Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.22, No.4 pp.59.-78, November 2003

인체변수의 계층적 추정기법 개발 및 적용*

Development and application of a hierarchical estimation method for anthropometric variables

류태범**, 유희천***

ABSTRACT

Most regression models of anthropometric variables use stature and/or weight as regressors; however, these 'flat' regression models result in large errors for anthropometric variables having low correlations with the regressors. To develop more accurate regression models for anthropometric variables, this study proposed a method to estimate anthropometric variables in a hierarchical manner based on the relationships among the variables and a process to develop and improve corresponding regression models. By applying the proposed approach, a hierarchical estimation structure was constructed for 59 anthropometric variables selected for the occupant package design of a passenger car and corresponding regression models were developed with the 1988 US Army anthropometric survey data. The hierarchical regression models were compared with the corresponding flat regression models in terms of accuracy. As results, the standard errors of the hierarchical regression models decreased by 28% (4.3mm) on average compared with those of the flat models.

Keyword: anthropometric variables, regression model, hierarchical estimation, estimation accuracy

* 본 연구는 2003년도 ㈜엔지비(NGV) 차세대자동차 선행과제 지원으로 수행되었음.
** 포항공과대학교 기계산업공학부
주소: 790-784 경북 포항시 남구 포항공대 산업공학과
전화: 054-279-8246
E-mail: tbryu@postech.ac.kr
*** 포항공과대학교 기계산업공학부

1. 서 론

인체측정조사에 기본적으로 측정되는 신장과 체중 같은 인체변수로 다른 인체변수 값을 추정하는 회귀모형은 인간공학적 작업장 설계 및 인체모델 생성에 이용되고 있다. Drillis & Contini (Roebuck, Kroemer, & Thomson, 1975에서 인용)와 Reynolds (Pheasant, 1988에서 인용)는 신장 대비 각 인체부위 길이의 비율을 분석하였고, Webb Associates (1978)는 신장으로부터 상지(humerus, radius, ulna) 및 하지(femur, tibia, fibula)의 골격길이를 추정하는 회귀식을 개발하였다. 이와 같은 인체변수 추정방법과 결과는 의류, 자동차 내장설계 등에 응용되었고(Robinette, 1982), COMBIMAN, JACK, RAMSIS, SAFEWORK, SAMMIE 등과 같은 인간공학적 작업장 설계 시스템의 인체모델 생성에 이용되고 있다(Case et al., 1990; Fortin et al., 1990; McDanlel, 1990; Sengupta & Das, 1997).

소수의 기본 인체변수를 사용하여 다른 인체변수들을 일괄적으로 추정하는 '단층적' 방법은 상관성이 낮은 인체변수의 경우 상대적으로 큰 추정오차를 산출한다. 즉, 추정에 사용된 인체변수와 상관관계가 낮은 인체변수를 추정할 경우 회귀모형의 결정계수는 작아지게 되고, 추정치의 표준오차는 커지게 되어 부정확한 추정이 이루어진다. 예를 들어, 신장과 상관관계가 낮은 어깨 너비(r = .48; 1988년 US Army 남성의 인체측정자료 기준)를 신장을 기반으로 한 회귀모형을 사용하여 추정한다면, 회귀모형의 결정계수는 작고(R^2 = 0.236), 어깨 너비 추정치의 표준오차(15.69)는 어깨 너비의 표준편차(17.96)와 비슷하게 되어 회귀모형을 사용한 추정의 실질적 효과가 낮게 된다.

본 연구는 단층적 추정방법의 부정확한 추정의 문제점을 인체변수간 관계에 기반한 '계층적' 추정방법을 통하여 개선될 수 있다고 가정하였다. 단층적 추정은 기본 인체변수만으로 다른 인체변수들을 획일적으로 추정하는 방법인데 반해, 계층적 추정은 인체변수들간 연관 특성에 기반한 인체변수 추정체계(상세한 내용은 2절 참조)에 따라 인체변수들을 단계적으로 추정하는 방법이다. 예를 들어, 그림

대퇴돌기 높이 = f_1(신장)
윗다리 길이 = f_2(신장)
무릎중앙 높이= f_3(신장)
종아리 길이= f_4(신장)
바깥복사점 높이= f_5(신장)

(a) 단층적 방법

대퇴돌기 높이 = g_1(신장)
윗다리 길이 = g_2(대퇴돌기 높이)
무릎중앙 높이= g_3(대퇴돌기 높이)
종아리 길이= g_4(무릎중앙 높이)
바깥복사점 높이= g_5(무릎중앙 높이)

(b) 계층적 방법

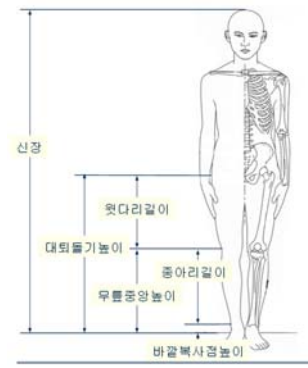


그림 1. 인체변수 추정방법 비교 – 다리 부위(예)

1의 다리 부위 5개 인체변수들을 추정 시, 단층적 방법은 신장을 사용하여 모든 변수들을 추정하는 반면, 계층적 방법은 신장에서 대퇴돌기 높이를, 대퇴돌기 높이에서 윗다리 길이와 무릎중앙 높이를, 그리고 무릎중앙 높이에서 종아리길이와 바깥복사점 높이를 단계적으로 추정한다.

본 연구는 인체변수의 계층적 추정 시 필요한 추정구조를 구성하는 방법을 개발하고, 인체변수의 계층적 추정구조에 따른 회귀모형을 개발하는 방법을 제안하고자 한다. 또한, 본 연구는 이들 제안된 방법을 자동차 내장설계에 관련되어 선정된 59개 인체변수 추정에 적용하여 신장과 체중 기반의 인체변수 계층적 추정 구조를 수립하고, 1988년 US Army 인체측정자료를 사용해 계층적 회귀모형을 개발하며, 개발된 회귀모형을 관련 단층적 회귀모형과 추정 정확성 측면에서 비교하고자 한다.

2. 인체변수 계층적 추정구조 구성방법

인체변수 추정구조 개발은 1) 치수 유형에 따른 인체변수 분류, 2) 인체변수들간의 연관관계 특성파악, 3) 인체변수들간 관계를 이용한 치수 유형별(길이/높이 둘레/너비/두께) 추정구조 구성, 4) 회귀모형이 개발될 인체변수의 선정의 절차로 개발된다(그림 2). 인체변수의 계층적 추정구조란 특정 인체변수와 이 변수로부터 추정되는 다른 인체변수의 관계를 계층적으로 표현한 구조를 의미한다

2.1 치수 유형에 따른 인체변수 분류

상관성이 높은 인체변수들로 구성된 그룹별로 인체변수 계층적 추정구조를 설정하기 위하여, 인체변수들을 뼈 길이와 관련된 길이/높이 치수 유형과 근육 및 피부의 부피와 관

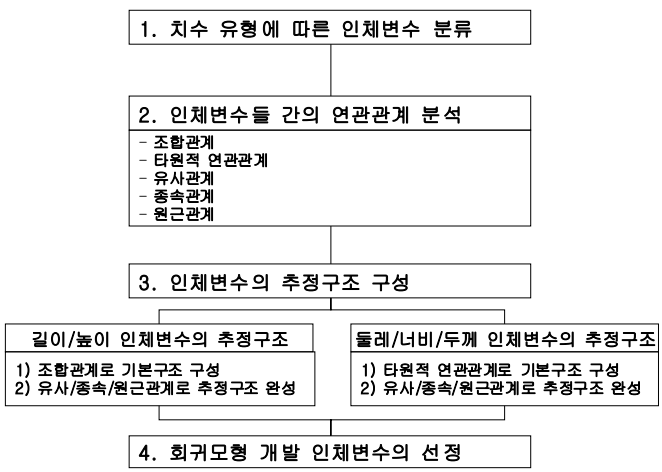
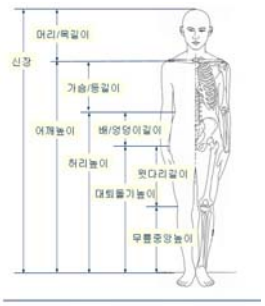


그림 2. 인체변수 계층적 추정구조 개발 절차

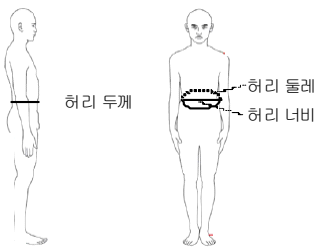
련된 둘레/너비/두께 치수 유형으로 구분한다. 일반적으로 치수 유형이 같은 인체변수들은 다른 치수 유형의 인체변수들 보다 상관관계가 상대적으로 높은 경향이 있어 치수 유형별로 추정구조가 설정될 필요가 있다. 길이/높이 유형 변수들에는 인체부위의 두 지점 사이의 수직 거리와 지면으로부터 인체특정지점까지의 높이가 포함되고, 둘레/너비/두께 유형 변수들에는 인체부위의 둘레, 너비 그리고 두께가 포함된다.

2.2 인체변수들간의 관계파악

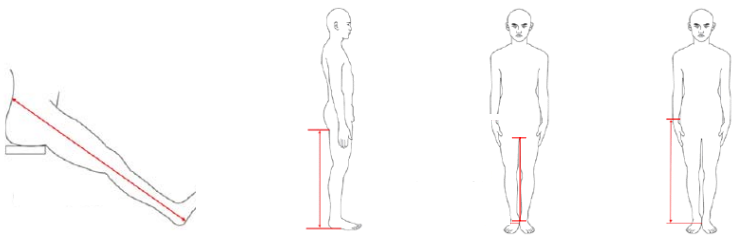
인체변수 계층적 추정구조는 5가지 인체변수들간 관계(조합관계, 타원적 연관관계, 유사관계, 종속관계, 그리고 원근관계)를 고려하여



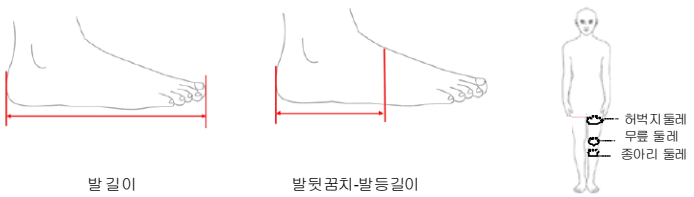
(a) 조합관계



(b) 타원적 연관관계



(c) 유사관계



(d) 종속관계 (e) 원근관계

그림 3. 인체변수의 연관관계 유형과 예

구성된다. 첫째, 조합관계는 특정 인체변수가 두 개 이상의 다른 인체변수들의 합으로 표현되는 관계이다. 예를 들어, 그림 3(a)의 신장은 머리/목 길이와 어깨 높이의 합이 되고, 어깨 높이는 가슴/등 길이와 허리 높이의 합이 되어 이들 변수들은 조합관계가 있다. 둘째, 타원적 연관관계는 특정 인체부위의 타원적 단면과 연관된 둘레, 너비, 그리고 두께를 포함한다. 예를 들어, 그림 3(b)와 같이 허리 둘레, 허리 너비 그리고 허리 두께는 허리 부위에 있어 타원적 연관관계를 갖는다. 셋째, 유사관계는 측정 자세나 측정 기준점의 차이는 있지만 동일한 인체부위를 측정한 변수들을 나타낸다. 예를 들어, 그림 3(c)의 앉은뒤허리발뒷꿈치 길이, 회음 높이, 엉덩이 밑 높이, 그리고 대퇴돌기 높이는 측정 기준점의 차이는 있지만, 다리 부위의 길이를 측정한 변수들로 유사관계가 있다. 넷째, 종속관계는 특정 인체부위를 측정한 변수들 중 한 변수가 다른 변수에 포함되는 변수들을 나타낸다. 예를 들어, 그림 3(d)와 같은 발 부위에서 발뒷꿈치-발등 길이는 발 길이에 포함되어 이들 변수들은 종속관계로 분류된다. 마지막으로, 원근관계는 팔과 다리 부위에서 몸 중심에 대한 근접된 순서에 따라 인체변수 크기가 서로 연관된 인체변수들을 나타낸다. 예를 들어, 그림 3(e)의 허벅지 둘레, 무릎 둘레, 그리고 종아리 둘레는 다리부위에서 몸 중심에 근접 순서에 따라 연관된 원근관계를 갖는다.

2.3 인체변수 계층적 추정구조 설정

2.3.1 길이/높이 유형 인체변수의 계층적 추정구조

길이/높이 유형 인체변수의 계층적 추정구조는 1) 조합관계를 토대로 한 기본 추정구조 구성과 2) 유사/종속/원근관계를 고려한 추정구조 완성 순으로 개발된다. 첫째, 길이/높이 유형 인체변수의 기본 추정구조를 특정 인체변수의 하위항목에 이 변수와 조합관계에 있는 변수들을 사용하여 계층적으로 구성한다. 예를 들어, 그림 4의 조합관계에 의한 기본구조는 신장의 하위항목에 이와 조합관계에 있는 머리/목 길이와 어깨 높이를 사용하는 식으로 구성된다.

둘째, 기본 추정구조를 구성하는 인체변수들의 하위항목에 유사/종속/원근관계에 있는 변수들을 추가하여 계층적 추정구조를 완성한다. 예를 들어, 그림 4의 조합관계에 의한 기본 구조 중 대퇴돌기 높이의 하위항목에 이와 유사관계에 있는 앉은뒤허리발뒷꿈치 길이, 회음 높이, 엉덩이 밑 높이를, 무릎중앙 높이의 하위항목으로 이와 원근관계인 발 길이를, 그리고 발 길이의 하위항목으로 이와 종속관계에 있는 발뒷꿈치-발등 길이를 추가하여 계층적 추정구조가 완성된다.

2.3.2 둘레/너비/두께 유형 인체변수의 계층적 추정구조

둘레/너비/두께 유형 인체변수의 계층적 추정구조는 1) 타원적 연관관계를 토대로 한 기본구조의 구성과 2) 유사/종속/원근관계를 고려한 추정구조의 완성 순으로 개발된다. 첫째, 둘레/너비/두께 유형 인체변수의 기본 추정구조를 타원적 연관관계 기반으로 인체부위별 둘레의 하위항목에 해당 너비와 두께 인체변

수를 사용하여 구성한다. 예를 들어, 그림 5의 타원적 연관관계에 의한 기본구조는 신장을 기점으로 머리, 엉덩이, 그리고 다리 부위의 둘레 인체변수의 하위항목에 해당부위의 너비와 두께 인체변수를 사용하여 구성된다.

둘째, 기본구조를 구성하는 인체변수들의 하위항목에 유사/종속/원근관계에 있는 변수들을 추가하여 계층적 추정구조를 완성된다. 예를 들어, 그림 5의 타원적 연관관계에 의한 기본 구조 중, 머리 너비의 하위항목에 이와 종속관계에 있는 눈동자 사이 너비를, 엉덩이 너비의 하위항목에 이와 유사관계에 있는 앉은 엉덩이 너비를, 그리고 허벅지 둘레의 하위항목에 이와 원근관계에 있는 무릎둘레를

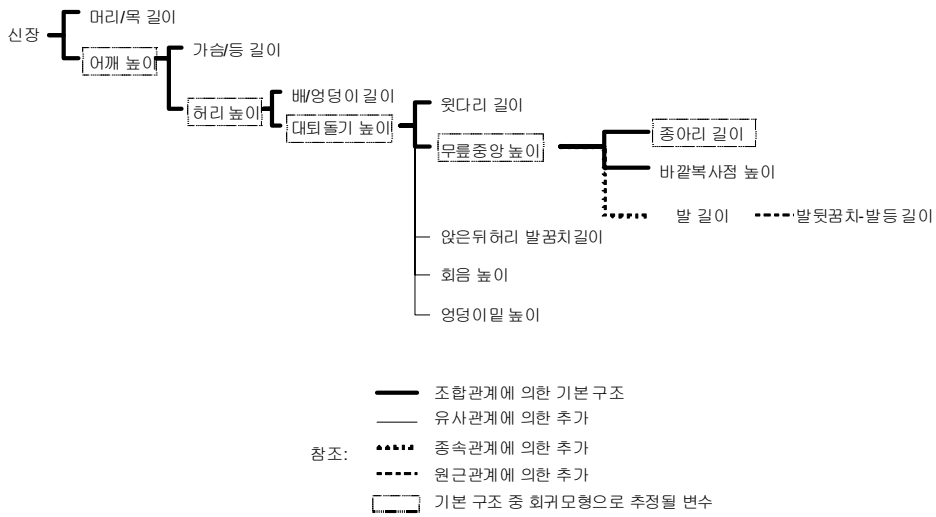


그림 4. 길이/높이 유형 인체변수의 계층적 추정구조 구성(예)

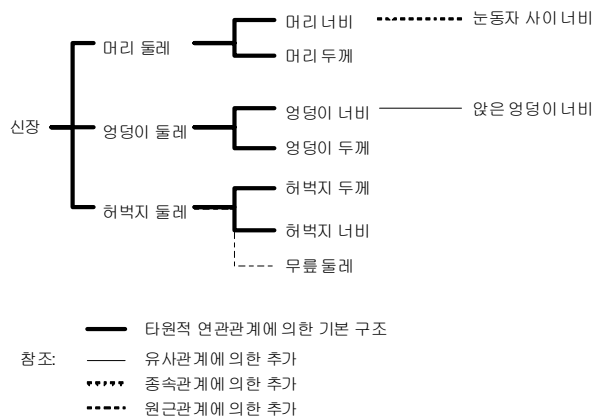


그림 5. 둘레/너비/두께 유형 인체변수의 계층적 추정구조 구성(예)

추가하여 계층적 추정구조가 완성된다.

2.4 회귀모형 개발 인체변수의 선정

계층적 추정구조에서 타원적 연관관계와 유사/종속/원근관계로 구성된 인체변수들의 경우 모든 인체변수를 회귀모형 개발 대상으로 선정하고, 조합관계로 구성된 인체변수들의 경우 상위항목으로 사용된 변수와의 상관관계가 높은 변수를 회귀모형 개발 대상으로 선정한다. 조합관계에 있는 인체변수들은 한 변수가 추정될 경우 다른 변수는 조합관계에 의해 결정되므로 회귀모형으로 추정될 변수의 선정이 필요하다. 일반적으로 상관관계가 높은 변수들 간의 회귀모형이 보다 정확한 추정을 할 수 있으므로, 상위항목 변수와의 상관관계가 높은 변수를 회귀모형 개발 대상으로 선정한다. 예를 들어, 그림 4의 조합관계에 의한 기본 구조에서 신장으로부터 추정되는 머리/목 길이와 어깨 높이 중 신장과 상관관계가 상대적으로 높은 어깨높이가 회귀모형 개발대상으로 선정되고, 머리/목 길이는 신장과 추정된 어깨 높이의 차이로 결정된다.

3. 인체변수 회귀모형 개발 방법

인체변수 계층적 회귀모형은 그림 6과 같이 1) 계층적 추정구조에 따라 회귀모형을 개발하고 모형의 성능을 평가하여 회귀모형 성능이 만족될 경우 인체변수의 회귀모형으로 채택하는 방법과 2) 회귀모형 성능이 기준보다 낮은 경우 회귀모형을 개선한 후보군을 생성하고 그 중 최선 회귀모형을 선택하는 방법으로 개발된다. 첫째, 인체변수들의 회귀모형을 계층적 추정구조에 따라 개발하고 회귀모형들의 성능을 회귀모형의 결정계수로 평가하여 결정계수가 설정된 기준치보다 큰 모형들을 해당 인체변수의 회귀모형으로 채택한다.

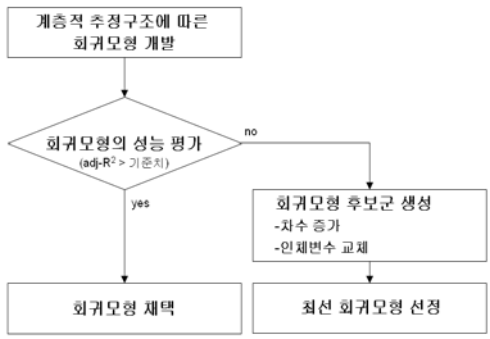


그림 6. 인체변수 회귀모형 개발 절차

둘째, 추정구조에 따라 개발된 회귀모형의 성능이 기준보다 낮은 경우, 회귀모형을 개선한 후보 모형군을 생성하고, 그 중 최선 회귀모형을 인체변수의 회귀모형으로 선정한다. 회귀모형 후보군은 인체변수 추정구조를 유지하며 단순한 모형을 우선적으로 개발하는 방법에 의해1) 추정구조에서 설정된 변수를 사용한 한 2차 회귀모형, 2) 인체변수 교체에 의한 1차 회귀모형, 3) 교체된 인체변수 의한 2차 회귀모형, 그리고 4) 추정구조에서 설정된 변수와 인체변수 교체에 사용된 변수들을 모두 사용한 회귀모형 순으로 생성될 수 있다.

또한, 교체에 사용될 인체변수는 1) 해당 종속변수와의 상관관계가 추정구조에서 설정된 변수보다 크고, 2) 추정구조에서 해당 종속변수의 하위항목은 아닌 변수로 선정될 수 있

다. 회귀모형 후보군 중 최선 회귀모형은 일정수준 이상의 결정계수를 갖는 모형들 중 설정된 추정구조를 유지하며 단순한 모형을 우선하는 원칙에 의해 1) 설정된 추정구조의 변수만이 사용된 회귀모형, 2) 사용된 인체변수의 개수가 적은 모형, 3) 회귀모형의 차수가 낮은 모형 순으로 선정될 수 있다.

4. 인체변수 계층적 추정기법의 적용 및 평가

본 연구에서 제안된 인체변수 계층적 추정기법은 자동차 내장 설계와 관련하여 선정된 인체변수 59개의 추정에 적용되어 인체변수의 계층적 추정구조가 구성되었고, 1988년 US Army 인체측정자료를 이용하여 회귀모형이 개발되었다. 또한, 개발된 계층적 회귀모형들은 Annis & McConville(1996)가 개발한 단층적 회귀모형들과 추정 정확성 측면에서 비교되었다.

4.1 인체변수의 계층적 추정구조

4.1.1 인체변수 선정 및 분류

US Army 인체측정자료의 인체측정변수들 중 자동차 내장의 의자, 운전대, 페달 설계와 관련된 59개 인체변수들이 선정되었다. 이들 59개 인체변수들은 뼈의 길이와 관련된 29개의 길이/높이 유형 인체변수들과 근육 및 피부의 부피와 관련된 30개의 둘레/너비/두께 유형 인체변수들로 분류되었다.

4.1.2 인체변수들 간의 관계파악

길이/높이 유형과 둘레/너비/두께 유형 인체변수들에 대해 변수들간 연관관계가 5 가지(조합관계, 타원적 연관관계, 유사관계, 종속관계, 그리고 원근관계)로 파악되었다. 첫째, 인체변수간 조합관계는 표 1와 같이 길이/높이 유형 인체변수들 중 6가지 관계가 파악되었다. 예를 들어, 대퇴돌기 높이는 윗다리 길이와 무릎중앙 높이의 합으로 이들 변수들은 조합관계를 갖는다.

둘째, 둘레/너비/두께 유형 인체변수들 중 인체변수간 타원적 연관관계는 표 2과 같이 6가지의 관계로 파악되었다. 예를 들어, 허리둘레, 허리너비, 그리고 허리두께는 허리부위에 대해 타원적 연관관계를 갖는다. 이들 6개의 관계 중 허벅지와 손 부위에 대해 허벅지 너비와 손 두께는 1988년 US Army 인체측정자료에서 측정되지 않았던 인체변수이다.

셋째, 인체변수간 유사관계는 표 3과 같이 길이/높이 유형 인체변수 중에서 5 개, 둘레/너비/두께 유형 인체변수 중에서 1 개로 총 6개의 관계가 파악되었다. 예를 들어, 무릎중앙 높이, 앉은무릎 높이, 그리고 앉은오금 높이는 측정 기준점은 다르지만, 지면으로부터 무릎 부위의 높이를 측정하여 유사관계를 갖는다.

넷째, 인체변수간 종속관계는 표 4와 같이 길이/높이 유형의 인체변수들에서 5개, 둘레/너비/두께 유형의 인체변수들에서 2개로 총 7개의 관계가 파악되었다. 예를 들어, 어깨-팔꿈치 길이와 팔꿈치-손끝길이는 팔꿈치가 굽혀진 상태에서 측정되어 이들 변수의 합이 팔/손 길이보다 크므로 조합관계가 아닌, 측정된 인체부위 측면에서 팔/손 길이에 포함되어

종속관계로 분류된다.

마지막으로, 인체변수간 원근관계는 표 5와 같이 길이/높이 유형 인체변수 중에서 1개, 둘레/너비/두께 유형 인체변수 중에서 8개로 총 9개 관계가 파악되었다. 예를 들어, 팔 부위의 둘레들은 몸 중심에 대한근접 순서에 따라 윗팔 둘레, 팔꿈치 둘레, 아래팔 둘레, 손목 둘레, 손 둘레의 크기가 연관된 원근관계를 갖는다.

표 1. 조합관계의 인체변수들

번호	인체변수 관계
1	신장 = 머리/목길이 + 어깨 높이
2	어깨높이 = 가슴/등길이 + 허리높이
3	허리높이 = 배/엉덩이길이 + 대퇴돌기 높이
4	대퇴돌기높이 = 윗다리길이 + 무릎중앙높이
5	무릎중앙높이 = 종아리길이 + 바깥복사점높이
6	팔꿈치-손끝길이 = 팔꿈치-손목길이 + 손길이

표 2. 타원적 연관관계의 인체변수들

번호	둘레 인체변수	너비 인체변수	두께 인체변수
1	머리둘레	머리너비	머리두께
2	가슴둘레	가슴너비	가슴두께
3	허리둘레	허리너비	허리두께
4	엉덩이둘레	엉덩이너비	엉덩이두께
5	허벅지둘레	-	허벅지두께
6	손둘레	손너비	-

표 3. 유사관계의 인체변수들

인체변수 유형	번호	상위 인체변수	하위 인체변수
길이	1	어깨높이	목뒤높이, 겨드랑이높이
	2	대퇴돌기높이	앉은뒤허리발뒷꿈치길이, 회음높이, 엉덩이밑높이
	3	윗다리길이	앉은엉덩이무릎길이, 앉은엉덩이오금길이
	4	무릎중앙높이	앉은무릎높이, 앉은오금높이
	5	신장 - 대퇴돌기높이	앉은 키
둘레/폭	6	엉덩이너비	앉은엉덩이너비

표 4. 종속관계의 인체변수들

인체변수 유형	번호	상위 인체변수	하위 인체변수
길이	1	신장	팔/손길이
	2	팔/손길이	어깨-팔꿈치길이, 팔꿈치-손끝길이
	3	발길이	발뒷꿈치-발등길이
	4	앉은신장	앉은눈높이
	5	손길이	손잡기중심길이
둘레/폭	6	몸통너비	어깨너비
	7	머리너비	눈동자사이너비

표 5. 인체변수들의 몸 중심에 대한 원근관계 파악

인체변수 유형	번호	상위 인체변수	하위 인체변수
길이	1	무릎중앙높이	발길이
둘레/폭	2	윗팔둘레	발꿈치둘레
	3	팔꿈치둘레	아래팔둘레
	4	아래팔둘레	손목둘레
	5	손목둘레	손둘레
	6	허벅지둘레	무릎둘레
	7	종아리둘레	발목둘레
	8	발목둘레	발너비
	9	발너비	발뒤꿈치너비

4.1.3 인체변수 계층적 추정구조 구성

자동차 내장 설계에 고려되는 인체변수로 선정된 길이/높이 유형의 29개 인체변수들과 둘레/너비/두께 유형의 30개 인체변수들에 대한 신장과 체중 기반의 계층적 추정구조가 각각 구성되었다. 첫째, 길이/높이 유형인체변수의 계층적 추정구조는 조합관계를 토대로 기본 추정구조를 구성하고, 유사/종속/원근관계의 인체변수들을 추가하여 완성되었다. 기본 추정구조는 신장과 체중을 최상위 항목으로 하고, 조합관계 변수들(표 1 참조)을 사용하여 그림 7의 기본구조와 같이 계층적으로 구성되었다. 그리고, 기본 추정구조를 구성하는 인체변수들의 하위항목에 이와 유사/종속/원근관계(표 3~5 참조)에 있는 인체변수들을 추가하여 계층적 추정구조는 그림 7과 같이 완성되었다. 예를 들어, 기본 구조는 어깨 높이의 하위항목에 이와 조합관계에 있는 가슴/등 길이와 허리 높이를 사용하는 식으로 구성되었고, 설정된 기본 구조의 어깨 높이 하위항목에 이와 유사관계에 있는 목뒤 높이와 겨드랑이 높이를, 무릎중앙 높이 하위항목에 이와 원근관계에 있는 발 길이를, 그리고 신장과 체중 하위항목에 신장과 종속관계에 있는 팔/손 길이를 추가하는 식으로 추정구조가 완성되었다.

둘째, 둘레/너비/두께 유형 인체변수의 계층적 추정구조는 타원적 연관관계를 토대로 기본구조를 구성하고, 유사/종속/원근관계의 인체변수들을 추가하여 완성되었다. 기본 추정구조는 신장과 체중을 최상위 항목으로 하고, 목 둘레와 몸통 너비를 포함한 타원적 연관관계의 인체변수들(표 2 참조)을 사용하여 그림 8의 기본구조와 같이 계층적으로 구성되었다. 그리고, 기본구조를 구성하는 인체변수의 하위항목에 이와 유사/종속/원근관계에 있는 인체변수들(표 3~5 참조)을 추가하여 계층적 추정구조는 그림 8과 같이 완성되었다. 예를 들어, 기본 구조는 머리 둘레의 하위항목에 이와 타원적 연관관계에 있는 머리 너비와 머리 두께를 사용하는 식으로 구성되었고, 설정된 기본 구조의 몸통 너비 하위항목에 이와 종속관계에 있는 어깨 너비를, 엉덩이 너비 하위항목에 이와 유사관계에 있는 앉은엉덩이 너비를, 허벅지 둘레 하위항목에 이와 원근관계에 있는 무릎 둘레와 종아리 둘레를 추가하는

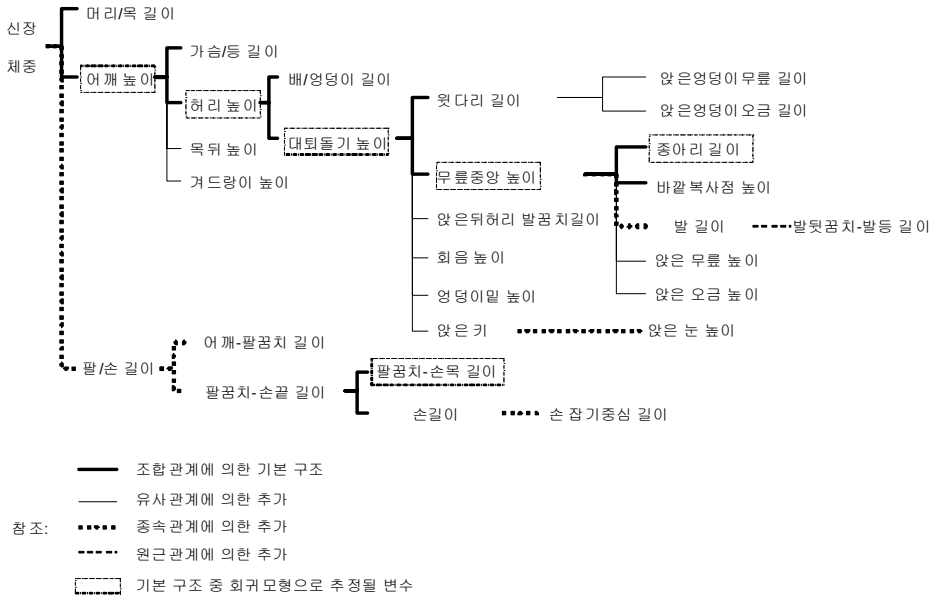


그림 7. 길이/높이 유형 인체변수의 계층적 추정구조

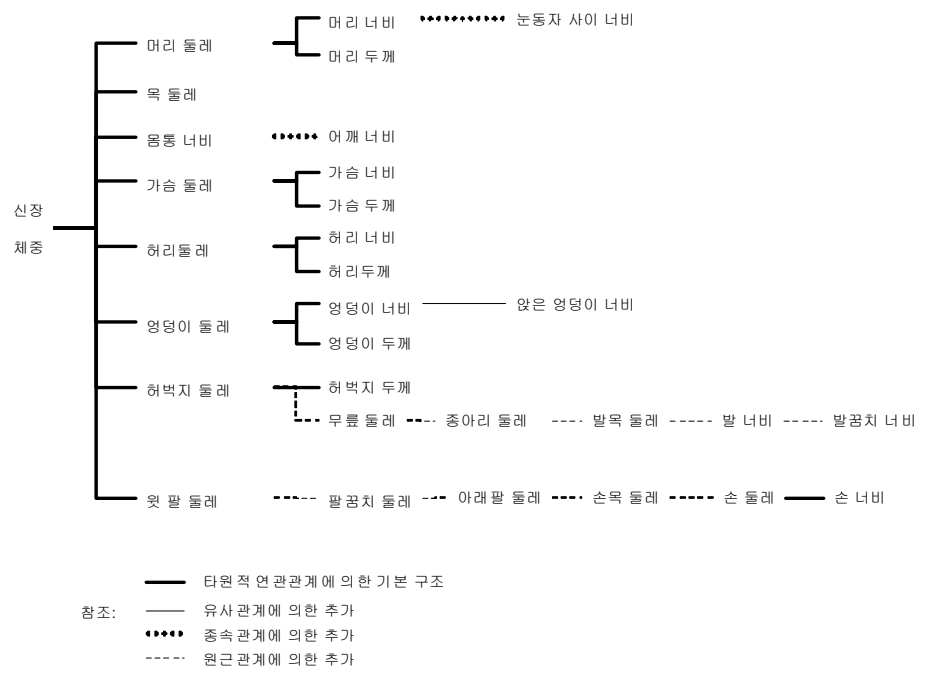


그림 8. 둘레/너비/두께 유형 인체변수들의 계층적 추정구조

식으로 추정구조가 완성되었다.

4.1.4 회귀모형 개발 인체변수의 선정

계층적 추정구조에서 타원적 연관관계와 유사/종속/원근관계로 구성된 47개 인체변수들의 경우 모두 회귀모형 개발 대상으로 선정되었으나, 조합관계로 구성된 12개 인체변수들의 경우 상위항목으로 사용된 변수와의 상관관계가 높은 6개 변수가 회귀모형 개발 대상으로 그림 7과같이 선정되었다. 예를 들어, 조합관계에 의한 기본 구조에서 어깨 높이로부터 추정되는 가슴/등 길이와 허리 높이 중 어깨 높이와 상관관계가 높은 허리 높이가 회귀모형 개발 대상으로 선정되었다. 따라서, 전체 59개 중 조합관계에 의해 결정되는 6개의 변수를 제외한 53개 인체변수들이 회귀모형 개발대상으로 선정되었다.

4.2 인체변수 회귀모형 개발

계층적 추정구조에서 회귀모형 개발 대상으로 선정된 53개 인체변수에 대해 설정된 추정구조와 제안된 모형 개발 절차에 따라 남성과 여성 각각에 대한 회귀모형이 개발되었다. 인체변수의 회귀모형은 계층적 추정구조에 따라 특정 인체변수를 사용하여 추정할 변수가 유일한 경우 단순/다중 회귀분석으로, 2개 이상인 경우 다변량 회귀분석으로 개발되었다. 여러 종속변수들의 회귀모형을 동일한 독립변수들로 개발시 다변량 회귀분석은 단순/다중 회귀분석에서 무시되는 종속변수들 간의 상관관계를 고려한 회귀계수와 추정분산을 산출한다(Fogliatto & Albin, 2000). 개발된 인체변수 회귀모형들의 조정 결정계수(adj-R^2)가 0.6 이상인지 평가한 결과, 41개 인체변수에 대한 회귀모형들이 설정된 평가기준을 만족하는 것으로 파악되었다.

표 6. 앉은엉덩이무릎 길이 회귀모형 개선(남성)

후보모형	방법	독립변수	adj-R^2	최선모형
초기모형	-	윗다리 길이	0.55	
1	차수증가	윗다리 길이, (윗다리 길이)^2	0.55	
2	인체변수 교체	앉은뒤허리발뒷꿈치 길이	0.83	O

표 7. 발 너비 회귀모형 개선(남성)

후보모형	방법	독립변수	adj-R^2	최선모형
초기모형	-	발목 둘레	0.35	
1	차수 증가	발목 둘레, (발목 둘레)^2	0.35	
2	인체변수 교체	손 너비	0.39	
3	교체 인체변수의 차수 증가	손 너비, (손 너비)^2	0.39	
4	인체변수 추가	발목 둘레, 손 너비	0.49	O
5	인체변수 추가 및 차수 증가	발목 둘레, (발목 둘레)^2 손 너비, (손 너비)^2	0.49	

결정계수가 평가 기준보다 작은 12개 인체변수들의 회귀모형에 대해 제안된 후보군 생성 방법과 최선모형 선정 방법을 적용한 결과, 4개 인체변수들의 회귀모형은 결정계수가 0.6 이상으로, 나머지 8개 인체변수들의 회귀모형은 결정계수가 0.6 미만을 보이며 향상되었다. 결정계수가 평가기준 이상 개선된 예로 표 6을 보면, 앉은엉덩이무릎 길이의 회귀모형은 독립변수를 추정구조 따른 윗다리 길이에서 앉은뒤허리발뒷꿈치 길이로 교체하여 결정계수가 기준치 이상(0.83)으로 향상되었다. 결정계수가 기준치 미만을 보이며 개선된 예로 표 7을 보면, 발 너비의 회귀모형은 독립변수를 추정구조에 따른 발목 둘레에 손 너비를 추가하여 결정계수가 기준치 미만(0.49)을 보이며 향상되었다.

인체변수 회귀모형의 개발 결과, 총 53개 인체변수들 중 약 85%에 해당하는 45개 인체변수에 대한 회귀모형의 결정계수가 0.6이상이었고, 결정계수가 0.6 미만인 8개 중 4개 인체변수(머리 너비, 머리 둘레, 눈동자사이 너비, 손잡기중심 길이)의 결정계수는 0.3 미만이었다. 전체 53개 인체변수들에 대한 남성과 여성의 회귀모형 개발 결과는 부록의 표 A.1과 같이 제시하였다.

4.3 단층적 회귀모형과 계층적 회귀모형의 정확성 비교

본 연구에서 개발한 계층적 회귀모형의 추정 정확성은 Annis & McConville(1996)의 1988년 US Army 인체측정자료를 사용한 단층적 회귀모형과 추정치 표준오차(standard error of estimates; SE)를 기준으로 비교되었다. Annis & McConville은 32개 인체변수에 대해 신장과 체중을 사용한 단층적 회귀모형들을 제시하였다. 이들 32개 인체변수들 중, 단층적 회귀모형과 계층적 회귀모형이 공통적으로 추정하는 19개 인체변수들이 비교대상으로 파악되었다. 추정치 표준오차(식 1)는 추정치와 실측치 차이의 표준편차로 이 값이 작을수록 회귀모형의 추정 정확성이 높음을 의미한다(Webb Associates, 1978; Annis & McConville, 1996).

$$SE_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{N}} \qquad \text{(식 1)}$$

(SE_Y : 추정치의 표준오차, $\hat{Y}$: 회귀 추정치, Y: 실측치, N: 자료 개수)

단층적 회귀모형과 계층적 회귀모형의 추정 정확성을 표준오차로 비교한 결과, 19개 비교대상 인체변수들 중 2개(허리 높이, 목뒤 높이)를 제외한 인체변수들에 대해 계층적 회귀모형이 단층적 회귀모형보다 우수한 결과를 보였다. 허리 높이와 목뒤 높이를 제외한 17개 인체변수들에 대한 계층적 회귀모형의 표준오차는 단층적 회귀모형에 비해 평균 4.9 mm (0.2~16.3 mm)가 작아 33% (1~69%) 감소한 반면, 허리높이와 목뒤 높이에 대한 계층적 회귀모형의 표준오차는 단층적 회귀모형에 비해 평균 2.4 mm (0.4~3.4 mm)가 커져 22% (2~33%) 증가하였다. 전체적으로, 19개 인체변수에 대해 계층적 회귀모형은 단층

적 회귀모형에 비해 표준오차가 평균적으로 4.3 mm (-3.4~16.3 mm)가 작은 28%(-33~69%) 감소한 결과를 보였다.

또한, 단층적 회귀모형과 계층적 회귀모형의 모형 적합도를 adj-R^2로 비교한 결과, 19개 비교대상 인체변수들 중 2개(허리 높이, 목뒤 높이)를 제외한 모든 인체변수들에 대해 계층적 회귀모형이 단층적 회귀모형보다 우수한 결과를 보였다. 허리 높이와 목뒤 높이를 제외한 17개 인체변수들에 대한 계층적 회귀모형의 adj-R^2는 단층적 회귀모형에 비해 평균 0.213(0.004~0.473) 커져 41% (0.5~107%) 증가한 반면, 허리 높이와 목뒤 높이에 대한 계층적 회귀모형의 adj-R^2는 단층적 회귀모형보다 평균 0.017(0.006~0.024) 작아 1.8%(0.7~2.5%)감소하였다. 전체적으로, 19개 인체변수에 대해 계층적 회귀모형이 단층적 회귀모형에 비해 adj-R^2가 평균적으로 0.195(-0.024~0.473) 커져 38% (-2.5~107%) 증가한 결과를 보였다.

5. 토 의

본 연구에서 제안한 인체변수 계층적 추정 방법은 인체변수들 간에 내재된 연관관계를 이용하여 구성된 추정구조에 따라 회귀모형을 개발하여 추정 정확성을 높일 수 있었다. 기존의 단층적 추정 방법은 신장과 체중 같은 기본적으로 측정되는 인체변수만을 회귀모형의 독립변수로 사용하여, 이 변수들과 상관관계가 작은 인체변수에 대해 추정 정확성이 낮은 회귀모형을 산출할 수 밖에 없다. 본 연구에서 US Army 인체측정자료를 이용하여 개발된 계층적 회귀모형의 표준오차는 관련 Annis & McConville의 19개 인체변수에 대한 단층적 회귀모형에 비해 최대 16 mm 정도 감소되었다. 이 표준오차 최대 감소치는 비교에 사용된 해당 단층적 회귀모형의 표준오차가 23 mm 임을 감안할 때, 계층적추정 방법이 인체변수 회귀모형의 추정오차를 1~69% 정도 감소시킬 수있음을 보여주었다.

본 연구에서 정의된 인체변수들간 관계는 선정된 인체변수들에 대해 체계적으로 추정구조를 구성하는데 유용하였다. 추정될 인체변수들에 대한 인체변수들간 연관관계는 인체변수의 치수유형 및 측정 인체부위에 따라 정의된 5 가지 관계유형(조합/타원적 연관/유사/종속/원근관계)에 따라 분석될 수 있다. 또한, 조합관계와 타원적 연관관계에 기반한 기본 추정구조의 구성과 유사/종속/원근관계를 이용한 구조 완성의 순차적 방법은 많은 인체변수들에 대한 계층적 추정구조를 체계적으로 구성할 수 있게 해주었다. 이에 비해, 회귀모형 개발시 일반적으로 고려되는 상관관계만으로는 많은 변수들에 대한 추정관계를 체계적으로 구성할 수 없다.

제안된 회귀모형 개발 및 개선 방법으로 기준치 이상의 결정계수를 갖는 회귀모형의 체계적 개발이 가능하였다. 추정구조에 따라 회귀모형을 개발하고 기준치 이상의 회귀모형을 채택하는 일차적 과정과 기준치 미만의 모형을 개선하는 이차적 과정으로 회귀모형은 체계적으로 개발될 수 있었다. 또한, 추정체계를 보전하며 단순한 모형을 개발하는 회귀모형 개선방법은 차수의 증가 및 변수의 교체에 의

해 후보 회귀모형을 순차적으로 개발하고 최선 모형을 선정할 수 있었다.

본 적용사례의 인체변수 회귀모형 개발 결과, 회귀모형의 결정계수가 0.3 보다 작은 4개의 인체변수들(머리너비, 머리 둘레, 눈동자사이 너비, 손잡기중심 길이)이 제품설계에 이용될 경우 회귀모형에 의한 추정치 보다 인체 실측치 사용이 추천된다. 이들 4개 인체변수들은 다른 인체변수와의 상관성이 거의 없어 결정계수가 0.3 이상인 회귀모형을 개발할 수 없었다. 이들 4 개의 변수들에 대한 계층적 회귀모형은 표준오차가 해당 인체변수의 표준편차에 비해 5~16% 정도 밖에 감소하지 않아 회귀모형을 사용한 추정의 효과가 낮다.

6. 결 론

본 연구는 인체변수의 계층적 추정구조 구성방법과 인체변수 회귀모형 개발 방법으로 구성된 인체변수 계층적 추정방법을 제안하였다. 인체변수 계층적 추정구조의 체계적 구성방법으로 5개의 인체변수들간 관계들(조합/타원적 연관/유사/종속/원근관계)을 순차적으로 이용한 방법이 개발되었고, 인체변수 회귀모형 개발 방법으로 추정구조에 따라 회귀모형을 개발하고 평가하며 개선하는 방법이 제안되었다.

제안된 인체변수 계층적 추정방법은 자동차 내장 설계와 관련되어 선정한 인체변수들의 추정에 적용되었고, 개발된 회귀모형은 추정정확성 측면에서 기존 단층적 회귀모형보다 우수함을 보였다. 자동차 내장 설계와 관련해 선정된 59개 인체변수에 대해 신장과 체중에 기반한 계층적 추정구조가 구성되었고, 그 중 53개 인체변수들에 대한 남성과 여성의 회귀모형이 1988년 US Army 인체측정자료를 이용하여 추정구조에 따라 개발되었다. 그 결과 약 85%의 인체변수들(45개)에 대한 회귀모형의 결정계수가 0.6이상이었다. 본 연구의 계층적 회귀모형과 Annis & McConville(1996)의 단층적 회귀모형에서 공통적으로 추정하는 19개 인체변수에 대해 추정 정확성을 표준오차로 비교한 결과, 계층적 회귀모형이 단층적 회귀모형에 비해 평균적으로 28% (4.3 mm) 향상된 추정정확성을 보였다.

참고 문헌

한국표준과학연구원. (1997). *산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서*. 국립기술품질원.

Annis, J. F., & McConville, J. T. (1996). Anthropometry. In A. Bhattacharya & J. D. McGlothlin (Eds.), *Occupational ergonomics: Theory and application* (pp. 1-46). New York: Dekker.

Case, K., Porter, J. M., & Bonney, M. C. (1990). SAMMIE: A man and workplace modeling system. In W. Karwowski, A. Genaidy, & S.S. Asfour (Eds.), *Computer aided ergonomics* (pp. 31-56). London: Taylor & Francis.

Fogliatto, F. S., & Albin, S. L. (2000). Variance of predicted response as an optimization criterion in multiresponse experiments. *Quality Engineering, 12(4),*

523-533.

Fortin, C., Gilbert, R., Beuter, A., Laurent, F., Schiettekatte, J., & Carrier, R. et al. (1990). SAFEWORK: A microcomputer-aided workstation design and analysis. New advances and future development. In W. Karwowski, A. Genaidy, & S.S. Asfour (Eds.), *Computer aided ergonomics* (pp. 157-180). London: Taylor & Francis.

McDanlel, J.W. (1990). Models for ergonomic analysis and design: COMBIMAN and CREW CHIEF. In W. Karwowski, A. Genaidy, & S.S. Asfour (Eds.), *Computer aided ergonomics* (pp. 138-156). London: Taylor & Francis.

Pheasant, S. (1988). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and eesign.* London: Taylor & Francis.

Robinette, K., & McConville, J. (1982). An alternative to percentile models. In Society of Automotive Engineers, *SAE Transactions* (pp. 938-946). Warrendale, PA: Author.

Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E., & Thomson, W. G. (1975). *Engineering anthropometry methods.* New York: Wiley-Interscience.

Sengupta, A. K., & Das, B. (1997). Human: An AutoCad based three dimensional anthropometric human model for workstation design. *International Journal of Industrial Ergonomics, 19*, 345-352.

Webb Associates. (1978). *Anthropometric Source Book Volume I: Anthropometry for Designers (NASA RP-1024).* Yellow Springs, OH: Author. (NTIS No. N79-13711)

Anthropology Group of the Material Human Factors Branch, Behavioral Sciences Division, SATD, U.S. Army Natick Research Development and Engineering Center. (1988). 1988 Anthropometric survey U.S. ARMY [Data file]. Available from National Technical Information Service Web site, http://www.ntis.gov

저자 소개

◈ 류태범

포항공대 산업공학과 (학사, 석사)
현재 포항공대 기계산업공학부 (박사과정)
주요 관심분야: 인간공학적 제품설계 및 평가, 가상환경상 제품설계

◈ 유희천

서울대학교 산업공학과(학사, 석사)
Penn State University 산업공학과 (박사)
현 포항공대 산업공학과 교수
주요 관심분야: 인간공학적 제품설계 및 평가, 가상환경상 제품설계, 근골격계 위험평가

논문접수일 (Date Received): 2003/08/18
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/10/02

부 록

표 A.1 선정된 인체변수에 대한 남성과 여성의 회귀모형(길이/높이 및 둘레/너비/두께 유형 인체변수 단위: mm, 체중 단위: 10X kg)

인체부위	치수유형	인체변수	성별	회귀모형	SE	adj-R^2
전반	길이	앉은키	남	144.664 + 0.930×머리마루-대퇴돌기길이	14.3	0.839
			여	149.167 + 0.915×머리마루-대퇴돌기길이	13.7	0.846
머리/목	길이	목뒤높이	남	96.350 + 0.987×어깨높이	14.0	0.950
			여	80.217 + 0.996×어깨높이	13.6	0.946
		앉은눈높이	남	-67.253 + 0.940×앉은키	7.2	0.956
			여	-54.228 + 0.931×앉은키	7.1	0.955
	둘레/폭	머리둘레	남	480.736 + 0.021×신장 + 0.063×체중	13.2	0.263
			여	445.926 + 0.039×신장 + 0.059×체중	13.1	0.203
		머리너비	남	43.650 + 0.190×머리둘레	4.5	0.293
			여	52.920 + 0.168×머리둘레	4.3	0.247
		머리두께	남	-16.592 + 0.376×머리둘레	4.0	0.672
			여	-9.869 + 0.361×머리둘레	3.6	0.679
		눈동자사이너비	남	31.957 + 0.216×머리너비	3.5	0.098
			여	34.707 + 0.191×머리너비	3.5	0.068
		목둘레	남	336.648 - 0.041×신장 + 0.147×체중	12.8	0.578
			여	262.746 - 0.020×신장 + 0.138×체중	10.7	0.507
몸통	길이	어깨높이	남	-101.311 + 0.863×신장 + 0.036×체중	16.0	0.933
			여	-86.125 + 0.859×신장 + 0.031×체중	14.3	0.939
		허리높이	남	-25.430 + 0.752×어깨높이	20.5	0.838
			여	-54.981 + 0.778×어깨높이	18.9	0.851
		겨드랑이높이	남	-11.573 + 0.924×어깨높이	9.1	0.975
			여	-3.649 + 0.928×어깨높이	8.1	0.978
	둘레/폭	몸통너비	남	395.859 - 0.039×신장 + 0.209×체중	13.8	0.716
			여	331.865 - 0.026×신장 + 0.230×체중	13.2	0.662
		어깨너비	남	-43.067 + 0.639×몸통너비 + 0.108×신장 - 0.081×체중	12.0	0.554
			여	-63.540 + 0.682×몸통너비 + 0.121×신장 - 0.107×체중	11.5	0.562
		가슴둘레	남	928.002 - 0.242×신장 + 0.622×체중	30.9	0.697
			여	916.480 - 0.282×신장 + 0.727×체중	34.4	0.586

표 A.1 계속

인체부위	치수유형	인체변수	성별	회귀모형	SE	adj-R^2
몸통	둘레/폭	가슴두께	남	−32.321 + 0.278×가슴둘레	9.6	0.799
			여	−31.824 + 0.299×가슴둘레	9.2	0.811
		가슴너비	남	−8.670 + 0.333×가슴둘레	11.1	0.810
			여	43.059 + 0.261×가슴둘레	10.7	0.706
		허리둘레	남	863.094 − 0.347×신장 + 0.775×체중	41.3	0.771
			여	907.143 − 0.424×신장 + 0.928×체중	48.2	0.661
		허리너비	남	34.495 + 0.319×허리둘레	8.0	0.921
			여	31.405 + 0.326×허리둘레	8.4	0.911
		허리두께	남	−12.232 + 0.276×허리둘레	9.1	0.873
			여	−15.397 + 0.277×허리둘레	9.7	0.848
		엉덩이 둘레	남	789.688 − 0.145×신장 + 0.571×체중	20.5	0.892
			여	771.697 − 0.149×신장 + 0.707×체중	25.3	0.823
		엉덩이 너비	남	52.602 + 0.294×엉덩이둘레	8.0	0.814
			여	13.448 + 0.341×엉덩이둘레	9.1	0.836
		엉덩이 두께	남	−39.289 + 0.293×엉덩이둘레	9.1	0.770
			여	−42.219 + 0.279×엉덩이둘레	12.6	0.637
		앉은엉덩이 너비	남	−23.392 + 1.141×엉덩이너비	10.0	0.843
			여	10.175 + 1.092×엉덩이너비	12.0	0.807
다리/발	길이	대퇴돌기 높이	남	−0.922 + 0.878×허리높이	16.7	0.877
			여	25.703 + 0.851×허리높이	17.9	0.843
		무릎중앙 높이	남	2.516 + 0.541×대퇴돌기높이	9.7	0.877
			여	−4.673 + 0.538×대퇴돌기높이	9.4	0.869
		앉은뒤허리 발꿈치길이	남	161.880 + 0.991×대퇴돌기높이	19.1	0.860
			여	142.355 + 1.009×대퇴돌기높이	18.2	0.863
		회음높이	남	−15.427 + 0.919×대퇴돌기높이	14.8	0.898
			여	−31.654 + 0.932×대퇴돌기높이	13.1	0.912
		엉덩이밑 높이	남	−36.549 + 0.917×대퇴돌기높이	13.0	0.919
			여	−35.782 + 0.905×대퇴돌기높이	13.1	0.907
		앉은엉덩이 무릎길이	남	37.195 + 0.535×앉은뒤허리발꿈치길이	12.1	0.836
			여	32.181 + 0.550×앉은뒤허리발꿈치길이	12.1	0.833
		앉은엉덩이 오금길이	남	−30.499 + 0.861×앉은엉덩이무릎길이	6.8	0.936
			여	−26.964 + 0.864×앉은엉덩이무릎길이	7.3	0.923

표 A.1 계속

인체부위	치수유형	인체변수	성별	회귀모형	SE	adj-R^2
다리/발	길이	종아리길이	남	−27.038 + 0.921×무릎중앙높이	5.0	0.962
			여	−31.139 + 0.936×무릎중앙높이	5.0	0.959
		발길이	남	60.714 + 1.078×손길이	7.8	0.643
			여	56.421 + 1.042×손길이	6.9	0.682
		앉은무릎 높이	남	66.394 + 0.975×무릎중앙높이	7.5	0.928
			여	71.102 + 0.969×무릎중앙높이	7.4	0.922
		앉은오금 높이	남	10.338 + 0.839×무릎중앙높이	9.2	0.864
			여	7.815 + 0.831×무릎중앙높이	9.6	0.836
		발뒷꿈치-발등길이	남	−1.653 + 0.733×발길이	4.2	0.840
			여	−2.436 + 0.744×발길이	3.0	0.901
	둘레/폭	허벅지둘레	남	602.377 − 0.212×신장 + 0.467×체중	18.6	0.871
			여	564.472 − 0.203×신장 + 0.558×체중	18.1	0.828
		허벅지두께	남	37.119 + 0.220×허벅지둘레	6.4	0.742
			여	32.274 + 0.218×허벅지둘레	7.0	0.661
		무릎둘레	남	165.667 + 0.370×허벅지둘레	12.6	0.678
			여	121.301 + 0.420×허벅지둘레	13.6	0.659
		종아리둘레	남	31.999 + 0.896×무릎둘레	15.9	0.720
			여	67.377 + 0.780×무릎둘레	14.3	0.610
		발목둘레	남	66.379 + 0.411×종아리둘레	7.8	0.640
			여	62.176 + 0.406×종아리둘레	7.5	0.600
		발너비	남	18.889+ 0.152×발목둘레 + 0.530×손너비	3.8	0.490
			여	14.482 + 0.099×발목둘레 + 0.692×손너비	3.7	0.452
		발꿈치너비	남	−1.251 + 0.130×발길이 + 0.361×발너비	4.2	0.373
			여	−3.368 + 0.126×발길이 + 0.397×발너비	3.7	0.410
팔/손	길이	팔/손길이	남	100.697 + 0.660×대퇴돌기높이	18.6	0.741
			여	56.476 + 0.694×대퇴돌기높이	18.5	0.743
		어깨-팔꿈치길이	남	62.096 + 0.430×팔/손길이	8.2	0.771
			여	60.087 + 0.421×팔/손길이	8.6	0.778
		팔꿈치-손끝길이	남	63.601 + 0.590×팔/손길이	4.5	0.910
			여	51.139 + 0.598×팔/손길이	4.6	0.916
		팔꿈치-손목길이	남	−14.864 + 0.630×아래팔길이	4.6	0.910
			여	−17.681 + 0.633×아래팔길이	4.5	0.916

표 A.1 계속

인체부위	치수유형	인체변수	성별	회귀모형	SE	adj-R^2
팔/손	길이	손잡기중심 길이	남	20.586 + 0.254×손길이	4.2	0.259
			여	23.032 + 0.240×손길이	4.3	0.222
	둘레/폭	윗팔둘레	남	378.468− 0.137×신장 + 0.251×체중	12.4	0.791
			여	349.269 − 0.148×신장 + 0.297×체중	11.9	0.763
		아래팔둘레	남	−1.683 + 1.101×팔꿈치둘레	8.2	0.808
			여	10.354 + 1.021×팔꿈치둘레	4.5	0.820
		팔꿈치둘레	남	125.908 + 0.451×윗팔둘레	9.2	0.639
			여	112.768 + 0.430×윗팔둘레	8.3	0.617
		손목둘레	남	56.742 + 0.424×팔꿈치둘레	5.2	0.611
			여	58.009 + 0.391×팔꿈치둘레	6.3	0.579
		손둘레	남	55.438 + 0.909×손목둘레	6.1	0.608
			여	47.126 + 0.919×손목둘레	5.6	0.560
		손너비	남	1.916 + 0.414×손둘레	1.3	0.904
			여	−0.112 + 0.427×손둘레	1.0	0.925