

발측정을 위한 인체 족형 의사결정시스템 개발

김 시경*, 황 인극**, 김 진호**, 김 용진***

<Abstract>

족형 설계를 위한 발 치수의 측정과 관련된 국내 연구는 매우 부진한 형편이다. 발과 관련된 치수의 자료로는 1992년 공업진흥청(현 중소기업청)에서 실시한 국민인체 측정 조사 연구 (공업진흥청, 1992)와 1997년 국민체위조사를 바탕으로 국민 치수 표준화 연구(기술표준원, 1999) 등 극히 미미한 실정이다. 그리고 측정된 데이터는 주로 마틴식기기를 사용하여 측정함으로써 측정시 생길 수 있는 여러 오차, 즉 측정오차, 입력오차 등을 내재하고 있는 실정이다. 이 논문에서는 측정시 생길 수 있는 오차를 최소화하면서 반복성과 재현성이 뛰어난 3D 측정기기를 선정, 사용하여 일반적인 신발제작자들이 필요로 하는 그리고 일반 논문에서 제시한 신발 제작시 요구되는 발 치수에 관련된 데이터를 얻기 위한 의사결정지원시스템을 전개하였다.

1. 서론

발모형과 발 치수의 측정과 관련된 국내 연구는 매우 드문 형편이다. 발치수에 관한 대표적인 자료로는 1997년 기술표준원과 1992년에 공업진흥청(현 중소기업청)에서 실시한 국민인체 측정 조사 연구와(공업진흥청, 1992), 1985년 한국과학기술원의 인체(발) 계측 및 운동화(Jogging shoes)의 급형 설계기준 설정에 관한 연구가 있다. 기술표준원은 1979년 제1차 국민 체위를 조사한 이후 5년에서 7년을 주기로 일반 공산품의 표준 규격을 제정하고 국민 일상 생활의 편의를 제공하기 위하여 1997년까지 총 4회에 걸쳐 인체 측정을 실시하였다. 1997년에 실시된 체위조사에서는 0세부터 70세까지의 전국민을 모집단으로 통계적인 방법에 의해 표본을 선정, 총 13,062명을 대상으로 120개 부위에 대한 인체측정을 실시하였다. 그러나 신발에 대한 발과 관련된 측정은 10개 부위에 불과한 실정으로, 외국의 연구 활동에 비해 양적·질적 측면에서 상당히 부진하다 할 수 있다. 한국과학기술원의 연구는 공진청에 비해 폭넓게 이루어져 17개의 발 부위를 측정하였다. 그러나 측정의 정확성과 신뢰성을 확보하는 데 있어 필수적인 측정 protocol의 미비와 더불어 측정이 14년 전에 이루어져 측정치가 현재의 청장년 층을 대표할 수 없다는 문제점을 내포하고 있다. 그러나 신발 제작을 위한 발 치수 측정 연구로는 우리나라 최초라는 점에서 의미가 있으며 본 연구의 주요 참고 자료로 활용되었다.

* 공주대학교 정보통신공학부 전기전공

** 공주대학교 산업시스템공학과

*** 공주대학교 기계공학과부

2. 문헌조사 및 목적

외국의 경우 군인 및 일반인을 대상으로 발의 치수 측정과 관련된 연구 수행은 활발한 실정이다 (Martin & Saller, 1957: Montagu, 1960: Stone & Jones 1968: Baba, 1975, Rossi, 1983: Webb Associates, 1978). Dahlberg et al. (1948)은 8232명의 남성 군인을 대상으로 발의 길이와 관련된 측정이 2개 부위, 발의 너비 5개 부위, 발의 둘레 및 거스 11개 부위 등 총 18개 부위를 측정하였다. Armed Research Medical Laboratory에서는 미 육군에 소속된 군인 중 6,278명의 백인과 1,281명의 흑인을 대상으로 발 높이 6개 부위, 발 길이 7개 부위, 발 둘레 4개 부위, 발 너비 5개 부위를 포함한 총 27개 부위에 대한 치수를 측정하고 그 결과에 대한 발의 형태학적(foot morphology)인 분석을 시도하였다(Freedman et al, 1946). 또한 White(1982)는 12개 부위에 대한 1942에서 1977년까지 발표된 26개 집단 12개 부위에 대한 측정 결과를 치수적, 형태학적 측면에서 비교 분석하였다. 가장 최근에 수행된 연구로서 Hatues et al (1994)는 1197명의 캐나다 민간인 남성을 대상으로 22개 부위에 대해 치수를 측정, 이들에 대한 발의 족형을 제시하고, 다른 집단과의 비교 분석을 수행하였다.

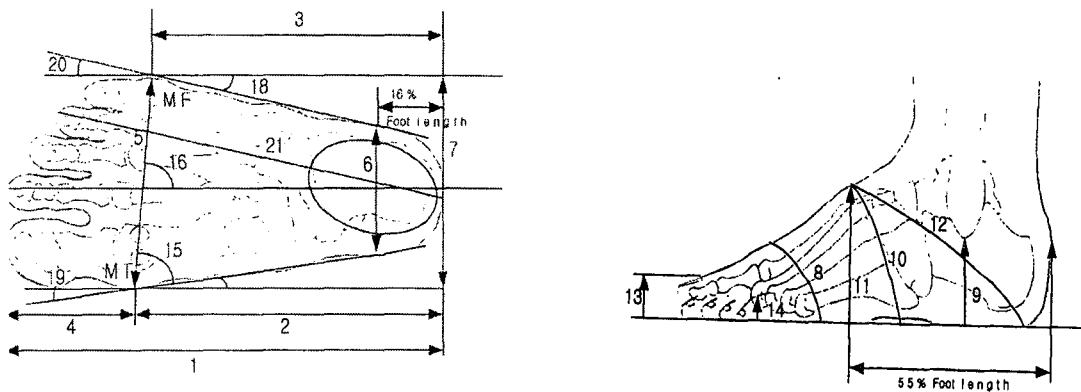
전술한 바와 같은 발에 대한 실측에 관한 연구뿐만 아니라 측정 오차를 최소화하기 위한 다양한 측정 기법에 관한 연구 또한 활발하게 진행되어 왔다(Robinson et al, 1984: Roebuck et al, 1975: Roebuck, 1993). 인체 측정 기술은 방법이 보다 더욱 과학적으로 연구되기 시작하여 마틴식 측정기기(Martin Type Anthropometer)를 이용하는 직접 측정 방법(direct measurement method) 뿐만 아니라 사진 및 컴퓨터를 이용한 영상처리방법 레이저 등을 이용하는 간접 측정 방법(indirect measurement method) 등이 개발되어 활용되고 있다(Kroemer et al. 1994). 직접 측정기기에 의한 인체 측정은 비용이 적게 들며, 도구가 간단하여 이동 측정이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 기록자에 의한 기록 오차(inter-observer error)가 발생하기가 쉬워 측정자의 분포가 편중될 가능성이 있다. 따라서 이러한 오차를 줄이기 위한 측정 자들간의 실측 훈련이 대단히 중요하다. 이에 반해 간접 측정 방법은 최근 첨단 장치들을 부착한 장비의 개발로 측정의 정확도를 향상시킨다는 장점이 있지만, 이들 대부분의 장비들은 이동하기가 불편하며 대체로 고가의 장비이면서, 소비자가 원하는 발부위 치수에 대해 탄력적으로 운영될 수 없다는 단점이 있다. 예를 들면, 뉴욕, 시라큐스의 Brannok 장비회사에서 만든 Brannok 장치는 금속 바닥 판에 미끄러지는 측정 자를 설치하여 발의 길이와 폭을 쉽게 측정할 수 있는 구조를 갖고있으며 적당한 신발 사이즈를 재는데 사용된다. 이 Brannok 측정장비의 문제점은 2차원의 측정치, 즉 발뒤꿈치로부터 엄지 발끝까지의 길이와 발의 넓이를 측정한다는 것이다. 즉, 발꿈치의 형태, 발바닥의 형태와 발가락의 구조 등에 대한 정보는 일체 무시된다.

이 논문에서는 간접측정방법의 일환으로 3D Scanner를 장착하여 개발된 측정장치 이용, 거기서 나오는 매쉬(Mesh Data)를 추출, 가공하여 일반적으로 신발 제작자들이 필요로 하는, 그리고 일반 사용자들이 알고자하는 자신의 발에 대한 치수 데이터 뿐만 아니라 제화산업에 필수적으로 사용되는 라스트 데이터를 보여 줄 수 있는 의사결정지원시스템을 개발하였다. 이 의사결정지원시스템은 과학기술부 과제의 일환으로 8000명 대상으로 KS A 7004(인체측정방법)에 의해 측정되어진 사람의 일부를 대상으로 그 정확도를 확인하였다.

3. 의사결정지원시스템(Decision Support System: DSS)의 구성

DSS는 크게 두가지 부분으로 나누어 전개되어 진다. 3차원 측정장치로부터 메쉬 데이터가 추출되면, 첫 번째는 발에 관련되어 추출된 메쉬 데이터는 발의 중요한 부위에 필요한 정보를 제공하며, 두 번째는 첫 번째에서 추출된 데이터를 기반으로 라스트 설계에 필요한 데이터를 계산하여 측정된 발의 3차원 형상의 라스트를 제시하여 준다. 사용되어진 DSS의 흐름도는 <그림 1>과 같다.

의사결정지원시스템에서 라스트 제작을 위해 고려되어진 발의 부분은 다음과 같다.



<그림 2> 발의 주요 부위

이 발 치수 DSS를 개발하기 위해 사용된 언어는 Visual C++ 6.0의 MFC를 사용하였으며, 최종 출력물에서 보는 바와 같이 프로그램의 적절한 배치와 사용자 인터페이스를 고려하여 전체 프레임을 작성하였다. 프레임의 메뉴바에서는 발의 3차원 스캐닝 시작메뉴, 3차원 데이터 저장 및 출력메뉴(Raw data 불러오기, DXF 불러오기, Raw data 저장하기, DXF 저장하기), 발의 주요부위 데이터 산출 및 출력메뉴, 피 측정자 정보 입력 메뉴로 구성되어 있다. 이 프로그램은 공주대학교 고부가가치사업단에서 개발한 K-sacn을 사용하였다.

4. 출력 및 결론

<그림 3> DSS를 사용하여 얻은 최종 발의 저면부와 측면부 결과를 나타내고 있으며, 이렇게 자세하게 발의 측정된 결과를 나타내는 소프트웨어는 거의 없으며, 또한 발의 모형이 출력물에 첨가되어 있어 약간 전문적일 수 있게 보여지는 용어에 대해 사용자가 쉽게 자신의 발에 대한 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

<그림 4> DSS를 이용하여 얻어진 라스트 저면부와 측면부 결과를 나타내어 준다. 이 결과는 구두 등 신발 제작시 매우 유용하게 사용될 수 있는 자료를 제공하여 주고 있다. <그림 5> 는 <그림 3>과 <그림 4>를 기준으로 하여 가능한 현재 측정자의 발에 대한 3차원 형상과 라스트의 모습을 보여 주고 있다.

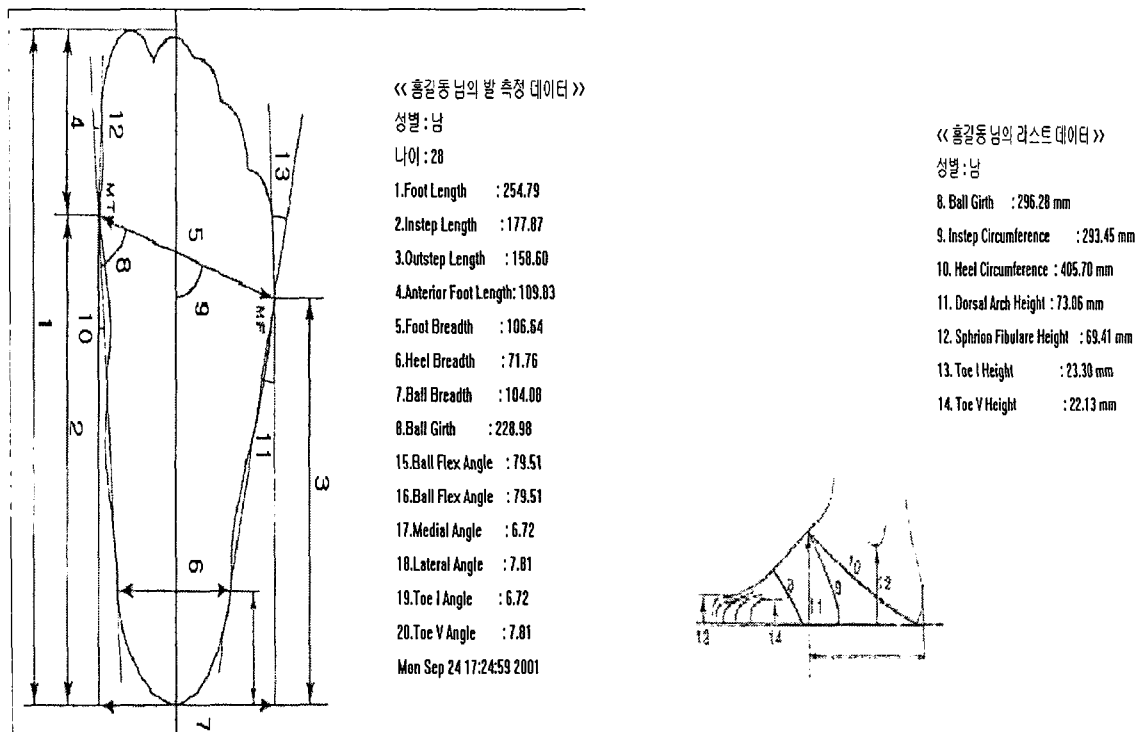
이 논문은 마틴계측기기 등을 사용하는 직접측정 방법에 의해 생길 수 있는 오차와 측정시 걸리는 시간(평균 10분 소요: 한 쪽 발 26군데 측정시)의 문제를 해결하기 위해 시작되었다. 발 측정 의사결정지원시스템을 사용할 경우 비접촉식 간접방법의 3차원 scanning은 평균 측정시간을 약 1/3로 절약시켜 줌과 동시에 그 측정결과를 통한 발의 3차원 형상과 발에 대해 사용자가 필요로 하는 전반적인 부분의 결과를 출력시켜 줌으로 사용자가 자신에게 맞는 신발을 구할 수 있는 계기를 마련하였다.

<표 1> 그림 2 에 대한 각 항목별 명칭 및 설명

구분	명 칭	설 명
SR	Foot Length(족장)	발 종점에서 가장 먼 거리에 위치한 발가락까지의 거리
SB	Toe Rom(발가락끝 여유량)	발가락끝 부분과 신발의 코 부분의 내면 사이에 주어지지는 공간
EC	내측 볼 너비	라스트 중심라인과 MT까지의 수직 라인
DF	외측 볼 너비	라스트 중심라인과 MF까지의 수직 라인
TV	Heel Line(발꿈치 중심선)	발꿈치의 타원을 이등분하는 선의 연장선
II'	발꿈치 너비	
PN	엄지발가락의 외측 돌출점	엄지발가락 내측 돌출점과 라스트 중심라인까지의 직교 거리
QO	새끼발가락의 외측 돌출점	새끼발가락 외측 돌출점과 라스트 중심라인까지의 직교 거리
a	Heel 각도	중심선과 발꿈치 중심선이 교차하여 이루는 각도
AA'	굽높이	신발의 기능에 따라 굽의 높이는 달라진다.
CX	MT와 착지점간 수평 길이	중심선의 착지점 위치를 결정
SC	발가락 끝과 MT와 거리	
XH	착지점과 Seat끝점거리	
XH'	착지점과 Sezt끝점 수평거리	
BS	Toe Room(발가락 끝 여유량)	발가락끝 부분과 신발의 코 부분의 내면 사이에 주어지지는 공간
H'H"	굽높이	
AA'	굽높이	
H'A	Seat 길이	
H''A	Seat 길이	
BB'	발가락 높이	
ED	발목 높이	
GF	발등 높이	
IC	Vamp Point(감파 굽힘점)	
MS	엄지발가락 높이	
AK	뒤꿈치 굽힘점 높이	
JR'	뒤꿈치 깊이	

참고문헌

- [1] 국립기술품질원, “1997년 국민표준체위조사 보고서”, 국립기술품질원, 1997.
- [2] 김동우 외 7명, “1986년 국민표준체위조사 보고서”, 한국표준연구소, 1986.
- [3] 김진호 외 3명, “한국인 인체측정에 관한 연구”, 대한인간공학회지, 8(1), pp.19-29, 1989.
- [4] 김철중 외 9명, “산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사보고서”, 한국표준과학연구원, 1992.
- [5] 이영숙, “제품설계를 위한 한국남성의 인체 치수 데이터”, 신선사, 1999.
- [6] 한국표준협회, “KS A 7003, 인체측정용어”, 한국산업규격, 1994.
- [7] 한국표준협회, “KS A 7004, 인체측정방법”, 한국산업규격, 1994.
- [8] Baba, K., “Foot measurement for shoe construction with reference to the relationship between foot length, foot breadth and ball girth”, *Journal of Human Ergology*, 3, 1975.



<그림 3> DSS를 사용하여 얻은 최종 발의저면부와 측면부 결과



<< 홍길동 님의 라스트 데이터 >>

성별 : 남
나이 : 28

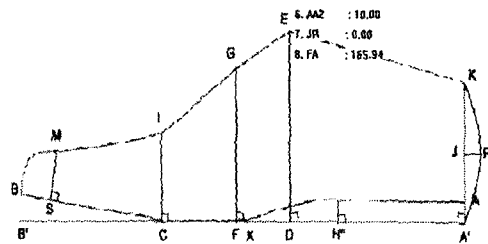
1.BALL GIRTH	: 203.50
2.A-B	: 269.79
2.B-D	: 15.00
3.B-C	: 99.92
4.A-C	: 169.97
5.ANGLE BCE	: 74.00
6.C-E	: 30.52
7.C-F	: 46.81
8.ANGLE CEG	: 96.00
9.ANGLE CFH	: 71.00
10.H-I	: 50.56
11.J-A	: 42.47
12.ANGLE JKM	: 6.00
13.J-L & J-K	: 35.88

Mon Sep 24 17:47:45 2001

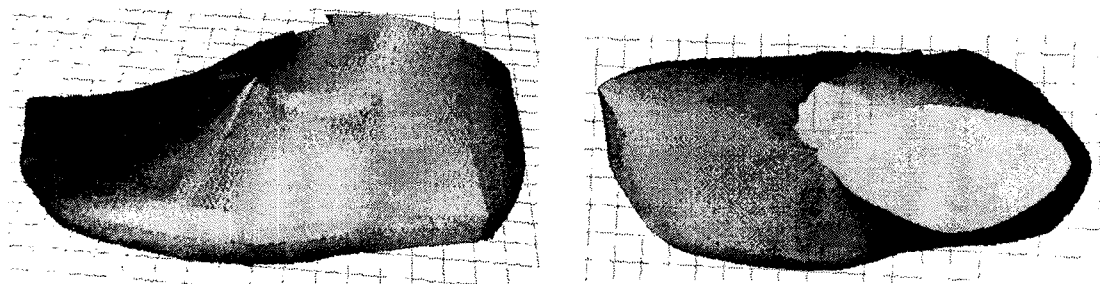
<< 홍길동 님의 라스트 데이터 >>

성별 : 남

1. MS	: 23.30
2. IC	: 38.38
3. GF	: 73.06
4. ED	: 64.58
5. HH2	: 10.00
6. AA2	: 10.00
7. JR	: 0.00
8. FA	: 165.94



<그림 4> DSS를 이용하여 얻어진 라스트 저면부와 측면부 결과



<그림 5> DSS를 이용하여 얻어진 발의 3차원 형상 및 리스트

- [1] Donatelli R, Normal anatomy and biomechanics; *The Biomechanics of the Foot and Ankle*, FA Davis, Philadelphia, pp.3-29, 1990.
- [2] Freedman, A, E. C. Huntington, G. C. Davis, R. B. Magee, V. M. Milstead and C. M.
- [3] Kirkpatrick, *Foot Dimensions of Soldiers, Third Partial Report Project No. T-13*, Armored Medical Research Laboratory, 1946.
- [4] Martin, R. and K. Saller, *Lehrbuch der Anthropologie*, v. 1 (Fischer, Stuttgart), 1957.
- [5] Montagu, A. M. F., *A Handbook of Anthropometry*, Charles C. Thomas. Springfield, Illinois, 1960.
- [6] Robinson, J. R., E. C. Frederick and L. B. Cooper, "Running participation and foot dimensions", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 1984.
- [7] Rossi W. A., *The enigma of shoe sizes*, *J Am Podiatr Med Assoc*, 73, pp.272, 1983.
- [8] Rossi, W. A., *The high incidence of mismated feet in the population*, *Foot & Ankle*, 4, 1983.
- [9] Rossi W. A., R. Tennant, *Professional Shoe Fitting*, National Shoe Retailers Association, New York, 1984.
- [10] Stone, P. G. and P. R. M. Jones, "The magnitude and intercorrelation of three foot measures, height and weight of male students", *Ergonomics*, 11, 1968.