《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.7 No. 1, June 1988

인체부위의 상관분석 및 극단값 추정에 관한 연구

(A Study on the Correlation Analysis of Anthropometric Data and Estimation of the Anthropometric Extremes of Korean)

김 진 호† 장 명 현† 김 철 중†

Abstract

Most designers of equipment, or of a workplace layout, frequently choose 5 percentile female and 95 percentile male dimensions as design limits. If the design is not an one-dimensional problem, it is difficult to choose '5 percentile female' or '95 percentile male'. Hence it is important to consider the interactions or relationships between body dimensions. This paper deals with correlation analysis, factor analysis and partial correlation analysis using data above age 20 from the national anthropometric survey in Korea, 1986. Besides, a model which represent the extremes of body size of Korean has been developed in this paper.

Ⅰ. 서 론

현대문명이 발달함에 따라 산업시설 뿐만 아니라 일상생활에서도 기계가 차지하는 비중이 점차 증대되어 인간과 기계계면(Man-machine interface)에 대한 연구가 부각되고 있다. 산업시설 설계에서는 인체부위 치수가 필수적으로 이용되고 특히 공공시설에서도 가능한한 이용자 모두에게 편의성을 제공하기 위하여 인체치수 활용에 대한 관심도가 높아지게 되었다.

가장 큰 사람과 작은 사람의 인체부위까지 고려하여 설계가 이루어진다면 시설이나 제품이 모든 사람에게 편리하게 만들어 지겠지만 비용이나 공간등의 제약으로 인해 모든 사람을 만족시키기 힘들게 된다. 그렇기 때문에 이용자 중 95% 정도가 만족을 얻을수 있도록 디자인 범위를 여자 5% (percentile)에서 남자 95% (percantile)까지 정할때가 많다[1]. 그러나 디자인에 이용되는 부위가 1차원적인(one-dimensional) 문제를 넘어 선다면 '여자 5%'와 '남자 95%'의 선택이 어렵게 된다[1]. 1969년 Searle와 Haslegrave가 "여자 인체부위 각각에 대한 5% 값들이 2개이상 조합되었을 때에는 이들이 여자 모집단에 대한 5% 값이 될수 없

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

† 한국표준연구소 인간공학센터

다"는 것을 밝혔으며 [2][3], 그 단적인 예로 McConville와 Churchill은 신장을 수직으로 14등분하고 각 부분에서 95% 값을 합하여 신장의 95% 값과 비교한 결과 약 30cm 이상의 차이가 있음을 밝혔다[4].

따라서 본 연구에서는 '86 국민 표준 체위조사 20세 이상 남여 자료를 이용하여 설계에 많이 사용되는 14개 인체 부위에 대하여 부위들 간의 상관관계를 파악하였고, 14개 부위를 동질 그룹으로 대분하기 위하여 인자분석을 하였으며, 부분 상관분석을 통하여 각 그룹의 대표 부위를 파악 하였다. 또 이를 토대로 디자인에 이용하였을 때 95% 만족 할 수 있는 인체 측단값을 찾아내기 위하여 여자 5% 값과 남자 95% 값을 추정하였다.

Ⅱ. 인체부위의 상관관계

1. 상관관계 분석

인체 각 부위 사이에는 상호 상관관계가 있음은 물론이나 그들 간의 상관관계는 각각 고저의 차이가 있으며 복잡하다.

표1, 표2는 '86 국민 표준 체위조사 자료를 이용하여 구한 20세 이상 남자와 여자의 상관계수 행렬이다. (본 연구에서 사용되는 변수(Xi)는 표1, 표2와 같음) 남여 모두 견봉높이, 장룡점 높이와 신장, 견봉 높이와 장룡점 높이, 앉은 눈높이와 앉은 어깨높이는 상관관계가 매우 높았다(0.80 이상). 남자에 있어서 앉은 눈높이·앉은 어깨높이와 마루대퇴위 높이, 마루대퇴위 높이와 전완길이, 엉덩이 무릎굽힌 앞길이·전완길이와 앉은 어깨높이, 장룡점 높이와 앉은 눈높이는 높은 상관관계 (0.6−0.8)가 있는것으로 나타났다. 또 가슴두께, 배꼽 수준두께와 견봉너비 이외에는 너비·두께부위들 사이에는 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 신장은 높이 부위들과 높은 상관관계에 있었고 체중은 너비·두께부위와 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 그러나 높이 부위와 너비·두께부위 간에는 상관관계가 매우 적은것으로(0.4 이하) 나타났다. 여자에 있어서도 특별히 마루대퇴위 높이가 다른 높이 부위와 상관관계가 낮은(0.4−0.6) 것을 제외하고는 남자의 경우와 비슷한 결과를 보였다.

표 1. 20세 이상 남자의 상관계수 행렬

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
X1	1.00													
X2	0.92	1.00												
X3	0.85	0.83	1.00											
X4	0.73	0.67	0.53	1.00										
X5	0.65	0.66	0.47	0.89	1.00									
X6	0.60	0.56	0.50	0.59	0.53	1.00								
X7	0.51	0.47	0.41	0.44	0.37	0.38	1.00							
X8	0.34	0.34	0.27	0.32	0.23	0.37	0.61	1.00						
X9	0.13	0.15	0.16	0.11	0.13	0.30	0.24	0.53	1.00					
X10	0.04	0.05	0.03	0.05	0.09	0.21	0.21	0.54	0.70	1.00				
X11	0.45	0.44	0.37	0.40	0.29	0.41	0.53	0.63	0.51	0.54	1.00			
X12	0.76	0.74	0.73	0.47	0.41	0.58	0.41	0.41	0.31	0.22	0.43	1.00		
X13	0.70	0.68	0.64	0.44	0.39	0.42	0.41	0.26	0.12	-0.07	0.32	0.58	1.00	
X14	0.68	0.67	0.60	0.42	0.40	0.51	0.55	0.73	0.72	0.70	0.76	0.54	0.35	1.00

표 2. 20세 이상 여자의 상관계수 행렬

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
X1	1.00													
X2	0.91	1.00												
X3	0.86	0.83	1.00											
X4	0.72	0.67	0.53	1.00										
X5	0.58	0.61	0.42	0.81	1.00									
X6	0.47	0.43	0.43	0.35	0.13	1.00								
X7	0.44	0.41	0.36	0.36	0.32	0.32	1.00							
X8	0.20	0.24	0.15	0.17	0.24	0.26	0.53	1.00						
X9	-0.02	0.04	-0.02	-0.03	0.06	0.14	0.25	0.57	1.00					
X10	-0.09	-0.02	-0.06	-0.09	0.05	-0.07	0.21	0.62	0.79	1.00				
X11	0.34	0.35	0.27	0.31	0.34	0.32	0.47	0.61	0.56	0.53	1.00			
X12	0.66	0.66	0.64	0.33	0.26	0.38	0.41	0.25	0.20	0.18	0.40	1.00		
X13	0.67	0.66	0.65	0.40	0.33	0.35	0.34	0.25	0.11	0.10	0.32	0.52	1.00	
X14	0.42	0.45	0.36	0.34	0.36	0.36	0.52	0.76	0.72	0.67	0.78	0.53	0.40	1.00

X1 : 신장　　X2 : 견봉높이　　X3 : 장룡점높이　　X4 : 앉은눈높이
X5 : 앉은어깨높이　　X6 : 마루대퇴위높이　　X7 : 전완너비　　X8 : 가슴너비
X9 : 가슴두께　　X10: 배꼽수준두께　　X11: 엉덩이너비　　X12: 엉덩이무릎굽힌 앞길이
X13: 전완길이　　X14: 체중

2. 인자분석

본 절에서는 인체 측정자료에 대하여 다변량 분석법의 하나인 상관행렬로 부터의 인자분석 (factor analysis)을 함으로써 14개 부위가 몇 개의 인자 (factor)로 대분되어지는가를 알아 보았다. 이때 인자 적재값을 추정하는 방법은 1968년 Joreskog와 Laway가 제안한 최대우도 추정방법 (Maximum likelihood estimation) 을 사용하였다.

그 결과는 표3, 표4와 같은데 표3에서 3개의 인자 (factor)로 14개 변수(Xi)를 설명할 경우 설명율은 남자가 약 69.7%, 여자가 69.3%임을 알 수 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 3. 인자분석의 고유치(Eigavalues of Factor Analysis)

	남 자			여 자		
	factor1	factor2	factor3	factor1	factor2	factor3
Eigenvalues	6.57	2.45	0.74	5.78	3.03	0.89
PCT of variable	46.9	17.5	5.3	41.3	21.7	6.4
CUM PCT	46.9	64.4	69.7	41.3	62.9	69.3

표 4. 인자분석의 인자적재값
(Factor Loadings of Factor Analysis)

	남 자			여 자		
	요인1 (f1)	요인2 (f2)	요인3 (f3)	요인1 (f1)	요인2 (f2)	요인3 (f3)
X1	-0.95	-0.25	-0.05	-0.94	-0.24	0.11
X2	-0.91	-0.22	-0.07	-0.91	-0.17	0.11
X3	-0.82	-0.24	-0.26	-0.82	-0.22	0.29
X4	-0.76	-0.14	-0.51	-0.77	-0.21	-0.51
X5	-0.69	-0.10	-0.59	-0.67	-0.08	-0.54
X6	-0.64	0.10	-0.17	-0.48	0.05	0.22
X7	-0.59	0.21	0.05	-0.53	0.26	-0.01
X8	0.46	-0.56	0.04	0.40	-0.70	-0.03
X9	0.33	-0.73	-0.08	0.19	-0.84	0.00
X10	0.25	-0.78	-0.03	0.12	-0.83	0.00
X11	-0.55	-0.61	0.05	-0.53	-0.59	-0.07
X12	-0.79	0.00	-0.27	-0.69	0.11	0.35
X13	-0.68	-0.18	-0.19	-0.68	-0.02	0.25
X14	-0.69	-0.68	0.00	-0.64	0.72	-0.01

표 4는 인자분석의 인자 적재값(factor loading)을 나타낸 것으로 인자 적재값은 인자(fi)와 변수(Xi) 사이의 상관관계를 나타내는 값을 말한다. 여기서 인자 적재값의 각 요소를 계수로 사용하여 변수(Xi)로 추정할 수 있는데 남자는 식(3.1), 여자는(3.2)로 표시할 수 있다. 이때 fi는 공통인자(common factor)이고 ei는 특정인자(specific factor) 이다.

$$\left.\begin{aligned} X1 &= 0.95f1 - 0.25f2 - 0.05f3 + e1 \\ &\vdots \\ X14 &= 0.69f1 + 0.68f2 + 0.00f3 + e14 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (3.1)$$

$$\left.\begin{aligned} X1 &= 0.94f1 - 0.24f2 + 0.11f3 + e1 \\ &\vdots \\ X14 &= 0.64f1 + 0.72f2 - 0.01f3 + e14 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (3.2)$$

그림 1은 14개의 변수(Xi)를 좌표축으로 하

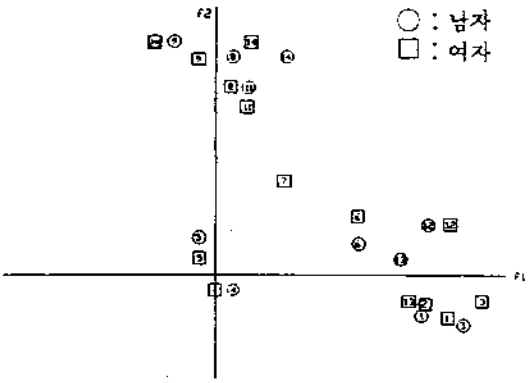


그림 1. 인자회전(factor rotation)

는 14차원 공간에서의 산포상태를 2차 평면으로 나타낸 것이다.

표 4, 식(3.1) (3.2), 그림 1의 결과를 해석하여 변수간의 상관관계에 따라 다음과 같이 14개의 변수를 3개의 그룹으로 대분할 수 있다.

그룹 1 : X1, X2, X3, X6, X12, X13
그룹 2 : X7, X8, X9, X10, X11, X14
그룹 3 : X4, X5

그룹 1은 선자세의 높이부위, 그룹 2는 너비.두께부위, 그룹 3은 앉은 자세의 높이부위로 구별지어 진다. 표 4와 그림 1에서 견봉너비는 요인 1과 요인 2에 모두 영향을 받고 있으나 높이부위 보다는 너비, 두께부위와 상관계수가 더 크고 특히 체중과 상관관계가 높기 때문에 그룹 2에 포함 시켰다.

위에서 얻은 결과로서 2차원 이상의 인체부위를 산업설계에 이용하기 위해서는 크게 선자세의 높이부위, 너비·두께부위, 앉은 자세의 높이 부위로 대분 하여야 할 것이다.

3. 부분 상관관계 분석

만약 두 변수 사이에 상관관계가 있다고 하더라도 두 변수가 각각 다른 변수와 상관관계에 있기 때문에 두 변수 사이에 상관관계가 존재할 수 있다. 그러므로 하나 또는 그 이상의 변수들이 고정되어 있는 조건분포(conditional distribution)에 있어서 두 변수 사이의 상관관계를 파악할 필요가 있다. 즉 X3가 고정되었을 때

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

X1과 X2의 상관계수를 파악할 필요가 있다. X3가 고정되었을 때(부분적으로 제외되었을 때) X1과 X2의 상관계수를 R12 : 3이라 표시할 때 R12 : 3은 식(4.1)과 같이 구하여 진다.

$$R12:3=\frac{R12-R13\ R23}{(1-R13^2)^{1/2}\ (1-R23^2)^{1/2}} \quad \cdots\cdots\cdots (4.1)$$

여기서 Rij는 변수 Xi와 Xj의 상관계수이다.

세개 이상의 변수 일때도 이와같이 구할 수 있는데

$$Rij:km=\frac{Rij:k-Rjm:k\ \ Rim:k}{(1-Rim:k^2)^{1/2}\ (1-Rjm:k^2)^{1/2}} \quad \cdots\cdots\cdots (4.2)$$

은 변수 Xk와 Xm이 고정되었을 때 Xi와 Xj의 상관계수이다.

표 5. 20세 이상 남자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 신장)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.21	1.00										
X4	-0.05	-0.27	1.00									
X5	0.20	-0.20	0.62	1.00								
X6	0.04	0.08	-0.09	-0.08	1.00							
X7	-0.01	-0.03	0.11	0.06	0.11	1.00						
X8	0.08	-0.03	0.11	0.15	0.22	0.54	1.00					
X9	0.07	0.05	0.03	0.06	0.28	0.20	0.52	1.00				
X10	0.06	-0.01	0.04	0.08	0.25	0.22	0.56	0.70	1.00			
X11	0.08	-0.01	0.12	0.15	0.20	0.39	0.56	0.55	0.58	1.00		
X12	0.15	0.23	-0.20	-0.17	0.25	0.04	0.25	0.33	0.29	0.15	1.00	
X13	0.14	0.13	-0.15	-0.11	0.01	0.09	0.03	0.04	-0.09	0.01	0.10	1.00

표 6. 20세 이상 남자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 체중)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.79	1.00										
X4	0.59	0.43	1.00									
X5	0.58	0.37	0.76	1.00								
X6	0.42	0.43	0.22	0.16	1.00							
X7	0.38	0.26	0.27	0.19	0.14	1.00						
X8	0.01	-0.03	0.02	0.05	-0.01	0.37	1.00					
X9	-0.32	-0.24	-0.30	-0.26	-0.12	-0.28	0.00	1.00				
X10	-0.42	-0.37	-0.36	-0.29	-0.21	-0.28	0.05	0.39	1.00			
X11	0.14	0.12	0.14	0.14	0.03	0.20	0.15	-0.01	0.01	1.00		
X12	0.66	0.66	0.32	0.25	0.42	0.16	0.03	-0.13	-0.26	0.03	1.00	
X13	0.62	0.58	0.34	0.29	0.30	0.27	0.00	-0.21	-0.42	0.08	0.49	1.00

표 7. 20세 이상 남자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 신장, 체중)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.22	1.00										
X4	0.05	-0.27	1.00									
X5	0.19	-0.20	0.62	1.00								
X6	0.01	0.10	-0.13	-0.13	1.00							
X7	0.05	-0.03	0.07	0.00	-0.02	1.00						
X8	0.03	-0.02	0.04	0.08	0.00	0.40	1.00					
X9	0.01	0.10	-0.09	-0.07	0.06	-0.18	-0.01	1.00				
X10	0.00	0.02	-0.07	-0.04	0.00	-0.15	0.05	0.27	1.00			
X11	0.04	0.01	0.06	0.07	-0.04	0.16	0.15	0.04	0.09	1.00		
X12	0.14	0.25	-0.25	-0.22	0.17	-0.10	0.06	0.15	0.05	-0.00	1.00	
X13	0.13	0.13	-0.15	-0.12	0.00	0.08	0.03	0.03	-0.09	0.01	0.10	1.00

표 5－10은 신장, 체중, 신장과 체중을 부분적으로 제외시켰을 때 구한 각 부위의 남여상관계수 행렬이다.

표 8. 20세 이상 여자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 신장)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.24	1.00										
X4	0.03	-0.24	1.00									
X5	0.24	-0.20	0.69	1.00								
X6	0.02	0.06	-0.13	-0.20	1.00							
X7	0.02	-0.03	0.07	0.09	0.15	1.00						
X8	0.15	-0.03	0.04	0.15	0.20	0.50	1.00					
X9	0.13	-0.01	-0.02	0.09	0.17	0.29	0.68	1.00				
X10	0.16	0.02	-0.04	0.12	-0.03	0.28	0.65	0.79	1.00			
X11	0.11	-0.04	0.11	0.18	0.20	0.38	0.59	0.60	0.60	1.00		
X12	0.18	0.21	-0.28	-0.20	0.11	0.18	0.29	0.28	0.32	0.25	1.00	
X13	0.16	0.21	-0.16	-0.10	0.05	0.08	0.16	0.17	0.22	0.13	0.14	1.00

표 9. 20세 이상 여자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 체중)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.61	1.00										
X4	0.61	0.47	1.00									
X5	0.54	0.33	0.78	1.00								
X6	0.33	0.35	0.15	0.00	1.00							
X7	0.23	0.22	0.23	0.17	0.17	1.00						
X8	-0.18	-0.19	-0.15	-0.06	-0.02	0.24	1.00					
X9	-0.47	-0.43	-0.43	-0.32	-0.19	-0.22	0.26	1.00				
X10	-0.48	-0.43	-0.46	-0.28	-0.64	-0.22	0.23	0.60	1.00			
X11	0.01	-0.01	0.08	0.10	0.07	0.12	0.06	-0.01	0.03	1.00		
X12	0.56	0.58	0.18	0.09	0.24	0.19	-0.10	-0.32	-0.27	-0.02	1.00	
X13	0.58	0.60	0.30	0.22	0.23	0.17	-0.10	-0.29	-0.25	0.00	0.39	1.00

표 10. 20세 이상 여자의 부분상관계수 행렬
(부분적으로 제외된 변수… 신장, 체중)

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X2	1.00											
X3	0.25	1.00										
X4	0.02	-0.24	1.00									
X5	0.21	-0.20	0.69	1.00								
X6	-0.02	0.07	-0.15	-0.24	1.00							
X7	-0.06	-0.02	0.05	0.03	0.07	1.00						
X8	0.03	-0.03	-0.01	0.06	0.07	0.32	1.00					
X9	-0.01	0.00	-0.12	-0.06	0.00	-0.09	0.18	1.00				
X10	0.03	0.06	-0.14	0.00	-0.30	-0.07	0.14	0.44	1.00			
X11	-0.03	-0.04	0.09	0.10	0.07	0.11	0.06	0.00	0.05	1.00		
X12	0.13	0.23	-0.33	-0.28	0.04	0.04	0.02	-0.04	0.05	-0.04	1.00	
X13	0.13	0.22	-0.18	-0.13	0.01	0.00	0.03	0.04	0.12	-0.01	0.08	1.00

여기서 남자의 결과(표 5－7)는 아래와 같다.

1) 신장이 부분적으로 제외 되었을 때 상관계수 행렬은 표5인데 표1에서의 결과와 비교하면 다음과 같다. 앉은 눈높이와 앉은 어깨높이는 여전히 높은 상관관계를 가지고 있었는데 이것은 인자 분석에서 구한 결과와도 일치한다. 또 너비·두께 부위 사이의 상관계수는 거의 변하지 않았으며, 높이 부위들 사이, 높이 부위와 너비·두께 부위는 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

2) 체중을 부분적으로 제외시키고 상관계수 행렬을 구한 결과가 표 6인데 이 결과를 표1과 비교하면 다음과 같다 : 너비, 두께부위 사이

Copyright (C) 2008 KoreaMedia Co., Ltd.

에는 상관관계가 모두 낮게 나타났으며 높이부위 사이에는 상관계수 값이 조금씩 작게 나타났지만 여전히 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

3) 신장과 체중을 부분적으로 제외 시켰을 때에는(표7) 앉은 눈높이와 앉은 어깨높이는 상관관계가 높았지만 나머지 부위들은 모두 매우 낮은 상관관계에 있었다. 여자의 경우에도 (표 8-10) 체중을 부분적으로 제외시켰을 때 가슴 두께와 배꼽수준 두께가 여전히 높은 상관관계를 가지고 있는것을 제외하고는 남자의 결과와 거의 일치 하였다. 위에서 얻어진 결과로서 인체부위 사이에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

가) 신장은 높이 부위를 대표할 수 있고 너비, 두께부위에는 영향을 적게 준다.

나) 체중은 너비, 두께부위를 대표할 수 있고 높이 부위에는 영향을 적게 준다.

다) 앉은 자세의 높이 부위는 신장과 밀접한 관계가 있지만 선자세의 높이 부위와 구별되어야 한다.

Ⅲ. 인체부위의 극단값 추정

서론에서 언급하였듯이 1차원 인체부위에서 얻은 5%나 95% 값을 조합하여 2차원 이상에서 5%나 95%의 값으로 사용하는 것은 곤란하다. '86 국민 표준 체위조사 남자 20세 이상 자료를 이용하여 신장과 체중부위에 대하여 그 예를 살펴보자. 신장과 체중의 각각에 대한 95% 값은 각각 176.5cm와 74.5kg 이었다(표 11). 이들 값으로 1차원적인 설계가 이루어 진다면 한국인 남자 중에서 약 5% 정도가 불편 -예를 들어 문의 높이를 176.5cm로 정한다면 약5% 정도가 머리를 숙여 출입해야 하는 것과 같은 -을 감수해야 한다. 그런데 이들 값으로 2차원적인 설계가 이루어 진다면 신장이 176.5cm 이상인 사람과 체중이 74.5kg 이상인 사람은 모두 불편을 겪게 되는데 실제 그 숫자는 3,750명의 9.4%인 347명 이었다.

대부분의 디자인에서는 몇 개의 인체 부위를 포함시켜야 하기 때문에 5% 여자와 95% 남자의 인체 치수를 파악하는 것이 중요하다. 사실 몇 개의 인체 부위들을 조합하였을 때 인체 부위들에 대한 5% 또는 95% 값을 찾아내는 것은 매우 어렵다[1]. 따라서 중요한 부위는 정확한 값을 찾아내고 다른 부위들은 사람의 체형에 맞는 가장 실제적인 값으로 대신하고 있다[1, 5, 6, 7]. 1985년 C. M. Haslegrave는 영국인을 대상으로 MIRA에서 구한 자료를 가지고 5% 여자와 95% 남자의 인체부위 극단값을 추정하였다. 그는 95% 남자를 정의할 때 우선 대표 부위로서 신장과 체중에 대해서는 각각의 부위에서 구한 95% 값을 사용하고 나머지 부위들은 신장과 체중이 각각 92.5%-97.5% 사이에 있는 사람들을 추출하여 각 부위들의 중앙값 (median)을 사용하였다[1].

본 장에서는 먼저 한국인에 대한 5% 여자와 95% 남자를 정의하고자 하였는데 그 과정은 아래와 같다. '86 국민 표준체위 조사에서 얻은 표본을 가지고 각 부위에 대하여 정규 분포와 비교한 결과 남자 배꼽 수준두께, 여자 가슴두께, 배꼽 수준두께는 대수정규분포(lognormal) (그림 2)에 더 가깝고 나머지 부위는 거의 정규분포를 따랐다.

〈95% 남자〉

1) 제2장에서 얻어진 결과로서 신장과 체중을 높이 부위와 너비, 두께부위의 대표 부위로 결정한다.

2) 신장(X1)과 체중(X14)이 각각 정규분포를 따른다고 가정할 때 이차원 확률변수 (X1, X14)는 모수가 $E(X1)=\mu 1$, $E(X14)=\mu 14$, $Var(X1)=\sigma^2$, $Var(X14)=\sigma 14^2$ 상관계수 $\sigma 1.14$인 이변량 정규분포(bivariate normal distribution)을 가진다. 이때 한국남자 20세 이상의 모집단 모수(Population parameter)에 대한 추정치(estimator)로서 최대 우도추정치(maximum likelihood estimator)인 $X1=\Sigma X1i/n$, $X14=\Sigma X14i/n$, $S1^2=\Sigma(X1i-\overline{X1})^2/n-1$, $S14^2=\Sigma(X14i-\overline{X14})^2/n$, $S1.14=\Sigma(X1i-\overline{X1})$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

$(X14i-\overline{X14})/n-1$를 $\mu 1$, $\mu 14$, $\sigma 1^2$, $\sigma 14^2$, $\sigma 1.14$의 추정치로 사용하였다. 이들의 값은 '86 국민 표준 체위조사 자료에서 $\overline{X1}=167.370$, $\overline{X14}=61.551$, $S1^2=29.387$, $S14^2=51.754$, $S1.14=0.481$로 구하였다(표 11).

표 11. 14개 부위의 평균, 표준편차, 백분위수

(단위: cm, kg)

부 위	남 자				여 자			
	평 균	표준편차	5%	95%	평 균	표준편차	5%	95%
X1	167.370	5.421	158.5	176.5	154.763	5.163	146.2	163.1
X2	136.730	5.060	128.7	145.7	125.739	4.816	118.4	133.3
X3	95.448	4.158	88.7	102.4	89.962	3.921	83.3	96.4
X4	79.884	2.942	75.0	84.6	73.768	3.014	68.6	78.5
X5	60.344	2.618	56.2	64.7	55.415	2.603	51.2	59.4
X6	50.982	2.035	47.6	54.2	48.312	1.956	44.8	51.5
X7	39.787	1.732	36.9	42.6	36.045	1.642	33.2	38.7
X8	28.926	1.726	26.3	31.9	25.514	1.496	23.2	28.0
X9	20.190	1.640	17.7	23.1	20.711	2.279	17.6	24.8
X10	18.176	2.074	15.4	22.3	18.039	2.621	14.8	23.3
X11	32.822	1.701	29.1	34.6	33.122	1.809	30.2	35.2
X12	54.857	2.446	50.8	58.9	52.700	2.541	48.6	56.9
X13	45.288	2.047	41.8	48.7	41.261	1.783	38.5	44.2
X14	61.551	7.194	51.0	74.5	52.529	6.722	43.0	65.0

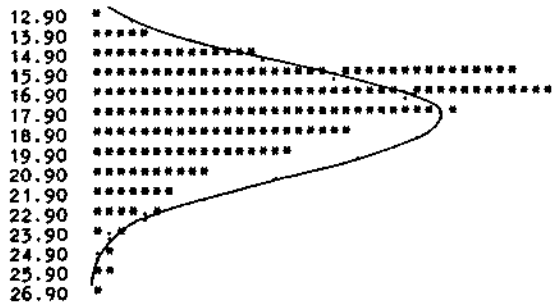
3) (X1, X14)의 95% 값(제95백분위수) a, b는 각각의 주변분포(marginal distribution)에서 그 값보다 작은 확률이 같으면서 이변량 정규분포에서 그 값들보다 작을 확률을 95%로 구하였다. 즉,

$$\Pr[X1<a]=\Pr[X14<b] \cdots\cdots (5.1)$$

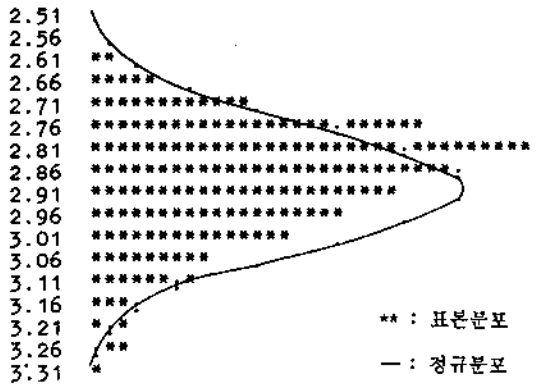
$$\Pr[X1<a,\ X14<b]$$
$$=\int_{-\infty}^{b}\int_{-\infty}^{a} f(x1,\ x14)\,dx1dx14$$
$$=0.95 \cdots\cdots (5.2)$$

로 한다. 두식(5.1) (5.2)에서 신장(X1)과 체중(X14)에 대한 95% 값으로 177.8 cm, 75.39 kg을 구하였으며 이 값들은 디자인에 이용되었을 때 1차원 설계에서 같은 디자인 만족도를 얻고 2차원 설계에서 95% 만족할 수 있는 값이다.

4) 95% 남자에 적합한 선자세의 높이부위 값은 2)에서와 같이 각 높이 부위와 신장의 이변량 정규분포를 구한 다음 신장이 177.8 cm 보다 작은 상태하에서 각 부위의 95% 만족할 수 있는 값을 취하였다. 예를 들어 눈높이(X4)는



a) X10의 표본 분포와 정규분포의 비교



b) ln(X10)의 표본분포와 정규분포의 비교

그림 2. 20세 이상 여자의 배꼽 수준두께(X10)의 분포

$$\Pr[X3<c \mid X1<177.8]$$
$$=\frac{\Pr[X3<c,\ X1<177.8]}{\Pr[X1<177.8]}=0.95 \cdots (5.3)$$

로서 약 144.05 cm를 구하였다.

5) 너비, 두께 부위의 값은 각 부위와 체중에 대하여 4)와 같은 방법으로 구하였으며 배꼽수준두께(X10)은 대수를 취한 ln(X10)을 변수로 사용하였다.

6) 앉은 자세의 높이 부위는 선자세의 높이부위와 구별되어야 하는데 대표 부위로서 앉은 눈높이가 특별한 값을 갖도록 하였다. 앉은 눈높이(X4)와 체중(X14)과의 이변량 정규분포에서 체중이 75.39 kg 보다 작으면서 95%가 되는 값을 취하였다. 즉,

$$\Pr[X4<d,\ X14<75.39]$$
$$=\int_{-\infty}^{d}\int_{-\infty}^{75.39} f(x4,\ x14)\,dx14\,dx4$$
$$=0.95 \cdots\cdots (5.4)$$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

로하여 약 64.40cm를 얻었다. 또 앉은 어깨높이의 값은 4)와 같이 구하였으며 14개 부위에 다하여 구한 결과는 표 12이다.

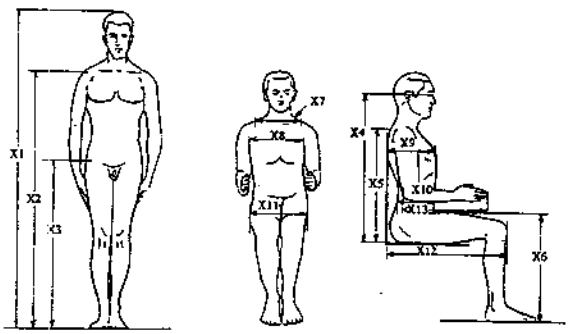
〈5% 여자〉

95% 남자에서 구한 방법과 값은 방법을 사용하였으며 가슴두께(X9)와 배꼽수준두께(X10)는 대수를 취한 ln(X9), ln(X10)을 변수로 하였고 구한결과는 표 12이다.

표 12. 5% 여자와 95% 남자의 인체부위 추정치

(단위: cm, kg)

부 위	95% 남자		5% 여자	
	추 정 치	표준의백분위수	추 정 치	표준의백분위수
신 장 (X 1)	177.80	제 97 백분위수	144.80	제 4 백분위수
겨 붕 높 이 (X 2)	144.05	제 93 백분위수	118.75	제 7 백분위수
잠 통 점 높 이 (X 3)	101.60	제 93 백분위수	84.20	제 8 백분위수
앉 은 눈 높 이 (X 4)	85.50	제 97 백분위수	67.90	제 3 백분위수
앉은어깨높이 (X 5)	64.40	제 94 백분위수	51.35	제 7 백분위수
아루대퇴위높이 (X 6)	54.15	제 94 백분위수	45.15	제 6 백분위수
겨 붕 너 비 (X 7)	42.50	제 95 백분위수	33.45	제 7 백분위수
가 슴 너 비 (X 8)	31.55	제 93 백분위수	23.25	제 5 백분위수
가 슴 두 께 (X 9)	22.70	제 93 백분위수	17.48	제 6 백분위수
배꼽수준두께 (X10)	21.37	제 93 백분위수	14.70	제 5 백분위수
앉은엉덩이너비 (X11)	34.40	제 94 백분위수	30.40	제 8 백분위수
엉덩이무릎굴린 앞길이 (X12)	58.55	제 93 백분위수	48.80	제 6 백분위수
겨 완 길 이 (X13)	46.40	제 94 백분위수	38.50	제 6 백분위수
체 중 (X14)	75.39	제 96 백분위수	40.00	제 2 백분위수



본 장에서 인체의 수직과 수평 부위의 대표부위로서 신장, 체중, 앉은 눈높이가 시설이나 제품설계에 이용되었을 때 사용자의 약 95% 정도가 만족하도록 그 값을 추정하였고 3개 부위에 큰 영향을 받고 있는 나머지 부위들은 체형에 맞도록 실제값을 추정하였다. 표 12에서 95% 남자의 경우 표본 조사자료의 비교하여 대표 부위들은 각 부위마다 96-97% 값, 나머지 부위는 각 부위마다 93-94% 값이었으며, 5% 여자의 경우는 대표 부위는 각 부위마다 2-4% 값, 나머지 부위는 각 부위마다 5-7% 값이었다.

결론적으로 1차원 설계에서는 각 부위의 5%, 95% 값(표 11)을 이용하면 되겠지만 2차원 이상의 공간에서 인체부위 치수에 대하여 디자인 범위를 정할 때에는 설계에 핵심이 되는 부위는 3-4%에서 96-97% 값, 나머지 부위는 6-7%에서 93-94% 값을 기준으로 하는 것이 더 바람직 하다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 '86 국민 표준 체위조사 자료 중에서 20세 이상 남여를 대상으로 산업설계에 많이 쓰이는 14개 부위에 대하여 상관관계 분석과 극단 인체부위 값을 추정 하였다.

상관계수 행렬로 부터 높이 부위와 너비.두께 부위는 상관관계가 적은 것으로 나타났으며 신장은 높이부위, 체중은 너비.두께부위에 모두 영향력이 많았다. 또 인자 분석으로 14개 부위가 크게 3개의 인자로 대분할 수 있었는데 인자 1은 선자세의 높이부위, 인자 2는 너비.두께부위, 인자 3은 앉은 자세의 높이부위였다. 부분 상관분석으로 신장을 높이 부위의 대표부위, 체중을 너비.두께부위의 대표부위로 할 수 있었으며 이 두 부위는 극단인체부위 값을 추정할 때 중요한 부위로 사용하였다. 또 본 연구에서는 산업이나 시설설계에 인체부위를 이용하여 디자인 범위를 정할 때 사용자의 95% 정도가 만족할 수 있는 5% 여자와 95% 남자의 인체부위값을 제시하였다.

그러나 인체 부위들이 사람마다 다른 값을 가질 뿐 아니라 그 변화도 일정하지 않기 때문에 본 연구에서 제시한 5% 여자, 95% 남자의 추정치는 이용분야가 한정되어 있고 또 타당성을 더욱 보아야 하겠지만 좁은 공간에서의 개폐구

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

설계, Workstation 설계, 공공시설 설계등의 이용에 적합할 것으로 생각된다. 앞으로 좀 더 다변량적인 측면에서 연구가 계속된다면 본 연구에서 발견되는 문제점을 보완할 수 있을 것으로 생각한다.

參 考 文 獻

1. C.M. Haslegrave, "Characterizing the anthropometric extremes of the population", *Ergonomics*, Vol. 29 No. 2, 281-301, 1986.
2. J.A.Searle and C.M.Haslegrave, "Anthropometric dummies for crash research", MIRA Bulletin, No.5, 25-30, 1969.
3. J.A.Searle and C.M. Haslegrave, "Reply by the authors of the original article", MIRA Bulletin, No. 4, 20-21, 1970
4. McConville, J.T., and Churchill, E., "Statistical concepts in design", Report No. AMRLTR-76-29, 1976.
5. C.M. Haslegrave, "Anthropometric profile of the British car driver", *Ergonomics*, Vol. 23, 437-467, 1980.
6. D.H.Robbins, L.W. Schneider, R.G. Snyder, and M.Haffner, "Seated posture of vehicle occupants", Proceedings of 27th stapp Car Crash Conference, San Diego, 199-224, 1983.
7. J.A.Searle and C.M. Haslegrave, "Improvements in the design of anthropometric / anthropomorphic dummies", MIRA Bulletin, No.5, 10-23, 1970.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.