

좌석의 인간공학적 설계를 위한 인체 등부위 형상 정보 취득에 관한 연구

이근부* · 오세호*

*청주대학교 산업공학과

On Anthropometrical Data Acquisition of Human Back Surface for Ergonomic Seat Design

Keun Boo Lee* · Se Ho Oh*

*Dept. of Industrial Engineering, Cheongju University

Abstract

The objective of this study is to develop 3D anthropometrical data acquisition method of human back surface and to recognise and extract its morphological characteristics.

This technique is very useful in describing the sitter's back contour and the interaction between the sitter's back and the seat. The back surfaces of subjects in sitting posture are measured by using martine-type anthropometer and sliding gauge. These basic anthropometrical data are reconstructed into 3D image.

Keywords : anthropometrical, morphological, back contour

1. 서론

의자가 인간의 생활 도구로 자리를 잡게 되면서 의자 제작자들은 안락하고 편리한 의자를 설계하려고 했을 것이다. 고대 로마 석조 조각 구조물¹⁰⁾, 15C 로코코 양식과 17C 영국의 게인즈버러의 의자 등은 인류의 역사 속에서 찾아볼 수 있는 이러한 노력들의 흔적이다. 오래전부터 의자의 편의성에 대해서 인식은 하고 있었지만 사용자의 신체적 특성을 고려한 설계는 인간공학적 접근 방법들이 개발되고 나서야 가능하게 되었다. 착좌 작업 시 작업자가 취하게 되는 척추전만경사 각도나 작업 능률에 영향을 주는 중요한 요소들 중의 하나이다. 척추의 형상을 유지시키는 것 또한 작업자의 편안함을 느끼는데 많은 영향을 준다.

기립시 요부 척추는 전방으로 전만되고 흉부 척추는 후만되는데 착좌시에는 골반이 회전하여 요부 전만이 후만으로 바뀌기 쉽다⁴⁾. 등받이의 설계가 잘못되면 척추 후만 현상은 심화되는데, 이때 동체의 하중이 하부

요추에 그대로 전달되면서 척추 연골 조직이나 신경근에 압력을 가중시켜 허리 통증이 발생한다.

Birgit(1996)은 관찰 대상자들의 62% ~ 67%가 착좌 작업시 요추가 등받이에 의해 충분히 지지되지 못한다고 느끼고 있다고 보고하였다. 그럼에도 불구하고 Stephan et al(1996)의 연구에 의하면 업무수행능력의 저하가 상당 부분 불편한 의자로 인한 것이라는 점을 자각하지 못하는 것으로 나타났다. 이렇듯 사용자들은 편의성에 대한 이해 부족으로 허리 부위의 불편함에 오랫동안 노출되어 상지와 허리부위 근골격계 질환들을 얻게 된다.

따라서 결국 의자의 편의성을 제고하기 위한 정량적이고 인간공학적 접근은 인체의 형상 정보의 획득과 활용에서 출발한다고 볼 수 있다. 박세진(2007)은 KTX의 시트를 설계하는데 인체 치수 정보와 인체 형상 측정 자료를 활용하였는데 소비자들의 편의성에 대한 욕구에 부응하고 제품의 경쟁력을 높이기 위한 산업체의 노력들의 한 사례이다. 홍승우와 박성준과 정의승(2006)은

† 교신저자: 이근부, 충북 청주시 청주대학교 이공대학 산업공학과

M · P: 010-9342-8239 E-mail: keunboolee@cju.ac.kr

2009년 10월 20일접수; 2009년 12월 4일 수정본 접수; 2009년 12월 10일 게재확정

한국인 운전자의 3차원 인체 형상 자료를 분석하여 자동차 시트 설계에 적합한 표준 운전자 형상 자료를 얻었다. Ferrino et al(1996)은 등표면의 3차원 인체측정 자료를 얻기 위해 사진측량법을 응용하였으며 이들 자료로부터 형태학적인 특성들을 추출하여 인체와 좌석 간의 상호작용을 파악하고자 했다.

그러나 착좌 상태의 등부위의 형상 정보 자료를 취득하고 형태학적인 특성들을 찾아내기 위한 재현 방법들이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 좌석 설계에 필요한 형상 정보들을 취득하고 이들 간의 기하학적 추론을 통해 등표면의 형태학적인 특성들을 인지하고 추출할 수 있는 방안에 대해 모색하고자 한다. 실측을 위해 martine-type anthropometer를 사용하였으며 등 부위 형상 정보는 sliding gauge 통하여 취득하였다. 피실험자로부터 얻어진 측정치들은 그물망 모형으로 3차원적으로 재현된다.

2. 연구방법

2.1 측정대상

본 연구에서는 착좌시의 등 부위의 형상자료를 얻기 위해 대학생 15명을 선발하여 측정하였다. 이들은 23에서 28세의 남자 대학생들로서 측정 대상 전원이 정상적인 신체를 지녔으며 외형상 특기할 만한 이상은 발견되지 않았다.

2.2 측정장비

2.2.1 martin-type anthropometer

피실험자들의 인체를 측정하는 데는 일본 측정 기기 공업사에서 제조한 측정기가 사용되었다. 본 측정기는 1세트가 7종류의 계측기들로 구성되어 있고 이중 신장계, 간상계, 측각계 그리고 활동계등이 실측에 사용되었다.

2.2.2 KYS식 Sliding Gauge

인체 등 부위의 형상자료들을 획득하기 위해 사용된 측정기 역시 일본 측정 기기 공업사의 제품으로 삼각식 표준형(80cm용)을 사용 하였다.

2.3 측정절차

착좌 작업시 발생하는 하요부 장애는 척추 전만상실(loss of lordotic curvature)과 이에 따른 척추디스크에서의 압력증가에 기인한다.

하요부에 전달되는 하중을 경감시키는 데에는 등반이의 역할이 매우 중요하며 설계시 고려해야할 요소들 중의 하나가 기울기의 각도이다.³⁾

실제 측정시에는 대상자로 하여금 <그림 2.1>과 같은 편안한 요부 전만(lumber lordosis) 자세가 되도록 유도 한 후 계측하였다.

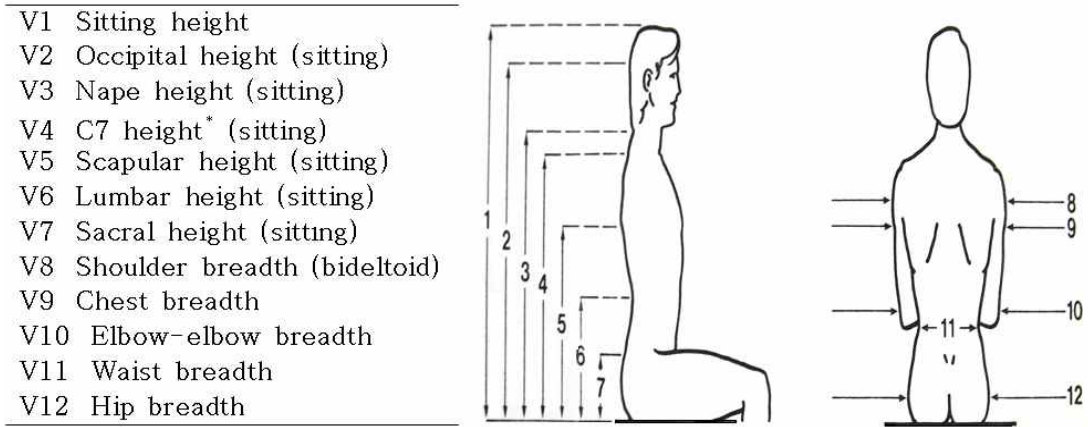


<그림 2.1> 착좌 자세의 척추 모양



<그림 2.2> sliding gauge

<표 2.1> 계측부위별 변수¹³⁾



* : 손으로 확인 가능한 7번째 경추 높이

<표 2.2> 변수별 인체 측정치

(cm)

| 번호 | 나이 | 키 | 몸무게 (kg) | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | V12 |
|-----------------------|------|-------|----------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| NO.1 | 26 | 163 | 56 | 87.4 | 77.5 | 68.2 | 65.8 | 45.9 | 24.9 | 12.5 | 46.8 | 32.2 | 37.8 | 22.8 | 30.9 |
| NO.2 | 26 | 176 | 90 | 94.8 | 82.7 | 71.5 | 67.2 | 48.7 | 27.1 | 15.3 | 47.2 | 36.0 | 51.0 | 32.3 | 37.5 |
| NO.3 | 26 | 169 | 65 | 91.0 | 80.5 | 69.4 | 65.9 | 48.4 | 25.7 | 13.0 | 44.4 | 34.2 | 40.5 | 25.3 | 31.2 |
| NO.4 | 23 | 173 | 70 | 92.6 | 82.3 | 74.7 | 66.5 | 49.2 | 26.9 | 14.4 | 47.3 | 36.0 | 43.1 | 26.0 | 32.7 |
| NO.5 | 26 | 173 | 74 | 92.3 | 82.5 | 73.7 | 66.7 | 48.8 | 26.6 | 14.3 | 46.5 | 36.0 | 46.8 | 25.9 | 34.0 |
| NO.6 | 25 | 170 | 61 | 90.0 | 79.1 | 70.6 | 64.5 | 46.7 | 25.7 | 13.5 | 44.1 | 34.0 | 37.5 | 24.3 | 30.0 |
| NO.7 | 25 | 173 | 65 | 92.5 | 82.4 | 73.5 | 66.4 | 48.7 | 26.5 | 14.5 | 46.2 | 35.9 | 42.9 | 24.6 | 33.1 |
| NO.8 | 25 | 165 | 55 | 88.9 | 78.2 | 69.3 | 65.0 | 46.2 | 25.2 | 12.9 | 43.0 | 36.5 | 40.1 | 24.9 | 32.5 |
| NO.9 | 28 | 172 | 74 | 91.4 | 82.0 | 71.5 | 64.2 | 48.6 | 26.3 | 14.1 | 42.5 | 37.0 | 48.5 | 27.5 | 34.2 |
| NO.10 | 23 | 165 | 65 | 89.0 | 78.0 | 68.7 | 65.2 | 46.5 | 25.6 | 13.0 | 46.5 | 36.0 | 46.5 | 25.9 | 33.6 |
| NO.11 | 25 | 172 | 55 | 84.6 | 76.2 | 65.5 | 61.5 | 42.9 | 22.4 | 14.7 | 46.7 | 36.9 | 47.3 | 27.5 | 36.2 |
| NO.12 | 26 | 168 | 63 | 90.9 | 81.0 | 68.0 | 63.4 | 43.0 | 23.2 | 15.0 | 46.5 | 37.3 | 40.8 | 25.3 | 32.1 |
| NO.13 | 24 | 167 | 83 | 90.3 | 80.2 | 67.6 | 63.3 | 42.8 | 23.0 | 14.9 | 48.4 | 38.5 | 48.1 | 32.2 | 35.4 |
| NO.14 | 26 | 175 | 82 | 94.6 | 82.5 | 70.8 | 67.0 | 46.1 | 26.5 | 15.1 | 46.8 | 35.9 | 50.7 | 31.1 | 36.3 |
| NO.15 | 24 | 171 | 63 | 91.7 | 81.5 | 70.3 | 63.4 | 48.2 | 27.7 | 14.3 | 45.4 | 37.3 | 47.2 | 26.9 | 35.2 |
| \bar{x} | 25.2 | 170.1 | 68.1 | 90.8 | 80.4 | 70.2 | 65.1 | 46.7 | 25.6 | 14.1 | 45.9 | 36.0 | 44.6 | 26.8 | 33.7 |
| S.D | 1.3 | 3.7 | 10.3 | 2.6 | 2.1 | 2.432 | 1.6 | 2.191 | 1.5 | 0.9 | 1.6 | 1.5 | 4.3 | 2.8 | 2.1 |
| 99 th %ile | 28.2 | 179.1 | 95.3 | 96.8 | 85.3 | 76.3 | 68.9 | 52.2 | 28.9 | 16.3 | 49.9 | 40.1 | 54.7 | 34.5 | 39.6 |
| 95 th %ile | 27.3 | 176.4 | 87.6 | 95.0 | 83.9 | 74.5 | 67.8 | 50.6 | 27.9 | 15.6 | 48.7 | 38.7 | 51.4 | 32.3 | 37.7 |
| 50 th %ile | 25.3 | 170.1 | 68.1 | 90.8 | 80.4 | 70.2 | 65.1 | 46.7 | 25.6 | 14.1 | 45.9 | 36.0 | 44.6 | 26.8 | 33.7 |
| 5 th %ile | 23.1 | 164 | 51.1 | 86.6 | 77.0 | 66.2 | 62.4 | 43.1 | 23.0 | 12.7 | 43.2 | 33.5 | 37.5 | 22.3 | 30.2 |

2.3.1 인체측정

martin-type anthropometer를 사용하여 측정 대상으로 하여금 <그림 2.2>와 같이 착좌 자세를 취하도록 한 후 <표 2.1>의 인체 계측 부위별 변수⁷⁾에 대한 계측을 시행하고 그 결과를 <표 2.2>로 나타냈다.

측정시의 착좌 자세란 한국 산업규격(KSA 7003, 7004)에 정의된 인체 측정 용어 및 측정 방법에 따라 허리를 자연스럽게 펴고 앉아 무릎을 붙인 상태에서 의자의 높이를 조절하여 넓적다리(아랫다리)가 90° 정도 되도록 하고 발바닥이 바닥에 닿도록 한 다음, 머리를 바로하고 눈은 정면을 주시 하도록 하는 자세를 뜻한다.^{6,7)}

2.3.2 sliding gauge 측정

인체 등부위 형상자료들을 획득하기 위한은 다음과 같다.

- 1) 측정 대상자가 올바른 착좌 자세가 되도록 유도한다.
- 2) 수계봉의 방향을 조절하여 측정 대상자의 측정부위가 gauge 본체와 직각으로 유지 되도록 고정한다.
- 3) 기록용지 (mm단위의 모눈 종이)를 취급부와 가동부 사이에 위치하도록 한 후 기준점 위치를 설정한다.
- 4) 가동봉을 측정대상자의 측정부위에 접촉 시켜 밀착 시킨 후 고정구로 고정시킨다.
- 5) 기록 대상의 가동봉에 scale을 부착 시킨 후 slide pen으로 형상 곡선을 긋는다.

이로써 측정 대상자들의 인체등부위 측정점에서의 횡단면도가 완성된다.

횡단면도는 척추 중앙을 X축의 0점으로 잡고 좌우로 1cm씩 25단계로 나누고 Y축 방향으로 2cm씩 간격으로 나누어 등부위 형상 곡선의 좌표점들을 설정한 후 측정하였다. 측정 대상자마다 1350개 점들의 측정자료들을 구하였다.

3. 연구 결과

본 연구에서 선정된 12종류의 변수들을 측정하여 얻어진 자료들을 외국인들의 측정자료와 비교 검토 하였으며 95th, 99th %ile에 해당하는 자료들을 인체등부위에 대한 등고선(contour) 및 그물망모형(mesh model)으로 재현 하였다.

3.1 인체등부위 측정 변수들의 통계량분석결과

인체등부위 측정 변수 12개 항목에 대한 표준편차(S.D)와 5th %ile, 50th %ile, 95th %ile 등의 통계량은 <표 3.1>과 <표 3.2>와 같다.

<표 3.1> 외국인 성인 남성등부위 인체측정치 통계량 (mm)

| 통계량 변수 | 5 th %ile | 50 th %ile | 95 th %ile | SD |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| V1 | 850 | 910 | 965 | 36 |
| V2 | 765 | 830 | 900 | 38 |
| V3 | 660 | 725 | 785 | 38 |
| V4 | 605 | 660 | 710 | 33 |
| V5 | 405 | 445 | 480 | 22 |
| V6 | 195 | 240 | 285 | 26 |
| V7 | 125 | 165 | 200 | 23 |
| V8 | 420 | 465 | 510 | 28 |
| V9 | 275 | 310 | 345 | 21 |
| V10 | 370 | 450 | 530 | 49 |
| V11 | 250 | 290 | 330 | 24 |
| V12 | 310 | 360 | 405 | 29 |

<표 3.2> 한국인 남자 대학생 등부위 인체측정치 통계량 (mm)

| 통계량 변수 | 5 th %ile | 50 th %ile | 95 th %ile | SD |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| V1 | 866 | 908 | 950 | 26 |
| V2 | 770 | 804 | 839 | 21 |
| V3 | 662 | 702 | 745 | 24 |
| V4 | 624 | 651 | 678 | 16 |
| V5 | 431 | 467 | 506 | 22 |
| V6 | 230 | 256 | 279 | 15 |
| V7 | 127 | 141 | 156 | 9 |
| V8 | 432 | 459 | 487 | 16 |
| V9 | 335 | 360 | 387 | 15 |
| V10 | 374 | 446 | 514 | 43 |
| V11 | 223 | 268 | 323 | 28 |
| V12 | 302 | 337 | 377 | 21 |

등부위 인체 측정치에 대한 외국인 남성군과 한국 남자 대학생군의 백분위수(%ile)통계량들을 비교 검토한 결과 길이변수인 V1~V7 중 V5(scapular height)와 V6(lumbar height)의 측정치는 한국 남자대학생에서 크게 나타난 반면 V7(sacral height) 측정치는 현저히 낮게 관측되었고 너비 변수인 V8~V12 중 V9(chest breath)를 제외한 나머지 변수들은 외국인 남성군의 측정치들이 크게 나타났다.

한편, <표 3.3>은 한국 성인(25세~39세)과 몇몇 다른 나라들의 성인(19세~45세)의 키(stature)와 앉은키(sitting height)에 대한 백분위수 분석표인데, 키와 앉은키 모두 한국 성인이 동양권역에서는 가장 크고 앉은키 경우는 한국 성인이 비교군 중에서 가장 크게 측정되었다. 따라서 우리나라 성인의 하지 길이가 상대적

<표 3.3> 각국 성인남성의 인체 측정치 비교 (mm)

| 국 가 | %ile | 5 th %ile | 50 th %ile | 95 th %ile |
|------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | dimension | | | |
| 미국 12) | 키 | 1618 | 1736 | 1844 |
| | 앞은키 | 842 | 906 | 967 |
| 영국 12) | 키 | 1635 | 1745 | 1860 |
| | 앞은키 | 855 | 915 | 970 |
| 스웨 덴 ¹²⁾ | 키 | 1630 | 1740 | 1850 |
| | 앞은키 | 830 | 900 | 970 |
| 인도 12) | 키 | 1535 | 1640 | 1745 |
| | 앞은키 | 795 | 850 | 905 |
| 중국 12) | 키 | 1585 | 1680 | 1775 |
| | 앞은키 | 845 | 900 | 955 |
| 일본 12) | 키 | 1560 | 1655 | 1750 |
| | 앞은키 | 850 | 900 | 950 |
| 한국 5) | 키 | 1619 | 1715 | 1803 |
| | 앞은키 | 874 | 923 | 976 |

으로 짧은 것으로 판단된다. 이 결과는 홍승우⁸⁾(2006)의 연구와 동일하다.

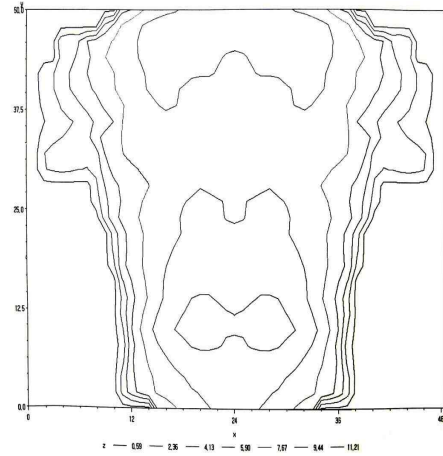
3.2 등고선(contour) graph

Minitab¹¹⁾의 등고선 플롯(plote) 기법을 사용하여 50th ile, 95th ile에 해당하는 측정 대상자의 등부위 인체 형상을 <그림 3.1>, <그림 3.2>과 같이 등고선 graph로 작성하였다. 재현된 등고선 위치는 실제 계측부위별 변수 V4~V7의 측정점 높낮이와 거의 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

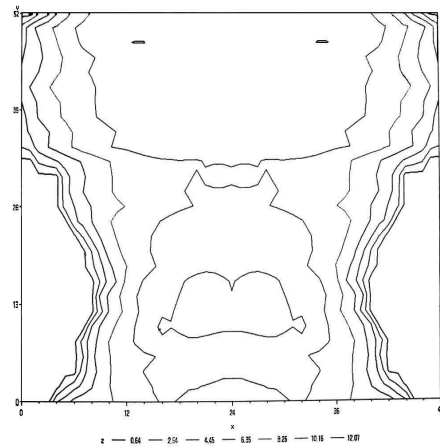
3.3 와이어 프레임(wire framegraph)

측정 대상자들로부터 취득한 인체 형상자료를 Minitab의 3D 표면플롯(plot)기법으로 재현해 보았다.

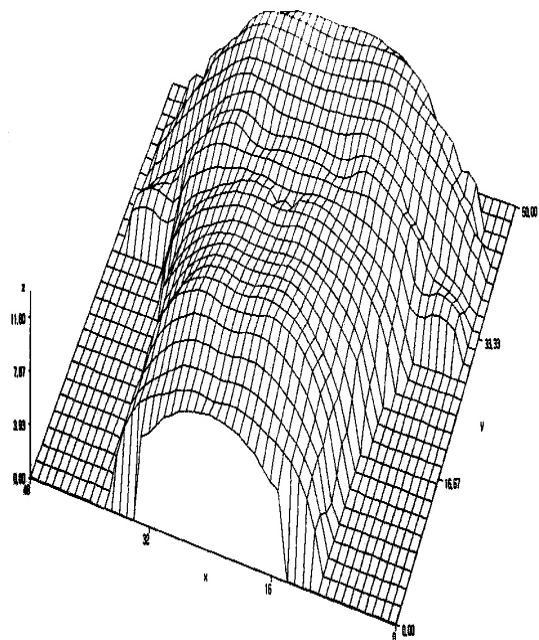
50th ile, 95th ile에 해당하는 측정 대상자들의 등부위를 <그림 3.3>과 <그림 3.4>와 같이 와이어 프레임 그래프로 작성하였다. 재현된 그물망 모형은 실제와 일치하는 양상을 보였다.



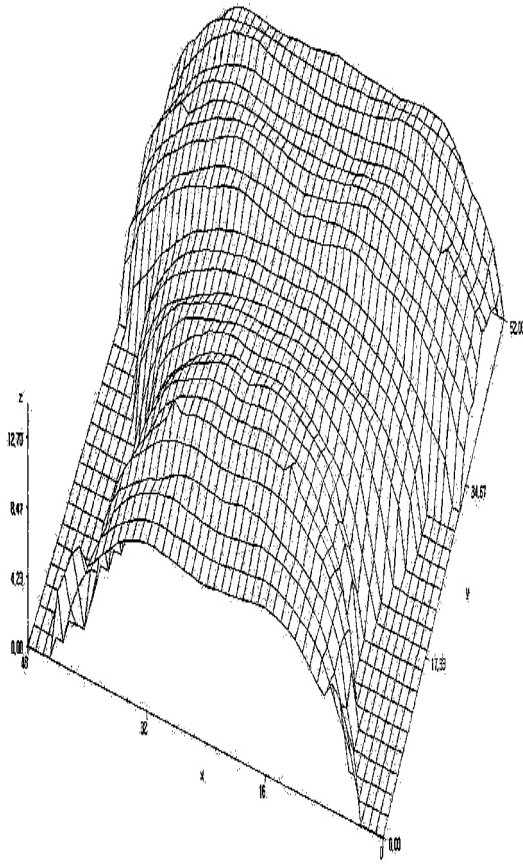
<그림 3.1> 등부위 등고선(50th ile)



<그림 3.2> 등부위 등고선(95th ile)



<그림 3.3> 그물망 모형(50th ile)



<그림 3.4> 그물망 모형(95thile)

4. 결론 및 토의

의자나 좌석의 부적절한 설계는 착좌시 자세의 불안정과 불편함을 야기하며 심하면 요통이나 근골격 질환들을 유발시킴으로써 생산성 저하로 이어진다. 이러한 생산성 저하의 원인을 차단하기 위해 안락한 좌석 설계에 대한 체계적인 연구와 노력들이 진행되고 있지만 착좌시의 등 표면 형상에 관한 연구는 많지 않은 편이다.

본 연구에서는 착좌 작업시 사용자들의 인체 등부위 형상 정보들을 취득하고 3차원적 이미지로 재현함으로써 등표면의 형태학적인 특성들을 인식하고 기학학적인 추론을 가능하게 하는 방법을 모색해 보았다.

martine-type 측정기를 사용하여 앉은키(sitting height)를 중심으로 한 등부위 12개소를 측정하였으며 등부위 형상자료는 sliding gauge로 취득하였다. 취득된 형상정보를 바탕으로 등고선 그래프를 작성하여 등부위 주요 측정점(V4~V7)의 높이와 함께 경사도를 정확히 알아낼 수 있었으며, 또한 와이어 프레임 그래프 기법을 이용한 3차원 그물망모형(mesh model)의 작성

을 통해 측정 대상자들의 등 부위 인체 형상을 실제적으로 재현 할 수 있었다.

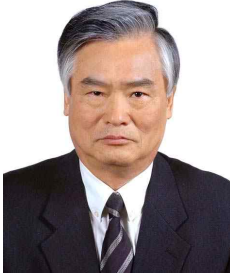
앞으로 사진 촬영과 image processing 기법 등을 활용하여 측정 자료들을 자동으로 재현하고 형태 계측 특성들을 추출하는 방법들에 대한 연구가 필요하다고 본다. 그리고 기본적인 형태학적인 자료 등을 토대로 능선, 협곡과 같은 특징점들 간에 감추어진 등 표면의 특성을 추출해내는 방안을 모색해 보아야 할 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] 박세진. "KTX II Seat의 인간공학적설계" 한국 표준과학 연구원17(2007) 1~8
- [2] 박희석, 공태식. "사무작업의 인간공학적 평가를 위한 자가 기입 체크리스트의 타당성 검토" 대한 인간공학학회지 제25권 2호(2006) 77~84
- [3] 이재식역. "인간공학" 시그마프레스 (2001) 400~402
- [4] 조영일역. "인간공학" 대영사(1996) 410
- [5] 표준과학연구원. "산업제품의 표준치설정을 위한 국민 표준체위 조사 보고서" (1997) 123~130
- [6] 한국공업표준협회. "한국산업규격 KSA7003 인체측정용어" 1989
- [7] 한국공업표준협회. "한국산업규격 KSA7004 인체측정방법" 1989
- [8] 홍승우, 박성준, 정의승. "자동차 설계를 위한 한국인 3차원 표준 형상의 선정" 대한 인간공학회지, 제25권 2호(2006) 85~93
- [9] Birgit seidel-fabian. "Selection and use of ergonomically designed features of office furniture" Advance in occupational ergonomics and safety I.2(1996) 815~819
- [10] E.N Corlett. "Are you sitting comfortably?" International Journal of Industrial Ergonomics. 24(1999) 7~12
- [11] M Femio, MDe Martino, S Dequal, B Falcidieno, EFubini, MMesali, FRinaudo. "Human back surface analysis by digital photogrammetry and geometric reasoning for ergonomic design" Advances in occupational ergonomics and safety I. 2(1996) 826~831
- [12] Minitab (Release 14.12.1), Minitab Inc.,(2004)
- [13] Stephen J.Fitzgerald, Krystina M Kult. "The optimum time to evaluate the confort rating of seats" Advances in occupational ergonomics and safety I. 2(1996) 820~825
- [14] Stephen Pheasant. "Bodyspace anthropometry, ergonomics and design" Taylor & Francis Inc(1990)123~124

저 자 소 개

이 근 부



한양대학교 토목공학과에서 공학사. 건국대 산업공학과 동아대학교에서 공학석사 및 박사 학위 취득. 현 청주대학교 산업공학과 정교수.

관심분야는 Antropometry, safety engineering의 응용 및 Aging 등이다.

주소: 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지 청주대학교 이공대학 산업공학과 07-429호

오 세 호



서울대학교 산업공학과에서 학사, 서울대 대학원에서 석사, 박사 학위를 받았다. 현재 청주대학교 산업공학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 수리계획, 일정 계획 등이다.

주소: 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지 청주대학교 이공대학 산업공학과 07-431호