 위에 있으면 이 면은 평면과 교차하지 않는 것이다.

② : ①에서 교차하는 것으로 판단된 면에 대해서 각 변(edge)이 기준평면과 교차하는지를 검사하여서 교차하면 교차점을 얻는다.

변이 평면과 교차하는지를 판단하는 방법은 변을 이루는 두 점과 평면과의 이루는 부호있는 거리를 각각 구하여서 두 거리의 부호가 반대이면 교차하는 것으로 판단한다.

③ : ②에서 얻어진 교차점들을 각도순서로 정렬한다.

2.3. 단면 공극거리 측정 알고리즘

각 단면의 공극거리를 측정하는 알고리즘을 순차적으로 정리하면 다음과 같다.

Fig. 2. 평면과 인체가 교차하는 단면점들을 얻는 방법

Fig. 3. 단면점들의 각도별 정렬

Fig. 4. 각도 간격별 단면거리 계산

- ① 단면의 점들을 각도 순으로 정렬하고 이 점들을 순차적으로 두 점씩 직선으로 연결하여 단면곡선을 이룬다(Fig. 3).
- ② 분석하고자 하는 단면각도거리의 각도간격이 StepAngle 이라고 할 때, 중심점 C를 시작점으로 하고 StepAngle $\times$ i 인 N개의 선분 li ($0 < i \leq N$, StepAngle $\times$ i < 360) 를 만든다.
- ③ 각 선분 li와 교차하는 점이 있는 단면곡선을 이루는 선분을 찾고, 이때의 교차점(crossPi)을 교차점을 구한다(Fig. 4).
- ④ 중심점과 각 crossPi와의 거리 di를 구하면, 이것이 각도별 단면 거리가 된다.

2.4. SNU Autoslice09 프로그램 평가

2.4.1. 연구 대상

20대 초반의 여성을 대상으로 상반신 체형 유형(바른체형, 꺾힌체형, 숙인체형, 흰체형)에 따른 피험자 8명을 선출하여 각 체형별 3차원 스캔을 실시하였다. 자세에 의한 오차를 최소화하기 위해 스티로폼 바디를 제작하여 누드상태와 의복 착용상태를 스캔 하였으며, 분석은 단면분석 프로그램에 능숙한 의류학 전문가 7명을 대상으로 하여 인체 형상 단면분석을 비교 실험하였다.

2.4.2. 스캔 데이터의 전처리 과정

3차원 스캔 형상 데이터는 스캔 과정에서 노이즈가 포함되어 자동 측정 프로그램에서 오차를 발생하는 요인이 된다. 따라서 3차원 형상 데이터를 Rapidform 2006 프로그램을 이용하여 노이즈 삭제, 형상 정면 축 변경, 3차원 형상 파일 형식 변경(*ply) 등의 전처리 과정을 수행하였다.

2.4.3. 3차원 형상의 단면 추출 및 공극 거리 분석

기존의 단면 측정 방법으로는 Rapidform2006을 이용하여 단면을 생성한 후, 각 단면은 DXF 파일로 Export하여 AutoCAD2005에서 각도별 거리를 측정하여 각도별 중심과의

거리를 엑셀에 입력하였다.

SNU Autoslice09는 3차원 인체 형상의 단면을 추출하도록 개발된 3차원 인체 자동 단면 추출 소프트웨어로 현재까지 지속적으로 성능을 개선하고 있다. SNU Autoslice09는 자유롭게 중심축을 설정할 수 있도록 프로그래밍 되어 있으며, 이 축을 기준으로 인체 단면의 공극거리를 측정한다. 또한 단면의 공극거리 측정을 위한 각도 설정이 자유롭게 가능하며 단면은 DXF 파일로, 공극거리는 Excel 파일로 Export 되도록 구성되어 있다.

2.4.4. 데이터 분석

3차원 스캔데이터를 이용한 착의인체와 의복 사이의 공극거리 분석을 보다 효과적으로 수행하기 위해 개발된 자동단면 분석 프로그램의 정확성과 효율성을 분석하기 위해 SPSS 12.0으로 Rapidform2006 & AutoCAD2005와 SNU Autoslice09 프로그램에 의한 측정치수 및 측정시간에 대한 기술통계, t-test 등을 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1. SNU Autoslice09 프로그램의 주요 기능

본 연구를 통해 제안된 자동단면 분석 프로그램은 3차원 스캔데이터를 이용한 착의인체와 의복 사이의 공극거리 분석을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 개발되었으며, 본 프로그램은 Visual C++과 OpenGL을 이용하여 개발되었다.

이 프로그램은 3차원 인체 스캔데이터를 불러들여서 원하는 범위의 횡단면을 일정 간격으로 생성할 수 있으며, 각 단면의 중심을 정해서 그 중심으로부터 단면까지의 거리를 일정 각도 간격으로 계산한다. 또한 인체 데이터 위에 측정점을 찍을 수 있으며 이 측정점들의 좌표값을 이용하여 각종 값을 설정할 수 있다.

단면 분석 설정 다이얼로그 Fig. 5에서의 각 입력창과 버튼들의 기능은 다음과 같다.

- Range → Min, Max : 단면생성 범위설정
- Slice Interval : 단면생성 간격설정

Fig. 5. SNU Autoslice09 인체 단면 공극거리 측정 및 단면 분석 설정 다이얼로그

- Center of slice : 단면분석 중심축 설정
- Vertical axis : 수직축
- Body axis : 인체 기울기에 맞춘 비스듬한 축-정면축과 측면축을 조합하여 설정
- Create Slices 버튼 : 단면 범위, 단면간격, 중심 축 설정 정보에 맞게 단면을 생성
- Export Slices 버튼 : 생성된 단면을 dxf 포맷으로 저장
- Angle Interval : 단면분석 각도간격 설정
- Analysis Slices 버튼 : 중심 축 정보를 이용하여 각 단면의 중심을 정하고 단면분석 각도대로 각 각도에서의 중심과 단면과의 거리 정보를 계산
- Export analysis results 버튼 : 계산된 단면분석 거리정보를 엑셀파일 포맷으로 저장
- Pick Mark 버튼 : 단면 생성 범위의 최하, 최고값, 또는 축의 좌표값을 설정할 때 인체에 찍힌 특정 랜드마크의 좌표값을 자동 입력

3.2. SNUAutoSlice 09 프로그램 사용 순서

3.2.1. 단면추출할 범위 설정

단면 추출할 범위 설정을 위해 원하는 범위의 최소높이와 최고높이를 입력한다. 또는 인체에 랜드마크가 찍혀있을 경우 최소높이, 최고높이의 위치에 있는 랜드마크를 선택한 후 Pick Mark 버튼을 클릭하면 그 랜드마크의 높이가 자동으로 입력된

다. Fig. 5의 Range 그룹에서 이 기능을 수행한다.

3.2.2. 단면의 중심 설정

단면 분석을 위해서는 단면의 중심 설정이 필요하며, 이를 위해서는 인체의 중심축 설정이 필요하다. 중심축은 두 가지로 나누어지는데, 하나는 바닥과 수직을 이루는 수직축, Vertical Axis이며, 다른 하나는 인체의 기울기를 반영할 수 있는 인체축, Body Axis이다. 수직축은 x, y 좌표만 설정하면 되며, 인체축은 옆에서 보았을때의 축, 앞에서 보았을 때의 축 두 가지를 설정해주어야 한다. 이 축을 위한 좌표값도 역시 Pick Mark 버튼을 이용하여 원하는 측정점의 좌표를 자동으로 입력할 수 있다. Fig. 5의 Center of Slice 그룹에서 이 기능을 수행한다.

3.2.3. 단면간의 간격 및 한 단면 내에서의 분석 각도 간격 설정

분석할 단면을 얼마의 간격으로 추출할지 설정한다(Fig. 5의 Slice Interval).

분석하고자 하는 단면 각도를 설정하는 것으로 1° ~ 360° 까지 자유롭게 설정가능하다(Fig. 2에서 Angle Interval).

3.2.4. 단면 생성 및 분석 실행

위 과정에서 설정한 값을 기준으로 단면이 생성된다(Fig. 5

Range=젓꼭지점, 허리옆점 높이
 Slice Interval=10mm,
 Angle Interval= 30°

Fig. 6. 단면분석 결과 화면

(a) : Center of Slice=Vertical axis

(b) : Center of Slice =Body axis

(c) : 비스듬한 측면에서 본 모습

Fig. 7. 기준 축에 따른 단면분석 결과

의 Create Slices 버튼). 설정한 단면분석각도 기준에 따라 공극거리를 측정한다(Fig. 5의 Analysis Slices 버튼).

3.2.5. 단면생성 결과 및 분석결과 저장

생성된 단면을 DXF 파일로 export 한다(Fig. 5의 Export Slices 버튼). 단면분석각도별 측정 공극거리를 Excel 파일로 저장한다(Fig. 5의 Export Analysis results 버튼). 측정치는 각각의 단면별로 분석각도가 저장되어 여러 개의 Excel 파일로 저장된다.

SNUAutoSlice09에서 위의 순서로 단면을 분석했을 때의 결과로 나타나는 화면을 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 7 (a)는 중심축을 Vertical axis로 했을 때, Fig. 7 (b)는 중심축을 Body axis로 했을 때의 단면 생성결과를 각각 위에서 본 모습이다. Vertical axis인 Fig. 7 (a)에서는 단면의 중심이 높이가 변화해도 일정한 반면, Body axis인 Fig. 7 (b)에서는 단면의 중심이 높이가 높아질수록 뒤로 이동하는 것을 관찰할 수 있다.

3.3. 기존 공극거리 측정 프로그램과의 비교를 통한 개발 프로그램의 검증

3.2.1 SNU Autoslice09 프로그램에 의한 치수 정확성

SNU Autoslice09에서 측정된 공극거리의 정확성을 검토하기 위하여 SNU Autoslice09에서 생성한 단면의 공극거리 치수를 AutoCAD2005에서 다시 측정하여 공극거리 치수를 비교 분석한 결과, SNU Autoslice09에서 자동으로 측정된 치수와 AutoCAD2005에서 직접 측정한 측정치 간의 대응표본 상관 계수는 0.996이상으로 0.001 유의수준에서 상관관계가 있었다. 또한 단면 측정 프로그램에 따른 측정 치수의 차이는 없는 것으로 나타나 SNU Autoslice09프로그램의 치수 정확성이 확인되었다(Table 1).

3.2.2. SNU Autoslice09 프로그램의 시간적 효율성

SNU Autoslice09 프로그램의 시간적 효율성을 검토하기 위해 3차원 인체형상에서 단면을 추출하여 30°간격으로 공극 거리를 측정할 때 소요되는 시간을 Rapidform 2006 & AutoCAD2005에서의 소요시간과 비교분석하였다.

Table 1. 단면측정 프로그램의 측정치 정확성 분석(단위:mm)

	SNU Autoslice 09	기존 측정방법	t
바른체형	123.758	123.757	0.005
젓힌체형	123.006	123.040	-0.194
숙인체형	118.914	118.887	0.169
흰체형	122.781	122.862	-0.608

기준에 주로 이용되었던 단면 추출 방법으로 1개의 단면에서 30° 간격의 공극거리를 측정하는데 소요되는 시간은 평균 741.2초였으며, SNU Autoslice09 프로그램에 의해 측정되는 시간은 136.7초였다. 30° 간격으로 1개의 단면을 측정하는데 기존의 방법보다 약 5배 이상 빠르게 단면의 공극거리를 측정할 수 있는 결과를 보였다. 특히 여러 개의 단면에 대한 공극거리 측정 시 두 프로그램에 따른 측정시간의 차이가 크게 나타났는데, 인체 형상 데이터 1개당 3개의 단면적을 추출할 때 소요되는 시간은 더욱 큰 차이를 보였다(Table 2). SNU Autoslice09 프로그램에 의해 측정되는 시간은 평균 136.7초 정도였지만, Rapidform 2006 & AutoCAD2005에서의 단면추출 평균 소요 시간은 1653.0737초 정도로 측정방법과 측정단면수에 따라 기존의 방법은 약 12배 이상의 시간이 소요되었으며, SNU Autoslice09는 측정 단면의 수 증가에 따른 측정 시간 변화가 거의 나타나지 않았다. 따라서 단면을 측정할 때, 단면의 수와 측정 각도 수가 증가할수록 SNU Autoslice09 프로그램의 시간적 효율성이 기존의 공극거리 측정방법 보다 효율적이라는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 3차원 인체 형상의 단면을 추출하도록 개발한 SNU Autoslice09 3차원 인체 자동 단면 추출 소프트웨어를 이용하여, 자동 단면 추출 과정을 통해 공극거리를 산출하였으며, 개발된 프로그램의 정확성과 효율성을 기존의 공극거

Table 2. 단면측정 프로그램의 시간적 효율성 비교 (시간단위: 초)

리 측정방법과 비교 분석하였다.

그 결과 SNU Autoslice09의 프로그램을 이용한 공극거리의 측정치의 정확도가 높다는 것을 확인할 수 있었으며, 공극거리 측정의 시간적 효율성도 기존의 방법보다 효율적으로 이용할 수 있을 것으로 나타났으며, 이는 단면의 수가 증가 할수록 또는 공극거리 측정 각도가 많아질수록 SNU Autoslice09 프로그램의 효율성이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

좀 더 효율적인 연구에 도움이 되기 위해 SNU Autoslice09는 앞으로 여러 개의 형상을 불러들일 수 있는 기능, 3차원 형상의 중심 좌표값 설정, 3차원 형상 변형 등에 대한 추가 연구

들을 통해 의류학에서의 체형분석 및 맞춤새 평가에 효과적으로 이용될 수 있는 자동단면 분석 프로그램이 되도록 지속적인 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2011-C6150-1102-0010).

참고문헌

- 김경선. (2010). *한국성인여성의 연령별 체형변화*. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 김선영. (2009). *슬랙스 맞춤새의 정량적 평가 기준 설정*. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 김혜경, 석은영, 서추연. (2000). 3D Scanner를 이용한 인체계측방법 및 플레이어스커트의 착의형태평가방법에 관한 연구. *한국의류학회지*, 24(6), 895-906.
- 박선미. (2009). *의류 산업을 위한 노인 여성 하반신의 파라메트릭 가상바디 생성 연구*. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 서추연. (2002). 3D scanner를 이용한 여성복 재킷의 패턴 사이즈에 따른 착의평가 연구. *한국의류산업학회지*, 26(3/4), 390-401.
- 서추연, 박순지. (2008). 노년 여성의 3-D 입체형상 데이터를 활용한 상반신 원형 설계방법 연구. *한국의류학회지*, 32(5), 846-848.
- 신주영. (2009). *3차원 파라메트릭 바디 변형연구 : 40대 여성을 대상으로*. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이명희. (2004). 개더스커트의 개더 구성방법에 따른 착의 공극량 변화. *한국생활과학회지*, 13(6), 959-966.
- 조신현, 김미숙. (2008). 3차원 인체 측정을 이용한 40대 여성의 상반신 체형을 고려한 브래지어 패턴 개발. *복식문화연구*, 16(3), 502-517.
- 최영림. (2004). 3D scanner를 이용한 여성복 원형의 착의 공극량 비교 : 신문화식과 세폴리식. *한국의류산업학회지*, 6(6), 749-755.

(2011년 8월 23일 접수/ 2011년 10월 20일 1차 수정/
2011년 10월 20일 게재확정)