

20대 여성의 목밑둘레 부위에 대한 3차원 자동 측정 알고리즘*

황근영** · 남윤자** · 박재경**

Three-Dimensional Automatic Measurement Extraction Algorithms for Neck-base Part of Females in Their Twenties

Keun-Young Hwang** , Yun-Ja Nam** , Jae-Kyung Park**

ABSTRACT

The purpose of this study is to suggest computer assisted neck-base's landmark identification algorithms and measurement extraction methods from three-dimensional human scan data. So we developed the algorithms for automatic identification of landmarks related to the neck-base types. The subjects were 58 women 18~24 years of age. Their body were measured directly and indirectly by using camera and three-dimensional body scanner. They were measured during the months of October in 2001. Based on the characters of classified neck-base types, algorithms for the automatic identification of landmarks and methods of automatic measurement are developed. The three-dimensional automatic measuring program is made by C++ language. Using this program, 4 landmarks are identified and 6 items are measured. In the verifying the precision of automatic measurement, the height measurements(cervicale, side neck point, front neck point) were relatively accurate, but neck-base width measurement was measured wide.

Keyword: Neck-base, Three-dimensional automatic measurement, Algorithm

1. 서 론

의복은 인체 측정치를 근거로 제작되므로 인체에 대한 치수 정보는 의류산업에 있어 매우 중요한 요소이다. 최근 빠르게 발달되고 있는 비접촉 3차원 측정기는 인체의 다양한 치수 정보를 보다 빠르고, 편리하게 얻는데 크게 기여하고 있다. 3차원 측정기를 통한 인체 치수의 자동 측정은 개인의 치수 정보를 신속하게 얻어 최적의 패턴을 제작할 수 있으며, 전자상거래 활성화에 따른 개별주문생산, 개별마케팅체제로의 전환을 가능하게 할 수 있다.

그러나 3차원 측정기로부터 얻어지는 최초의 인체 3차원

데이터는 일련의 좌표값일 뿐 의류에 필요한 인체 치수에 관한 어떤 정보도 포함하고 있지 않다. 따라서 데이터를 의류 제작에 사용하기 위해서는 인체를 팔, 다리, 몸통 등의 착의 기체로서 인식하고 치수를 추출할 수 있도록 하는 의복 인간공학측면에서의 시스템이 필요하다. 이러한 3차원 측정은 직접 측정에서처럼 인체 내부의 뼈를 만져서 찾을 수 없고, 단지 표면 데이터만을 이용하는 것이므로 측정점을 설정하고 찾는 방법에 있어서 새로운 접근이 필요하다.

인체의 특징점 추출에 관한 연구로서 Au와 Yuen(1999)은 마네킨의 몸통 부위 스캔데이터의 특징점을 인식하고자 하였다. 마네킨의 일반적 특징 모델(generic feature model)과 3차원 좌표치(point cloud)를 비교함으로써 특징점을 인

*본 연구는 서울대학교 생활과학연구소의 지원으로 수행되었음.

**서울대학교 의류학과 의복인간공학 연구실

교신저자: 박재경

주 소: 151-742 서울시 관악구 신림9동 산 56-1, 전화: 02-880-8768, E-mail: pj30@hanmail.net

식할 수 있도록 하였으나 이 방법은 미리 설정해 놓은 일반적 특징 모델과 유사한 형태에만 적용된다는 한계점이 있어, 개인차가 심하고 다양한 형태의 체형이 존재하는 인체에는 적용이 어렵다.

김성민과 강태진(1999)은 슬라이딩게이지에 의해 측정된 인체의 횡단면 형상에 대해 화상 분석을 하고, 인체의 목에서 대퇴상부까지의 구간을 20단계로 나눈 원통 좌표계 상의 인체 모형으로 재구성하였다. 원통 좌표계로 된 점 데이터들을 푸리에 변환하여 수평, 수직 윤곽선을 만들고 이 윤곽선에서 최대점, 최소점, 변곡점 등을 찾아 주요 특징점들을 검출하고 있다. 이 방법은 데이터량을 줄일 수 있다는 장점이 있으나 체형에 따라 각 특징점이 뚜렷하지 않은 인체의 경우에도 적용될 수 있는지에 대한 검토가 필요하며 푸리에 변환시 변환의 정도에 따라 실제 스캔 데이터값과 차이량을 검증하여 적절한 변환률을 제시할 필요가 있다. 또한 실제 팔, 다리, 데이터를 제외한 몸통 부위만을 대상으로 하였다는 한계점이 있다.

3차원 인체 데이터를 이용한 인체 자동 측정에 관한 연구로는 Pargas 등(1997)이 3차원 인체 데이터를 이용하여 양팔을 포함한 몸통 부위의 인체 측정 소프트웨어를 개발한 연구가 있다. 프로그램 알고리즘은 첫째, 몸통, 팔, 다리 등 신체의 영역을 인식하고, 둘째, 인식된 영역 안에서 최소/최대 둘레 단면 등 특정 단면을 인식한 후 셋째, 인식된 단면 안에서 가장 앞/뒤에 있는 점, 가장 왼쪽/오른쪽에 있는 점 등 특정 포인트를 인식하고, 넷째, 인식된 포인트를 기준으로 측정하였다.

남윤자와 한현숙(2001)은 18~24세 여대생의 3차원 인체 데이터를 이용하여, 15개의 측정점을 자동으로 설정하고, 각 측정점에 대한 높이, 너비, 두께, 둘레, 길이 항목을 자동으로 측정하는 알고리즘을 연구하였다. 자동 측정치와 실측치의 비교검증 결과 이 연구에서 제작한 알고리즘들은 몇 항목을 제외한 대부분의 항목에서 10mm 안팎의 오차를 보여 대부분 성공적인 것으로 나타났다. 그러나 20대 여성 12명을 한정으로 하여 일반화에 어려움이 있어 피험자 확대로 알고리즘의 정확성 및 일반성 검증이 필요하고 성별, 체형별 특징을 반영해야 할 것이며, 측정점 범위는 넓으나 한 측정점에 대한 알고리즘 수는 부족하여 앞으로 다양한 알고리즘 개발이 필요하다.

그러므로 인체 전체의 자동 측정에 앞서 측정점의 설정이 어려운 부위에 대한 심도있는 연구가 선행되어야 할 것이다. 인체 구조상 머리 부위를 지지하고 머리 부위와 체간부를 연결하는 목부위는 생리적으로나 기능적으로 매우 중요한 부위로서, 목부위를 중심으로 하여 설정되는 의복의 목둘레선의 신체 적합성과 동작 적응성은 그 의복의 전반적인 쾌적성과 심미성에 영향을 미치므로 의복 원형 설계시 형태의 적합

성이 가장 요구되는 부위라고 할 수 있다. 배둘레출점, 엉덩이 돌출점 등 직접 측정시에도 시각적 판단에 의해 설정하는 측정점들은 3차원 인체 데이터에서도 컴퓨터를 이용하여 비교적 쉽게 찾을 수 있으나, 목부위는 형태의 적합성이 가장 요구되는 부위임에도 불구하고 직접 측정시 측진법에 의해 설정되는 측정점이기에 컴퓨터 3차원 측정에 어려움이 많은 부위이다. 따라서 목부위는 직접 측정과 간접측정을 통한 비교 실험을 병행하여 형태의 특징을 파악해야 할 필요성이 있는 부위라고 할 수 있다.

또한 인체는 다양한 형태의 체형이 존재하므로 표준체형을 기준으로 한 일률적인 알고리즘의 개발보다는 적절한 유형화에 의한 유형별 목부위의 형태 특징을 파악하게 된다면 유형이 목부위의 측정 기준점을 자동으로 선정하는데 효율적인 기준이 될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 다양한 직접, 간접 측정치를 사용하여 유형화한 황근영(2002)의 \형, 一형, ㄱ형 등 3가지 목둘레 유형을 기준으로 하여 목부위에 한정된 자동 측정 알고리즘을 연구하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 목둘레 유형별 특징에 적합한 목둘레 부위의 3차원 자동 측정을 위한 측정점 인식 및 측정 방법 알고리즘을 연구하고, C++ 언어로 목둘레 부위 3차원 자동 측정 프로그램을 제작하며, 이 프로그램을 이용하여 측정된 결과의 정확성을 검토함으로써 3차원 측정시 목둘레 부위의 자동 측정에 기초자료가 될 것으로 기대된다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

연구 대상은 18~24세 여성 58명으로 2001년 10월에 인체 측정을 실시하였다. 표 1은 신체를 대표할 수 있는 부위

표 1. 연구 자료와 국민표준체위 조사자료의 주요 인체 측정치

항목	연구자료 (2001년)		국민표준체위 조사자료 (1997년)		t값
	평균	표준편차	평균	표준편차	
키(cm)	162.2	5.2	160.0	4.9	3.193***
몸무게(kg)	53.4	6.7	52.0	5.7	1.761
Rohrer Index	1.25	0.15	1.27	0.14	-0.921
BMI	20.29	2.33	20.30	2.05	-0.045
목밑너비(cm)	12.5	1.0	12.2	1.0	-2.849*
목밑둘레(cm)	38.4	1.8	36.7	2.0	-6.361***

Rohrer Index = 몸무게(kg)/키³(cm) × 10⁵

BMI = 몸무게(kg)/키²(m)

*p≤0.05, ***p≤0.001

와 목밑둘레 부위에 대해서 본 연구가 대상으로 하고 있는 피험자 집단의 측정치와 1997년 국민표준체위 조사 보고서의 자료를 비교한 것이다

2.2 측정 방법 및 측정 항목

본 연구에서는 목밑둘레 부위의 측정 기준점을 자동 추출하는데 3차원 측정에 의한 각도 항목을 사용하였으며, 직접 측정치와 3차원 스캐너를 사용한 측정치의 비교를 통해 자동 측정 알고리즘의 정확성을 검토하였다.

2.2.1 직접 측정

인체 측정 용어 및 방법은 KS A 7003(인체 측정 용어), KS A 7004(인체 측정 방법)에 따랐으며, 김선영(2000)이 개발한 측정복을 착용한 상태에서 측정하였다. 측정 항목은 표 2와 같으며, 측정시 자세는 발과 팔을 20cm 벌리고 선 자세를 취하게 하였는데, 이는 3차원 측정치와의 비교하기 위해 3차원 측정시의 자세와 동일하게 한 것이다.

표 2. 직접 측정 항목

	발20cm/ 팔20cm 자세	측정 방법
높이	키	바닥면과 머리마루점의 수직거리
	목앞점높이	바닥면에서 목뒤점까지의 수직거리
	목옆점높이	바닥면에서 오른쪽 목옆점까지의 수직거리
	목뒤점높이	바닥면에서 목뒤점까지의 수직거리
너비, 두께	목밑너비	양쪽 목옆점 사이 수평거리
	목밑두께	목뒤점과 목앞점 사이의 거리
둘레	목밑둘레	목뒤점에서 목옆점을 거쳐 목앞점을 지나서 목의 가장 아래 부위의 둘레

2.2.2 3차원 측정

3차원 인체 스캐너를 이용한 측정 항목은 표 3과 같으며, 3차원 인체 스캔 장비는 Cyberware사의 Color Whole Body Scanner WB-4를 사용하였다. 스캔 데이터 파일은 확장자가 iv인 Binary 파일이며, 높이 방향으로 2mm, 좌우로 5mm의 정밀도를 가진다. 스캔시 착의 상태는 직접 측정시와 같으며, 스캔시 자세는 인체의 일부분이 가려지는 곳이나 눌러지는 곳이 없도록 발과 발사이의 간격이 20cm가 되도록 벌리고, 엉덩이에서 손목까지 수평거리가 20cm가 되도록 팔을 벌리며 시선은 정면을 향하였다.

A점-B점 수평경사각도는 A점과 B점을 포함하는 평면이 수평면과 이루는 각도(그림 1)를 말하며, A점-B점 수직경사각도는 A점과 B점을 포함하는 평면이 수직면과 이루는

각도(그림 2)를 말한다.

표 3. 3차원 측정 항목

항목	측정 방법	
각도	목앞점-목옆점 수평경사각도	목앞점과 목옆점을 포함한 평면이 수평면과 이루는 각도
	목앞점-목옆점 수직경사각도	목앞점과 목옆점을 포함한 평면이 수직면과 이루는 각도
	목앞점-목뒤점 수평경사각도	목앞점과 목뒤점을 포함한 평면이 수평면과 이루는 각도
높이	목앞점높이	직접 측정과 동일
	목뒤점높이	
	목밑너비	직접 측정과 동일
너비, 두께	목밑두께	직접 측정과 동일
	목밑둘레	직접 측정과 동일

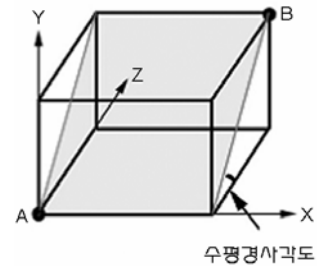


그림 1. A점-B점 수평경사각도

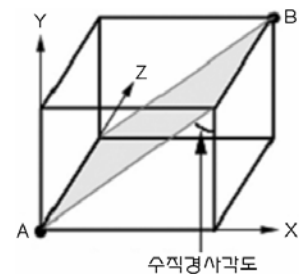


그림 2. A점-B점 수직경사각도

2.3. 연구 내용 및 분석 방법

목밑둘레 형태 유형별 특징에 적합한 목밑둘레 부위 자동 측정을 위한 알고리즘을 개발하였으며, 연구 내용 및 분석 방법은 다음과 같다.

2.3.1 목밑둘레 유형

황근영(2002)의 목밑둘레 형태 유형을 기준으로 하였으

며, 이 때 유형은 \형, 一형, ㄱ형의 3유형으로서 각 유형은 그림 3과 같다. 목밑돌레의 세 유형은 표 4와 같이 대부분의 항목에서 유의한 차이가 나타났으므로 \형은 목뒤에서 목옆까지 경사지고, 목옆에서 목앞까지 경사진 형태, 一형은 목뒤에서 목옆까지 완만하고, 목옆에서 목앞까지 완만한 형태, ㄱ형은 목뒤에서 목옆까지 완만하고, 목옆에서 목앞까지는 경사진 형태의 특징을 갖는다.

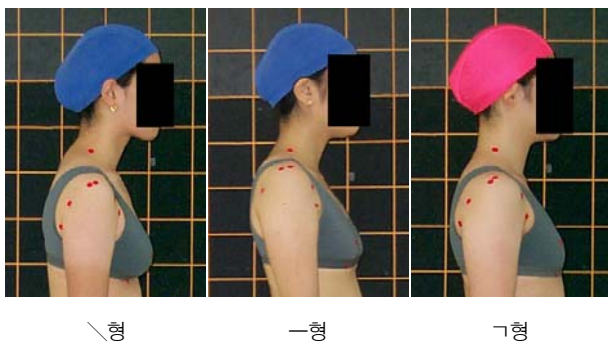


그림 3. 유형별 목부위 측면사진

표 4. 유형별 측정치와 계산치의 분산분석과 Duncan test 결과 (단위: mm)

항목	유형	유형 1(\형) 22명	유형 2(一형) 23명	유형 3(ㄱ형) 13명	F 값
목옆점과 목앞점 높이차		50.59 B	41.74 C	59.54 A	20.335 ***
목앞점-목옆점 수평경사각도(°)		45.941 A	38.513 B	48.437 A	12.398 ***
목앞점-목옆점 수직경사각도(°)		53.651 B	57.793 A	48.861 C	14.051 ***
목뒤점과 목옆점 높이차		12.18	8.87	6.08	1.567
목옆점-목뒤점 수평경사각도(°)		20.129 A	10.984 B	9.884 B	3.722 *
목뒤점과 목앞점 높이차		62.77 A	50.61 B	65.62 A	10.706 ***
목앞점-목뒤점 수평경사각도(°)		35.099 A	27.854 B	33.720 A	9.217 ***
목밑두께		109.18	106.52	106.46	1.457
목밑너비		125.45 AB	132.65 A	119.54 B	2.999
목밑돌레		384.73	386.87	378.08	1.039

던컨테스트 결과 유의차가 있는 집단을 서로 다른 문자로 표시 (A>B>C).

*p≤0.05, **p≤0.01, ***p≤0.001

2.3.2 목밑돌레 3차원 자동 인식 및 측정을 위한 알고리즘 작성

직접 측정 자료와 3차원 측정 자료를 이용하여 분류된 목밑돌레 유형별 특징과 인체형상을 활용하고, 각 치수간의 상관관계를 밝혀 목밑돌레 부위 자동 인식 및 자동 측정을 위한 알고리즘을 작성하였다.

2.3.3 목밑돌레의 3차원 자동 인식 및 측정 프로그램 개발

C++ 언어를 이용하여 목밑돌레 부위를 자동 인식하고 측정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

2.3.4 목밑돌레 부위 3차원 자동 측정치와 기존 측정치의 비교

목밑돌레 부위의 3차원 자동 측정치와 기존 측정치의 차이를 비교하기 위하여 ① 3차원 자동 측정치(측정 기준점의 사전 표시 없이 3차원 인체 스캔 후 자동 추출 알고리즘을 통해 추출된 측정치)와 3차원 수동 측정치(직접 측정과 동일한 측정 기준점을 표시한 상태에서 3차원 인체 스캔 후 사용자가 직접 기준점을 선택하여 추출된 측정치), ② 3차원 수동 측정치와 직접 측정치, ③ 3차원 자동 측정치와 직접 측정치를 비교하였다.

3. 연구 결과

3.1 목밑돌레의 3차원 자동 인식 및 측정 알고리즘

목밑돌레의 3차원 자동 인식을 위하여 목밑돌레의 측정 기준점 중 시각적 특성이 가장 두드러진 목앞점을 찾고, 이어서 각 유형별 목부위의 특징에 따라 목옆점, 목뒤점을 찾았다.

3.1.1 목앞점 자동 인식을 위한 알고리즘

목앞점을 자동 인식하는 방법은 다음과 같다(표 5), (그림 4).

첫째, 직접 측정치에서 키와 목앞점의 회귀식을 구한 결과, 키와 목앞점의 Pearson 상관계수는 0.975(p≤0.001)로 높은 상관관계를 보였으므로, 키를 이용하여 목앞점의 높이의 탐색범위를 선정할 수 있다. 선형회귀분석에 의한 두 항목의 회귀식은 목앞점높이=키×0.870-96.784이었으며, 이 회귀식은 p≤0.001 수준에서 유의하였다.

둘째, 키와 목앞점의 회귀식을 이용하여 3차원 스캔 데이터의 탐색범위를 정한다. 회귀식 추정값과 실제값의 잔차의

표 5. 키와 목앞점높이의 상관계수와 회귀분석 결과

상관계수	R2	F값	잔차최소값 (mm)	잔차최대값 (mm)
0.975	0.951	1227.648***	-21.60	22.84

***p≤0.001

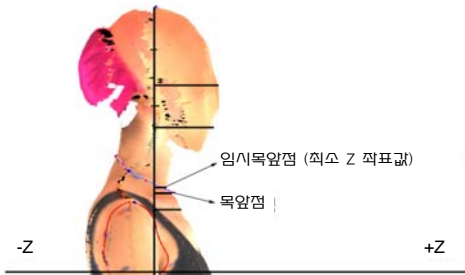


그림 4. 목앞점 인식

표 6. 목앞점-목옆점 수평경사각도의 전체, 집단별 평균

전체평균 (58명)	A집단(\형과 ㄱ형) 평균 (35명)	B집단(一형) 평균 (23명)
43.555°	46.868°	38.513°

집단별 평균: 목밑둘레 세 유형의 Duncan test 결과 유의하게 다른 집단으로 구분된 집단별로 산출된 평균값

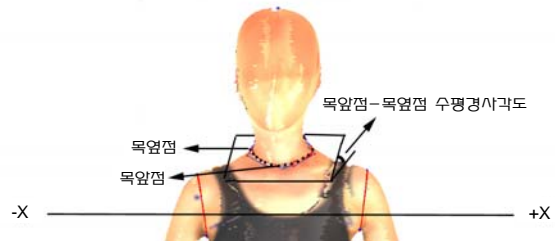


그림 5. 목옆점 인식(목앞점-목옆점 수평경사각도 이용)

최소값은 -21.60mm, 최대값은 22.84mm이다. 따라서, 탐색범위는 회귀식으로 구한 목앞점높이±30mm으로 정한다.

셋째, 정중시상면을 만들고, 목앞부위 정중시상면상에서 가장 오목한 곳을 찾는다. 이 가장 오목한 곳을 임시 목앞점으로 한다. 탐색범위에서 정중시상면과 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 앞에서 z좌표값이 가장 작은 점을 찾는다.

넷째, 위의 알고리즘을 58명의 스캔 데이터에 적용하여 각각의 임시 목앞점높이를 구하고, 직접 측정치와 비교하여 그 차이(α)를 구한다. 58명의 α의 평균값은 9.775mm로, 이 수치만큼 빼서 높이를 수정하고 이를 목앞점으로 한다.

3.1.2 목옆점 자동 인식을 위한 알고리즘

목옆점의 자동 인식은 목앞점-목옆점 수평경사각도와 목앞점-목옆점 수직경사각도를 이용하는 2가지 방법으로 진행하였으며, 또한 각 방법에서 각도의 전체 평균과 유형별 Duncan test 결과에서 형태에 유의한 차이를 나타낸 집단별 평균을 각각 적용하였다.

방법 1

목앞점에서 목옆점까지 이르는 평면이 수평면과 이루는 각을 이용하여 목옆점을 찾았다(표 6), (그림 5).

첫째, 목앞점-목옆점 수평경사각도를 구한다.

둘째, 수평면에 대해 목앞점과 43.555°(전체 평균) 이루는 평면과 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 x좌표값이 최대인 점이 왼쪽 목옆점, x좌표값이 최소인 점이 오른쪽 목옆점이 된다.

셋째, 목부위 유형별로 다른 알고리즘을 적용시켜 본다. 목밑둘레 세 유형의 Duncan test 결과, 목앞점-목옆점 수평

경사각도는 A, B 두 집단으로 나뉘었는데 A집단은 \형과 ㄱ형, B집단은 一형이다. 각 집단별 목앞점-목옆점 수평경사각도는 표 6과 같다. 수평면에 대해 목앞점에서 각 집단별 목앞점-목옆점 수평경사각도에 해당하는 평면을 만들고, 평면과 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 x좌표값이 최대인 점이 왼쪽 목옆점, x좌표값이 최소인 점이 오른쪽 목옆점이 된다.

방법 2

목앞점에서 목옆점까지 이르는 평면이 수직면과 이루는 각을 이용하여 목옆점을 찾았다(표 7), (그림 6).

첫째, 목앞점-목옆점 수직경사각도를 구한다.

둘째, 수직면에 대해 목앞점과 좌우로 54.220°(전체 평균) 이루는 두 개의 평면과 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 x좌표값이 최대인 점이 왼쪽 목옆점, x좌표값이 최소인 점이 오른쪽 목옆점이 된다.

셋째, 목부위 유형별로 다른 알고리즘을 적용시켜 본다. 목밑둘레 3유형의 Duncan test 결과, 목앞점-목옆점 수직경사각도는 A, B, C 세 집단으로 나뉘었다. A집단은 一형, B집단은 \형이고, C집단은 ㄱ형이다. 각 집단별 목앞점-목옆점 수직경사각도는 표 7과 같다. 수직면에 대해 목앞점에서 좌우로 각 집단별 목앞점-목옆점 수직경사각도에 해당하는 두 개의 평면을 만들고, 평면과 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 x좌표값이 최대인 점이 왼쪽 목옆점, x좌표값이 최소인 점이 오른쪽 목옆점이 된다.

3.1.3 목뒤점 자동 인식을 위한 알고리즘

목앞점에서 목뒤점에 이르는 평면이 수평면과 이루는 각을 이용하여 목뒤점을 찾았다(표 8), (그림 7).

표 7. 목앞점-목옆점 수직경사각도의 전체, 집단별 평균

전체평균 (58명)	A집단(ㄱ형) 평균(23명)	B집단(ㄴ형) 평균(22명)	C집단(ㄷ형) 평균(13명)
54.220°	57.793°	53.651°	48.861°

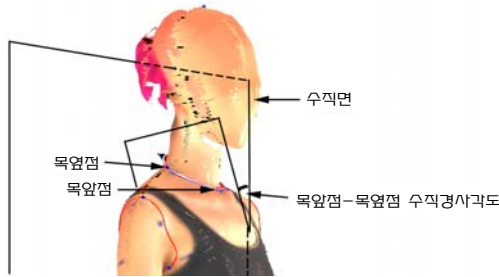


그림 6. 목앞점 인식(목앞점-목옆점 수직경사각도 이용)

표 8. 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 전체, 집단별 평균

전체평균 (58명)	A집단(ㄱ형과 ㄴ형) 평균(35명)	B집단(ㄷ형) 평균(23명)
31.917°	34.587°	27.854°

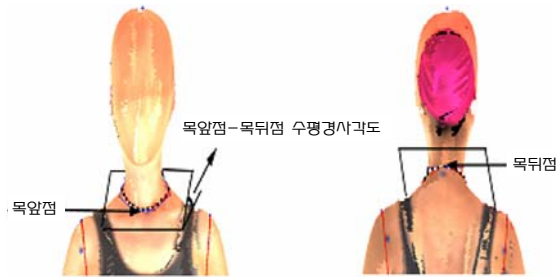


그림 7. 목뒤점 인식

첫째, 목앞점-목뒤점 수평경사각도를 구한다.

둘째, 수평면에 대해 목앞점과 31.917°(전체 평균) 이루는 평면과 정중시상면상에서 스캔 폴리곤 데이터와 만나는 점 중 인체의 뒤쪽에서 만나는 점이 목뒤점이 된다.

셋째, 목부위 유형별로 다른 알고리즘을 적용시켜 본다. 목밑둘레 3유형의 Duncan test 결과, 목앞점-목뒤점 수평경사각도는 A, B 두 집단으로 나뉘었다. A집단은 ㄱ형, ㄴ형이고, B집단은 ㄷ형이다. 각 집단별 목앞점-목옆점 수평경사각도는 표 8과 같다. 수평면에 대해 목앞점에서 각 집단별 목앞점-목뒤점 수평경사각도에 해당하는 평면을 만들고, 평면과 정중시상면상에서 스캔 폴리곤 데이터가 만나는 점들 중 인체의 뒤쪽에서 만나는 점이 목뒤점이 된다.

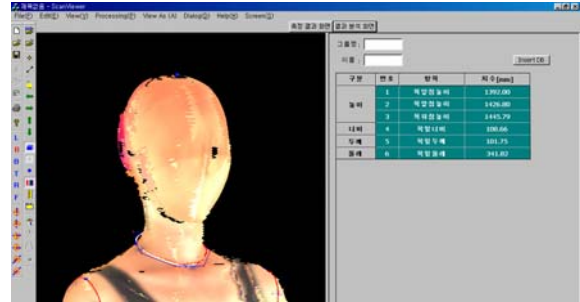


그림 8. 3차원 목밑둘레 부위 인식 및 측정 프로그램

3.1.4 목밑둘레선 자동 인식을 위한 알고리즘

본 연구에서는 직접 측정에서의 목밑둘레선의 정의를 그대로 적용하여 목뒤점, 목옆점, 목앞점을 지나는 둘레선으로 하며, 곡선의 표현은 베지어 곡선(Bezier Curve)으로 한다. 따라서 목밑둘레선은 4개의 베지어 곡선으로 이루어진다. 즉, 목앞점을 시작점으로 하고 목옆점(좌)를 끝점으로 하는 베지어 곡선과 목앞점~목옆점(우)의 베지어 곡선, 목옆점(좌)~목뒤점의 베지어 곡선, 목옆점(우)~목뒤점의 베지어 곡선 4개로 이루어진다. 각 베지어 곡선을 20등분 하여 길이를 구하고 4개 곡선의 합을 구한다.

3.2 목밑둘레 부위의 3차원 인식 및 측정 프로그램

본 연구에서 고안한 알고리즘을 적용할 수 있도록 프로그램을 직접 제작하였다. 프로그램은 Visual C++ 6.0을 이용하여 제작하였으며, 프로그램 전체 실행 화면은 그림 8과 같다. 이 프로그램은 사용자가 컴퓨터 화면상에서 직접 측정점을 선택하여 측정할 수 있는 3차원 수동측정과 유형별 알고리즘을 선택하여 자동으로 측정하는 3차원 자동 측정이 모두 가능하도록 설계하였다.

목밑둘레 부위의 3차원 자동 인식 및 측정 항목의 정의와 알고리즘은 표 9와 같다.

3.3 목밑둘레 부위의 3차원 자동 측정치와 기존 측정치의 비교

3.3.1 3차원 자동 측정치와 3차원 수동 측정치 비교

3차원 자동 측정과 3차원 수동 측정의 측정치 비교를 통해 자동으로 인식된 측정점의 정확도를 고찰할 수 있으며, 비교한 결과는 표 10과 같다. 인체 측정시 오차허용범위는 일반적으로 5mm, 키와 같이 높이 값이 큰 경우는 10mm 정도로 설정하고 있다(노윤경, 2000; 柳澤滄子, 1980).

표 9. 목밑둘레 부위의 3차원 측정 항목의 정의

측정 항목	정의
목앞점높이	인식한 목앞점의 y좌표값
목옆점높이 (수직일반)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수직경사각도의 전체 평균을 이용한다. 목옆점의 y좌표값
목옆점높이 (수직집단)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수직경사각도의 집단별 평균*을 이용한다. 목옆점의 y좌표값
목옆점높이 (수평일반)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수평경사각도의 전체 평균을 이용한다. 목옆점의 y좌표값
목옆점높이 (수평집단)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수평경사각도의 집단별 평균을 이용한다. 목옆점의 y좌표값
목뒤점높이 (수평일반)	목뒤점 인식시 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 전체 평균을 이용한다. 목뒤점의 y좌표값
목뒤점높이 (수평집단)	목뒤점 인식시 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 집단별 평균을 이용한다. 목뒤점의 y좌표값
목밑너비 (수직일반)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수직경사각도의 전체 평균을 이용한다. 좌우 목옆점의 직선거리
목밑너비 (수직집단)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수직경사각도의 집단별 평균을 이용한다. 좌우 목옆점의 직선거리
목밑너비 (수평일반)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수평경사각도의 전체 평균을 이용한다. 좌우 목옆점의 직선거리
목밑너비 (수평집단)	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수평경사각도의 집단별 평균을 이용한다. 좌우 목옆점의 직선거리
목밑두께	목뒤점 인식시 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 집단별 평균을 이용한다. 목앞점과 목뒤점의 직선거리
목밑둘레	목옆점 인식시 목앞점-목옆점 수직경사각도의 집단별 평균을 이용하고, 목뒤점은 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 집단별 평균을 이용한다. Bezier Curve 길이의 합

목앞점

목앞점높이의 비교(3차원 자동 측정치-3차원 수동 측정치) 결과, 목앞점 자동 인식은 두 측정치 차이의 절대값 평균이 3.36mm로서 좋은 결과를 보였다.

목옆점

목옆점 인식은 방법 1의 수직면 기준, 방법 2의 수평면 기준과 각각을 전체 평균이나 집단별 평균을 적용하는 것의 4개 알고리즘에 의해 이루어지며, 목옆점의 위치를 알아보기 위해 목옆점높이와 목밑너비를 비교하였다.

목옆점높이에서는 수직면과 집단별 평균을 적용한 '수직집단'에서 가장 좋은 결과를 보였다. 목밑너비도 '수직집단'에서 가장 좋은 결과를 보였다. 목옆점높이(수직집단)의 절대값 차의 평균은 3.74mm으로 작았지만, 목밑너비(수직집단)의 절대값 차의 평균은 13.80mm로 다소 커서, 목옆점 인식에서 목옆점높이의 인식은 비교적 정확하나, 좌우로 넓게 인식되는 경향이 있었다.

목뒤점

목뒤점은 목앞점과 목옆점에 비해 높이의 절대값 차의 평균이 8.25mm로 다소 크게 나타났지만, 10mm 내의 차로 실제 목뒤점에 근접한다고 판단되었다.

표 10. 3차원 자동 측정치와 수동 측정치의 차이 비교(3차원 자동 측정치 - 3차원 수동 측정치) (단위:mm)

측정 항목	평균	표준 편차	최소값	최대값	절대값 평균
목앞점높이	0.05	4.64	-17.09	7.71	3.36
목옆점높이 (수직일반)	2.55	5.01	-5.79	15.24	4.42
목옆점높이 (수직집단)	1.29	4.45	-6.10	12.26	3.74
목옆점높이 (수평일반)	-9.60	14.75	-43.78	19.04	12.76
목옆점높이 (수평집단)	-9.13	13.39	-45.78	17.33	11.81
목뒤점높이 (수평일반)	0.37	11.89	-20.70	42.70	8.96
목뒤점높이 (수평집단)	-0.33	9.43	-20.28	18.67	8.25
목밑너비 (수직일반)	12.45	14.20	-12.57	51.32	14.64
목밑너비 (수직집단)	11.64	14.58	-12.57	37.41	13.80
목밑너비 (수평일반)	18.18	32.73	-20.25	134.17	23.99
목밑너비 (수평집단)	16.31	32.74	-17.22	163.83	20.89

3차원 자동 측정치와 3차원 수동 측정치의 비교에서 목옆점높이는 '수직집단', 목밑너비는 '수직집단', 목뒤점높이는 '수평집단'의 평균을 적용한 것이 측정점 인식의 알고리즘 중에서 가장 좋은 결과를 보이므로, 이후의 3차원 자동 측정치의 비교에서 이들 측정치만 비교하였다.

3.3.2 3차원 수동 측정치와 직접 측정치 비교

3차원 수동 측정과 직접 측정은 측정점이 동일하기 때문에, 이 두 측정치를 비교하면 개발한 프로그램의 측정 방법의 신뢰성을 고찰할 수 있으며, 비교한 결과는 표 11과 같다.

높이, 너비, 두께 항목은 차의 절대값 평균이 2~5mm로, 제작된 프로그램의 측정 방법이 직접 측정 방법에 근접하였다. 반면 목밑둘레는 차의 절대값 평균이 11.92mm로 다소 크게 나타났다. 이는 직접 측정시 목밑둘레는 목뒤점, 목옆점, 목앞점만 기준점으로 설정될 뿐 목밑둘레선은 측정자가 임의로 설정하여 측정하기 때문에 3차원 측정의 베지어 곡선의 형태와 차이가 존재하기 때문인 것으로 해석된다.

3.3.3 3차원 자동 측정치와 직접 측정치 비교

이 두 측정치를 비교하여 새로운 인체 측정 방법으로써 3차원 자동 측정의 가능성을 검토하였으며, 비교한 결과는 표 12와 같다.

높이 항목들은 4~8mm의 절대값 평균을 보여 비교적 정

표 11. 3차원 수동 측정치와 직접 측정치의 차이 비교(3차원 수동 측정치 - 직접측정치) (단위:mm)

항목	평균	표준 편차	최소	최대	절대값 평균
목앞점높이	-1.41	5.02	-10.09	12.05	4.32
목옆점높이	-4.85	6.05	-17.14	10.80	5.86
목뒤점높이	-2.48	4.14	-12.02	9.00	3.91
목밑너비	-3.02	4.41	-16.09	8.74	4.11
목밑두께	0.09	2.81	-5.97	6.10	2.27
목밑둘레	-10.09	10.57	-33.06	16.13	11.92

표 12. 3차원 자동측정치와 직접측정치 차이 비교(3차원 자동 측정치 - 직접측정치) (단위:mm)

항목	평균	표준 편차	최소	최대	절대값 평균
목앞점높이	-0.68	6.43	-22.00	13.00	4.76
목옆점높이	-2.94	7.09	-18.83	11.64	5.93
목뒤점높이	-2.63	9.38	-23.17	13.64	7.90
목밑너비	8.96	12.92	-16.14	33.93	12.90
목밑두께	-1.15	5.06	-10.64	10.89	4.00
목밑둘레	7.91	23.10	-52.18	53.90	20.03

확한 인식 결과를 보였다. 목밑너비는 직접 측정치의 목밑너비의 평균이 125.33mm임을 감안할 때, 12.90mm의 다소 큰 차이를 보였는데 이는 자동 측정시 목옆점이 좌우로 넓게 인식되는 경향이 때문이며, 목밑둘레 또한 오차가 크게 측정되었다.

4. 결 론

본 연구는 3차원 스캔 데이터를 기반으로 한 인체 치수 자동 측정 시스템에서 목밑둘레 자동 인식을 위해, 18세에서 24세 여성의 목밑둘레 유형별 특징에 적합한 목밑둘레 부위 3차원 자동 측정을 위한 알고리즘을 개발하고, 자동 측정의 정확도를 고찰하였다.

목앞점은 키와 목앞점높이 직접 측정치를 이용한 회귀식으로 목앞점의 탐색범위를 정한 뒤 목앞부위에서 가장 오목한 곳을 인식하는 알고리즘을 사용하였으며, 거의 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

목옆점은 목앞점-목뒤점 수직경사각도의 집단별 평균값을 이용한 알고리즘에서 가장 오차가 작게 인식하였으나, 높이에 비해 좌우의 위치가 다소 넓게 인식하는 경향이 나타났다. 이는 목옆점 인식의 알고리즘에서 x좌표값이 최소·최

대값이 되는 점을 좌우 목옆점으로 정하여 생긴 오차로 생각된다. 따라서 본 논문의 목옆점 인식 알고리즘에서 좌우 위치에 대한 오차를 줄이기 위한 알고리즘을 첨가하거나, 새로운 알고리즘으로 접근할 필요가 있다.

목뒤점은 목앞점-목뒤점 수평경사각도의 집단별 평균값을 이용한 알고리즘에서 가장 오차가 작았으며, 목뒤점 높이는 목앞점보다는 오차가 크게 나타났다.

이상의 알고리즘으로 설정된 측정 기준점들을 이용해 측정한 목밑둘레는 오차가 크게 나타났는데, 이는 직접 측정의 경우 측정자가 기준점을 지나는 목밑둘레선을 임의로 설정하여 측정하므로 측정자에 따른 오차 발생과 3차원 측정의 경우 기준점들을 지나는 곡선 설정의 부적합성 등 다양한 원인을 생각할 수 있다. 따라서 목밑둘레선에 대한 기하학적인 정의와 기준점을 지나는 곡선 설정 방법에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구를 통하여 3차원 인체 자동 측정 시스템 개발은 단순히 하드웨어 및 소프트웨어 개발 기술만으로 간단히 구현되는 것이 아니라, 인체 측정 및 형상 인식에 대한 전문 지식과 기본정의, 직접·간접 측정을 통한 많은 비교 실험을 바탕으로 한 새로운 접근 방법이 필요하고, 그 방법에 의해 의류 제작에 필요한 몇 가지 항목의 치수들을 자동으로 얻을 수 있음이 밝혀졌다. 따라서 앞으로는 목밑둘레 뿐 아니라 의복 설계에 중요한 다양한 부위에 있어 직접 측정시 측진법에 의해 설정되는 측정점들에 대한 3차원 인체 자동 측정의 한계를 벗어날 수 있도록 체형과 연령, 성별을 고려한 새로운 접근 방법을 통해 3차원 인체 자동 측정에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 여겨진다.

참고 문헌

- 김선영, 스트레치 소재의 길과 바지원형 개발과 인체 측정복으로의 활용. 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 2000.
- 김성민, 강태진, 삼차원 어패럴 캐드 시스템 개발을 위한 의복 패턴 자동 제도에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 36(6), 489-500, 1999.
- 남윤자, 한현숙, 의복 제작을 위한 인체 자동 측정 알고리즘에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 38(9), 478-486, 2001.
- 노윤경, 인체측정법의 문제점 분석과 개선방안에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 2000.
- 정재은, 남윤자, 김민호, 비너스 프로그램을 이용한 2차원 사진의 간접측정. *한국섬유공학회·한국류학회·한국염색가공학회 공동학술대회 논문집*, 387-388, 2002.
- 한국표준과학연구원, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준치 위 조사 보고서, 1997.
- 황근영, 목밑둘레 형태 유형화에 따른 3차원 자동 측정. 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
- Au, C. K. and Yuen, M. F., Feature-based reverse engineering of mannequin

for garment design. *Computer-Aided Design*, 31, 751-759, 1999.

Pargas, R. P., Staples, N. J. and Davis, S., Automatic Measurement Extraction for Apparel from a Three-dimensional Body Scan. *Optics and Lasers in Engineering*, 28(2), 157-172, 1997.

柳澤澹子, 被服體型學. 光生堂. 東京, 1980.

● 저자 소개 ●

❖ 황근영 ❖
 서울대학교 의류학과 석사

❖ 남윤자 ❖
 서울대학교 의류학과 박사
 현재 서울대학교 의류학과 부교수

❖ 박재경 ❖
 서울대학교 의류학과 박사
 현재 경원대학교, 단국대학교 강사

논문접수일 (Date Received) : 2004년 09월 10일
 논문게재승인일 (Date Accepted) : 2005년 04월 22일