

인체의 곡곡면과 직물 변형 특성을 이용한 의복압 예측법의 개선

이에진 · 홍경희[†]

충남대학교 생활과학대학 의류학과 의복인간공학실

Prediction of the Clothing Pressure Using the Radii of Double Curvature and Transformation of a Fabric

Yejin Lee · Kyunghi Hong[†]Dept. of Clothing & Textiles, Clothing Comfort Laboratory, Chungnam National University,
College of Human Ecology
(2005. 4. 27. 접수)

Abstract

Clothing pressure has close relation with clothing comfort and depends on the pattern and properties of textile fabrics. Choosing a suitable clothing pressure is an essential factor for designing functional clothing such as the foundation for reshaping of a body contour or medical items for burn patient, and etc. However, it is hard to measure pressure values at the curved surface of a human body correctly. Recently, an air pack type pressure sensor, which has relatively excellent performance has been used to measure clothing pressure, however, it is still inconvenient to apply because it is a contact-type sensor. Therefore, in this paper, we suggest an indirect method that can measure clothing pressure without touching the subject by improving the equation of Kirk and Ibrahim (1966). However, confusions have been occurred when someone use the equation since the definition of parameters are somewhat vague. Furthermore, the estimated clothing pressure obtained by the previous method are quite different from the real values because this method does not consider the 3D effect of a human body and property changes of a transformed fabric. In this paper, the direction of principal stress and the radius of curvature in the principal direction were searched in the 3D image of the deformed girdle to get more accurate clothing pressure. The estimated clothing pressure was verified by comparing the result of the air pack type pressure sensor. It was found that the accuracy of the pressure estimation was improved by considering the 3D curvature of human body and the directional characteristics of textile fabrics.

Key words: Clothing pressure, Radius of curvature, Principal stress; 의복압, 곡률 반경, 주응력

I. 서 론

최근 웰빙 트렌드에 맞춰 소비자들은 신체적 건강에 대한 인식이 높아지고 있으며 기존과는 다른 가치 기준으로 제품을 구매하려는 심리의 변화를 보이고

[†]Corresponding author

E-mail: khhong@cnu.ac.kr

본 연구는 학술진흥재단 지방대학육성지원사업(COO312)의 지원을 받아 수행되었습니다.

있다. 따라서 체형 보정을 위한 화운데이션에 있어서는 체형 보정을 위해 작용하는 압박감이 인체의 자율신경계, 면역계, 소화기관에 부정적인 영향을 미치지 않기를 원한다. 또한 이런 웰빙 열풍으로 여행, 건강, 취미에 대한 관심도 증대되고 있으며 동시에 이와 관련된 의복들(전문 등산복, 사이클복, 잠수복, 수영복, 인라인 스케이트복 등)의 착용에 대한 욕구도 커지고 있다. 이런 의복들은 대부분 밀착의 형태로 구성되어 있기 때문에 편안하고 쾌적하도록 제작하기 위해서

는 의복압에 대한 고려가 필수불가결하다. 일반적으로 의복압은 편안하고 쾌적하며 기능 수행이 용이하도록 신축성 소재를 사용한다. 그러므로 의복의 목적에 따라 적절한 압력값을 선정하는 것이 필요하다. 의복압은 크게 두 가지 방법으로 측정 할 수 있다. 첫째 접촉식 압력 센서를 이용하여 직접 측정하는 방법과 둘째 직물의 변형량에 의해 간접적으로 측정하는 방법이 있다. 의복압 센서의 종류는 몇 가지로 나눌 수 있는데, 그 중 스트레인 게이지는 변형에 의해 전기저항이 변화하는 성질을 이용한 것으로 센서 중심부에 수직의 압력이 걸리지 않으면 그 측정치가 부정확하므로 복곡면의 탄성체인 인체상에서는 사실상 측정 오차가 크다. 또한 센서의 크기, 형태, 측정시간 등에 의해서 압력의 측정값이 다르게 나타날 수 있다. 반면 공기주입식 센서는 수직의 압력이 아니더라도 비교적 정확하게 측정할 수 있고 작은 압력도 예민하게 측정할 수 있지만 매우 고가의 장비로 여러 곳을 동시에 측정하기 어려운 단점이 있다. 한편 Elastic optical fibers를 이용한 센서는 광섬유를 통과하는 빛이 압력에 의해 변화되는 것을 이용하여 측정하는 방법으로 양말을 착용했을 때의 압력값을 측정하는데 사용된 바가 있으나 그 적용범위가 좁고 아직 실용화 단계는 아니다(Nishimatsu et al., 1998).

압력 센서를 이용하지 않고 직물의 변형량에 의해 이론적으로 의복압을 추정하는 식은 의복압의 대부분이 직물 변형 시 발생하는 응력에 의한다는 점에 착안하여 Kirk and Ibrahim(1966)이 제안하였다. 이 식($P = \frac{T_H}{\rho_H} + \frac{T_V}{\rho_V}$)은 의복압 P를 구하기 위해서 직물의 수평, 수직 방향의 신장에 따르는 응력 T_H , T_V 와 측정

부위의 곡률 반경 ρ_H , ρ_V 가 필요하다. 이 식에서 직물의 신장율을 계산하는 것은 이론적으로는 시료의 강신도 곡선을 이용하여 신장에 해당하는 응력을 구하고 그 부위의 곡률을 계산하면 되므로 큰 문제점이 없어 보이나 실제로는 해당하는 부위의 곡률을 구하는 것이 오차의 원인이 되고 있다. 위의 식은 대략적인 예측식으로 인체가 계속적으로 변화하는 곡률을 가진 것을 고려하지 않고 기하학적으로 원통형이나 도너츠형과 같이 이축 방향으로 일정한 곡률을 가진 형태로 가정하였기 때문에 복곡면인 인체 표면에서 곡률을 산정하기에는 적합하지 않다. Hasegawa and Ishikawa (1986), Yoshimura and Ishikawa(1983)는 Kirk가 제안한 식을 검토하고 계산법에 대해서 확인하려고 시도는 하였으나 정확한 결과를 얻지는 못하였다. Kawabata et al.(1987)은 Kirk and Ibrahim(1966)의 식을 적용할 때 직물의 변형을 어떻게 고려해야 하는지 제안하기도 하였다. 그러나 여전히 의복에 접목하여 의복압을 예측하는데는 문제가 발생된다. 이와 같이 1980년대 이 분야의 연구가 비교적 활발히 진행되었지만 큰 개선 없이 현재에까지 이르고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 3D 이미지를 이용하여 Kirk and Ibrahim(1966)이 제안한 식을 개선함으로써 의복압을 비접촉식 간접측정으로도 보다 정확하게 측정할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 3D 스캐닝 영상에서 얻은 의복 표면의 변형으로부터 의복압을 예측하고 이를 접촉식 센서를 이용해 얻은 압력값과 비교하여 개선된 비접촉 의복압 예측방법의 타당성을 검증하였다.

연구의 개요도는 다음 <Fig. 1>과 같다.

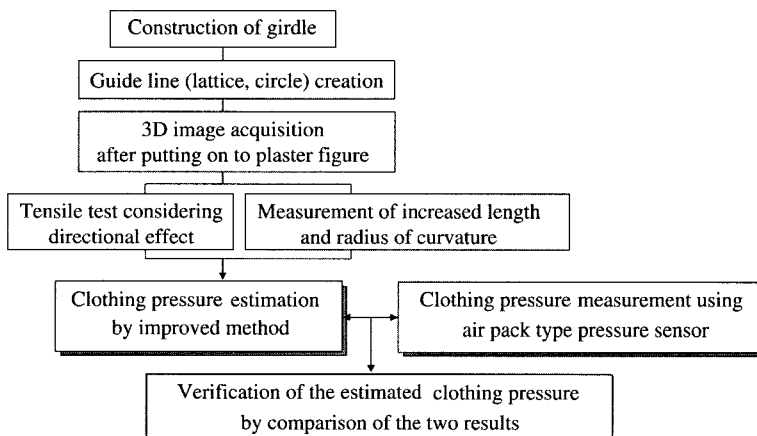


Fig. 1. Scope of the experimental

거들 제작 후 의복의 변형률을 측정하기 위해 사각 적자와 원 형태의 가이드 라인을 그리고 석고 모형에 착용시켰다. 이때의 3D 영상을 획득하고, 가이드 라인의 변화로부터 인장 길이와 곡률 반경을 측정하였다. 한편 인장 길이에 해당하는 인장력을 적용하기 위해 방향에 따른 인장 시험을 수행하였다. 방향에 따른 특성을 고려한 인장 시험 결과와 비교하여 각 측정점의 직물에 가해지는 인장력의 크기를 구하고, 이에 해당하는 곡률 반경값을 통해 의복압을 예측하였다. 이렇게 예측된 의복압을 공기주입식 의복압 센서로 직접 계측한 값과 비교하여 타당성을 검증하였다.

II. 이론적 배경

1. 구의 표면에 작용하는 인장 응력(Gere, 2001, 2004)

Kirk and Ibrahim(1966)은 구의 표면에 작용하는 인장 응력을 응용하여 의복압 예측식을 제안하였다. 구를 수직 지름 평면으로 자르고 반쪽 부분만을 고려해 보면, 여기에는 구의 내부 압력 p 와 구의 표면에 작용하는 인장 응력 σ 가 존재한다(Fig. 2a). 구의 내부 압력 p 는 반구 내의 평면적에 대하여 수평으로 작용하고 이 압력은 균일하기 때문에 총압력은 <식 1>과 같이 쓸 수 있다.

$$P = p(\pi r^2) \dots\dots\dots (식 1)$$

r : inside radius of sphere

한편 인장 응력 σ 는 구와 하중의 대칭성으로 원주에 걸쳐서 균일하다. 그러므로 표면에 작용하는 인장 응력 σ 의 합력은 <식 2>와 같이 응력 σ 에 그 작용 면적을 곱한 것과 같은 수평력이다.

$$\sigma(2\pi r_m t) \dots\dots\dots (식 2)$$

t : surface thickness
 r_m : average radius

따라서 구의 내부 압력 p 와 인장 응력 σ 는 수평 방향의 힘으로 평형을 이루게 되고 이것은 <식 3>과 같이 쓸 수 있다.

$$\sum F_{horizontal} = 0, \quad \sigma(2\pi r_m t) - p(\pi r^2) = 0 \dots\dots (식 3)$$

이로부터 구의 내부 압력 p 는 <식 4>, 구의 표면에 작용하는 인장 응력 σ 는 <식 5>와 같다.

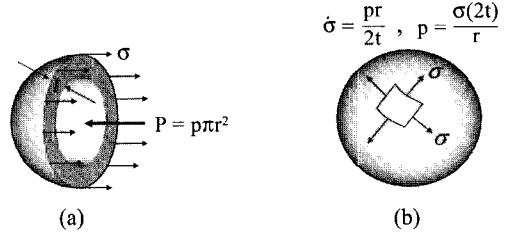


Fig. 2. Tensile stress on a sphere surface

$$P = \frac{\sigma(2r_m t)}{r^2} \dots\dots\dots (식 4)$$

$$\sigma = \frac{pr^2}{2r_m t} \dots\dots\dots (식 5)$$

그런데 여기서는 구의 표면을 얇은 막으로 가정하므로 두 반지름 사이의 작은 차이를 무시할 수 있어 대신 또는 대신으로 쓸 수 있다. 그러므로 구의 내부 압력을 계산하기 위해 다음 <식 6>을 적용할 수 있다.

$$p = \frac{\sigma(2t)}{r} \dots\dots\dots (식 6)$$

구는 대칭성 이므로 구의 중심을 어떠한 방향으로 자르더라도 인장 응력에 대해 동일한 식을 얻고, 압력을 받는 구의 표면은 모든 방향으로 동일한 인장 응력 σ 를 받는다(Fig. 2b).

2. Kirk and Ibrahim(1966)의 의복압 예측식

인체는 구와 같이 대칭적인 형상이 아니라 오목과 볼록이 합쳐진 복곡면이기 때문에 구의 표면에 작용하는 장력식을 그대로 사용할 수 없다. 그러므로 구의 표면에 작용하는 식을 응용하여 단순히 수평과 수직의 이축으로 나누어 의복압 예측식 <식 7>을 제안하였다.

$$P = \frac{T_H}{\rho_H} + \frac{T_V}{\rho_V} \dots\dots\dots (식 7)$$

P: pressure (gf/cm²)

T: tensile stress (gf/cm)

ρ : radius of curvature (cm)

H: horizontal direction

V: vertical direction

의복압은 수평 방향의 응력과 그 부위에 해당하는 곡률 반경, 수직 방향의 응력과 그 부위에 해당하는 곡률 반경의 합으로 예측하였다.

III. 연구방법

1. 거들 소재의 인장력 측정방법

의복을 착용하면 수직으로 교차하였던 경사 위사의 교차각이 인체 복곡면의 형상과 직물의 역학적 특성에 의해 다양하게 변형된다. 그러므로 직물의 인장 특성을 단순히 수평과 수직의 이축으로 적용하는 것은 의복압 예측 시 오차를 유발시키는 원인이 된다. 그러므로 오차를 줄이기 위해서는 수평과 수직이 아

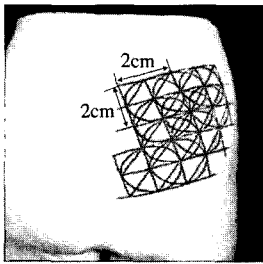


Fig. 3. The guidelines on the girdle surface

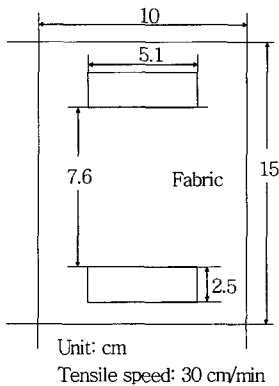


Fig. 4. Test condition of the tensile properties of fabrics by the Instron

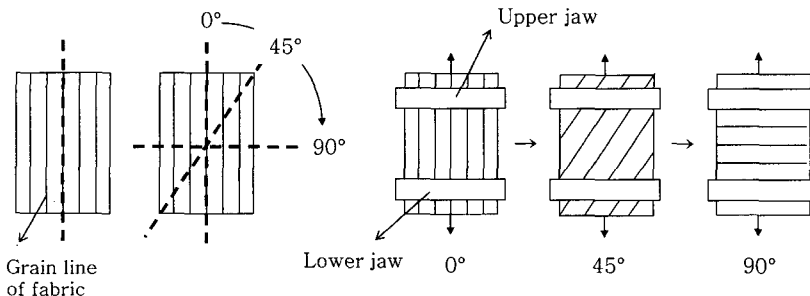


Fig. 5. Experimental method for the measurement of tensile stress depending on the angle of force

닌 주응력(principal stress) 방향을 찾아 그때의 응력을 사용하여야 한다. 주응력 방향(장축과 단축)을 찾기 위해 면(85%)과 폴리우레탄(15%)이 혼합된 직물로 제작된 거들에 <Fig. 3>과 같이 2cm×2cm의 격자와 이에 내접하는 원을 그렸다. 가이드 라인(격자와 원)이 그려진 거들을 정립자세의 여성 하반신 석고 모형(허리둘레; 64cm, 엉덩이둘레; 87cm)에 착용시킨 후 변형된 원으로부터 주응력 방향을 찾아내었다. 이것은 CAD·CAM 프로그램인 I-DEAS(UGS-plm solutions, USA)를 이용하였다.

직물의 인장력은 인장력 시험기(R&B Model Unitech, Korea)를 이용하여 KS K 0815 편성물의 시험 방법 중 그레브법으로 3번 측정하여 평균값을 사용하였다. 시험 조건은 <Fig. 4>와 같다.

주응력 방향에서 직물의 변형률-인장력 관계를 식에 적용시키기 위해서 <Fig. 5>와 같이 시험하였다. 기존 방법처럼 직물의 식서(수직) 방향과 푸서(수평) 방향으로만 측정하지 않고 식서(수직)방향에서 시작하여 10° 간격으로 직물을 회전시키며 푸서(수평) 방향까지 인장 특성을 측정하였다.

2. 곡률 반경 측정방법

의복압 예측식에 사용하는 곡률 반경값도 수평, 수직 방향에서의 값이 아닌 주응력 방향의 값을 적용시켜야 한다. 그러므로 거들 착용 후 발생하는 가이드 라인의 변형에서 주응력 방향을 찾아 그 위치에서의 곡률 반경값을 식에 대입하였다. 곡률은 크게 세 가지 방법으로 산출할 수 있는데 그 한 가지는 수학적 으로 정의된 한 점에서의 미시적 곡률을 산정하는 방법이며 다른 하나는 일정한 거리를 둔 점들을 지나는 거시적 의미의 평균 곡률이고 세 번째는 표면적을 통합적으로 고려한 가우시안(Gaussian) 곡률이다. 미시

적 곡률은 전통적으로 수학적인 정의가 명확히 내려져 있는 가운데 일반적인 범용성 소프트웨어에서 많이 쓰이고 있으나 인체와 의복 시스템에서는 거시적 평균 곡률이 더 의미가 있음이 최근의 연구(이현영, 홍경희, 2002)에서 밝혀진 바가 있어 본 연구에서는 이 거시적 평균 곡률을 사용하였다. 3D 스캐너인 Phase-shifting projection moiré(Intek Plus, Co, Ltd., Korea)로 영상을 획득하고, 상용 프로그램인 Rapid-Form 2004(INUS Technology, Inc., Korea)로 거시적인 평균 곡률 반경값(<Fig. 8>에서 A', O, C'를 지나는 곡률 반경값, B', O, D'를 지나는 곡률 반경값)을 얻었다.

3. 센서를 이용한 직접압력 측정방법

<Fig. 6>과 같이 공기주입식 의복압 센서 AMI 3037-2(AMI Techno, Co, Ltd., Korea)를 사용하여 10부위에서(<Fig. 9>) 직접 압력을 측정하였다. 의복압 측정 센서는 부직포로 된 공기팩에 가스 실린더로 공기를 주입하여 사용하였다. 공기팩의 특성은 <Table 1>과 같다.

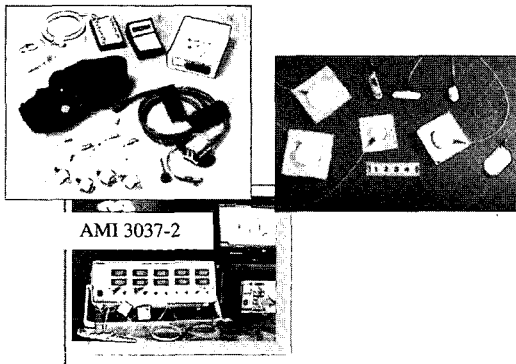


Fig. 6. Air pack type clothing pressure sensor AMI 3037-2

Table 1. Specification of air pack type clothing pressure sensor

Model	AMI 3037-2
Point	2
Range (gf/cm ²)	0.0-300.0
Accuracies (gf/cm ²)	0.0-99.9: ±0.5, 100.0-300.0: ±1.5
DC Output	1 gf/cm ² (10mmH ₂ O) → 10mV
Battery charger	LR6(AM3) 1.5V×4
Dimensions (mm)	H45×W92×D162
Weight (g)	500

IV. 연구결과

1. 거들 소재의 인장력

10° 간격으로 직물을 회전시키며 측정한 직물의 강신도 곡선 그래프는 다음 <Fig. 7>과 같다. <Fig. 7>에서 보는 바와 같이 그래프는 직물의 늘어난 길이에 대한 힘으로 표현된다. 식서 방향에서 각도가 점점 커질수록 직물이 늘어나는데 드는 힘이 적어짐을 알 수 있다. 실험 영역에서 강신도 곡선은 선형적이었고, 40°이상에서는 각도에 따른 기울기의 변화가 둔화되는 경향을 보였다.

2. 곡률 반경

거들을 착용하면 원래 수평과 수직 방향으로 그려진 가이드 라인이 <Fig. 8>과 같이 변형된다. 변형된 원에서 지름의 길이가 가장 긴 장축과 가장 짧은 단

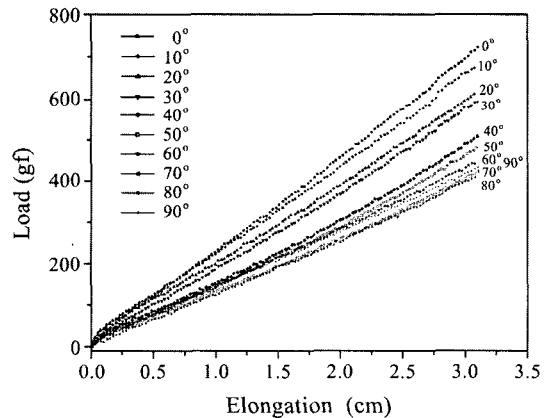


Fig. 7. Load elongation curve with various angles

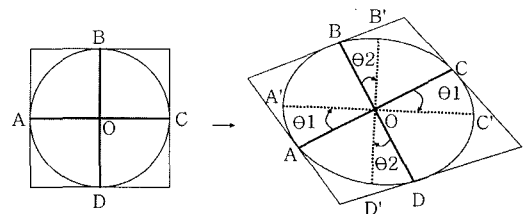


Fig. 8. Original and transformed curves and axis (before transformation axis are orthogonal in vertical and horizontal direction, however, after extension on the body surface, the major axis and minor axis of circle has been moved by θ_1 and θ_2 the original axis)

측을 찾아 주방향을 결정하였다.

장축과 단축으로 주방향을 정하고 이때의 곡률 반경은 각각 A'OC', B'OD' <Fig. 8>를 지나는 세 점으로 구하였다. 따라서 기존의 방법에 측정된 곡률 반경

(A, O, C를 지나는 곡률 반경-수평, B, O, D를 지나는 곡률 반경-수직)과 다른 결과이다. 이를 비교한 것은 <Table 2>에 제시하였다. 의복압 예측은 <Fig. 9>와 같이 가이드 라인인 원의 중심 10부위에서 이루어졌다.

Table 2. Comparison of the radius of curvature measured by the improved method of the study and previous method

Position	Radius of curvature (cm)			
	Improved method		Previous method	
	Major	Minor	Horizon	Vertical
1	11.30	10.50	20.04	46.27
2	14.00	13.40	19.05	33.40
3	12.90	12.10	14.62	17.91
4	11.50	11.50	13.34	30.24
5	15.03	11.00	17.81	36.32
6	12.00	9.50	15.40	40.20
7	10.83	12.00	11.87	50.00
8	11.60	10.04	11.89	24.40
9	9.80	8.20	21.49	11.21
10	10.50	10.10	11.00	40.00

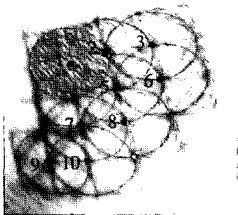


Fig. 9. Positions of clothing pressure estimation and measurement with the air pack type pressure sensor

3. 의복압 예측

우선 <식 7>의 분자에 해당하는 응력값을 구하기 위해 석고 모형에 착용시킨 거들이 장축과 단축으로 얼마나 늘어났는지 계산하였다. 또한 가이드 라인인 격자의 수평, 수직선이 장축, 단축과 얼마만큼의 각도 차이가 있는지도 측정하였다(<Fig. 8>에서 θ_1 과 θ_2 의 크기). 그 결과는 <Table 3>과 같다.

본 연구에서는 직물의 인장력을 10° 간격으로 측정 하였으므로 θ_1 과 θ_2 에 해당하는 각도에서 늘어난 길이에 대한 인장력을 구하기 위해 다음의 방법을 사용 하였다. 예를 들어 3° 변형되었을 때 늘어난 길이에 해당하는 인장력은 0°와 10°의 강신도 곡선 예측식을 구 하고 그 식들의 보간법으로 3°의 예측식을 구하였다.

늘어난 길이와 각도에 해당하는 인장력을 구하고 난 뒤 <식 7>의 분자에 값을 대입하기 위해서는 응력 값이 필요하므로 <식 8>을 이용하였다.

$$\text{Tensile stress} = \text{Load}(\text{gf}) / \text{Length}(\Delta x) \dots\dots (\text{식 } 8)$$

Δx : Test condition that measure fabric tensile property at jaw's length (5.1cm)

기존의 방법에 의해 늘어난 길이에 해당하는 인장력(수평, 수직)과 본 연구 방법에 의해 구해진 늘어난 길이에 해당하는 인장력(장축, 단축), 그리고 <식 8>을 이용해 얻어진 각각의 응력은 <Table 4>와 같다.

Table 3. Change of the angle and length in major and minor axis

Position	Change of the angle in major axis (θ_1)	Change of the angle in major axis (θ_2)	Increased length in major axis	Increased length in minor axis
1	12°	17°	1.64cm	0.76cm
2	13°	28°	1.70cm	0.55cm
3	14°	25°	1.58cm	0.40cm
4	9°	15°	1.60cm	0.33cm
5	14°	14°	1.66cm	0.52cm
6	6°	9°	1.76cm	0.56cm
7	5°	17°	1.70cm	0.32cm
8	1°	11°	1.73cm	0.53cm
9	14°	10°	1.50cm	0.50cm
10	9°	3°	1.80cm	0.83cm

Table 4. Comparison of load and tensile stress measured by the improved method of this study and previous method

Position	Load (gf)				Tensile stress (gf/cm)			
	Improved method		Existing method		Improved method		Previous method	
	Major	Minor	Horizon	Vertical	Major	Minor	Horizon	Vertical
1	320.00	160.00	378.74	177.80	62.75	31.37	74.26	34.86
2	340.00	130.00	392.44	129.85	66.67	25.49	76.95	25.46
3	330.00	120.00	365.04	95.60	64.71	23.53	71.58	18.75
4	320.00	70.00	369.60	79.62	62.75	13.73	72.47	15.61
5	340.00	110.00	383.30	123.00	66.67	21.57	75.16	24.12
6	370.00	90.00	406.14	132.14	72.55	17.65	79.63	25.91
7	350.00	90.00	392.44	77.34	68.63	17.65	76.95	15.16
8	370.00	120.00	399.29	125.29	72.55	23.53	78.29	24.57
9	330.00	110.00	346.77	118.44	64.71	21.57	67.99	23.22
10	360.00	180.00	415.27	193.79	70.59	35.29	81.43	38.00

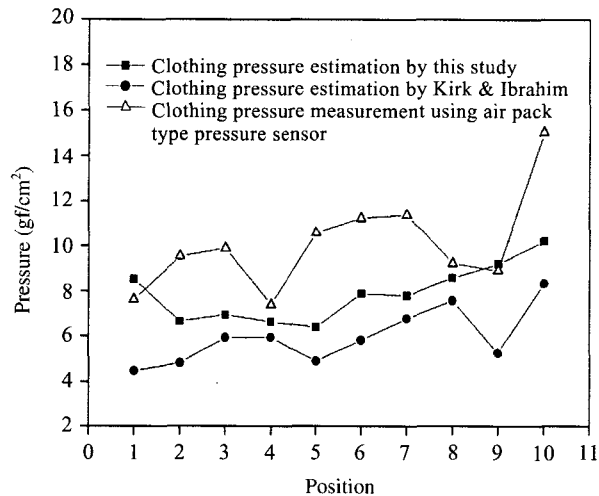
Table 5. Estimation of clothing pressure and measured clothing pressure at 10 positions

Position	Estimated pressure	Measured pressure
1	8.54 gf/cm ²	7.64 gf/cm ²
2	6.66 gf/cm ²	9.56 gf/cm ²
3	6.96 gf/cm ²	9.91 gf/cm ²
4	6.65 gf/cm ²	7.41 gf/cm ²
5	6.40 gf/cm ²	10.58 gf/cm ²
6	7.90 gf/cm ²	11.24 gf/cm ²
7	7.81 gf/cm ²	11.39 gf/cm ²
8	8.60 gf/cm ²	9.26 gf/cm ²
9	9.23 gf/cm ²	8.93 gf/cm ²
10	10.22 gf/cm ²	15.08 gf/cm ²

따라서 <Table 4>의 분자에 해당하는 응력값과 <Table 2>의 분모에 해당하는 곡률 반경값으로 10부위 <Fig. 9>에서 의복압을 예측하였고 그 결과는 <Table 5>와 같다.

4. 의복압 예측식의 검증

기존의 압력식으로 구한 것과 본 연구에서 개선한 방법으로 예측한 압력 값과 측정값을 비교하면 <Fig. 10>과 같다. <Fig. 10>에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안한 방법으로 압력을 예측하면 기존의 방법에 비해 측정값에 가까워진 것을 알 수 있다.

**Fig. 10. Clothing pressure by the improved method of this study, previous method, and the air pack type pressure sensor**

기존 방법에 의한 압력값과 측정 압력값의 차이가 2, 5, 6, 9, 10부위에서 크게 발생하였다. 주방향을 고려하지 않고 측정된 곡률 반경은 압력 예측에 오차를 발생시키며 인체와 같이 복잡한 복곡면일 경우 곡면 형태를 표현하는 곡률의 정보가 중요한 요인임을 알 수 있다. 이것은 주방향을 찾아 주응력값과 주곡률값을 고려해야만 정확한 의복의 변형으로부터 좀더 정확한 압력을 예측할 수 있음을 3차원 영상에서 관찰한 결과이다.

V. 결 론

본 연구에서는 복잡한 복곡면을 가지는 인체 모형에서 의복 착용시의 변형을 3D 스캐너로 측정하고 이를 이용하여 의복압을 예측하였다. 본 실험 방법은 기존 예측식을 개선하여 주방향의 응력값과 곡률 반경을 이용해 압력 예측에 사용하였다. 의복은 주응력의 방향에 따라 같은 응력에 대해 다른 변형률을 가지므로 방향에 따른 직물의 응력-변형률 관계를 고려해야 하며 또한 형상의 기하학적인 특성을 표현하는 곡률 반경의 정보가 정확해야만 보다 측정 압력값에 가까운 의복압을 예측할 수 있었다.

Kirk and Ibrahim(1966)의 의복압 예측식은 구의 표면에 작용하는 압력식에서 출발한 것이다. 이것은 두께를 고려하지 않은 얇은 막의 예측식으로 직물의

두께가 두꺼워질 경우에 대한 고려가 배제되어 있다. 또한 이 식을 이용한 의복압 예측방법은 인체와 같이 부위별로 점탄성적 특성이 다른 경우 보정이 필요하다. 그러므로 향후에는 직물의 두께와 인체의 점탄성적인 특성을 고려하여 좀 더 정확하게 압력을 예측할 수 있도록 연구하고자 한다.

참고문헌

- 이현영, 홍경희. (2002). 중년 여성의 3차원 유방 형상 분석을 위한 방법론 연구. *한국의류학회지*, 26, 703-714.
- Gere, J. M. (2001). *재료역학*. 이종원, 김문생, 조효남 옮김 (2004). 서울: 교보문고.
- Hasegawa, M., & Ishikawa, K. (1986). Studies on garment compression -An estimation of garment compression by the dome method-. *SEN-I GAKKAISHI*, 42(8), 475-484
- Kawabata, H., Tanaka, Y., & Sakai, T. (1987). Measurement of garment pressure (part1) -pressure estimation from local strain of fabric-. *SEN-I GAKKAISHI*, 44(3), 142-148
- Kirk, W., & Ibrahim, S. M. (1966). Fundamental relationship of fabric extensibility to anthropometric requirements and garment performance. *Journal Textile Research*, 36, 37-47.
- Nishimatsu, T., Ohmura, K., Sekiguchi., & Toba, E. (1998). Comfort pressure evaluation of men's socks using optical fiber. *Journal Textile Research*, 68, 435-440.
- Yoshimura, H., & Ishikawa, K. (1983). Some measurements of garment compression on the body. *SEN-I GAKKAISHI*, 39(12), 525-531.