

인체측정자료 적용 설계를 위한 대표인체모델 설정 기법의 평가: 격자 형성 기법

Evaluation of a representative case determination method for anthropometric design: Grid formation approach

정기효, 유희천

포항공과대학교 기계산업공학부

ABSTRACT

대표인체모델은 방대한 인체측정자료를 소수의 대표 인체로 축소시켜 모집단의 인체크기 특성을 효율적으로 제품설계 및 평가에 적용할 수 있게 한다. 대표인체모델 설정 기법은 인체공학적 설계 및 평가에 사용되고 있으나, 설정된 대표인체모델의 모집단 수용성에 대한 평가는 미흡한 실정이다. 본 연구는 격자 형성 기법을 이용하여 사무용 책상과 의자 설계를 위한 대표인체모델을 생성하고, 생성된 대표인체모델의 모집단 수용률을 평가하였다. 격자 형성 기법으로 생성된 대표인체모델의 모집단 수용률은 수용률 산정시 고려되는 인체변수의 개수가 증가할수록 목표한 수용률(예: 95%)보다 현저하게 저하되는 것으로 나타났다. 본 연구에 적용된 수용률 평가 방법은 기존 대표인체모델 기법의 모집단 수용성 평가에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

Keyword: 대표인체모델, 격자 형성 기법, 수용률 분석, 인체공학적 설계, 인체측정자료

1. 서론

대표인체모델(representative case)은 사용자 인체크기 특성을 고려한 인체공학적 설계 및 평가에 활용되고 있다. 대표인체모델은 방대한 인체측정자료를 소수의 대표인체로 축소시켜 사용자 인체크기 특성을 효율적으로 활용할 수 있도록 한다. 이러한 대표인체모델은 우주비행기 기내 설계(Roebuck, 1993), 조종실 설계 평가(Zehner, 1996), 의복치수체계 개발(Robinette and Annis, 1986), 자동차 내장 설계(Eynard et al., 2000)에 유용하게 활용된 사례가 보고되고 있다.

대표인체모델을 생성하기 위해 격자 형성 기법(grid formation approach)이 사용되고 있다. 격자 형성 기법은 중요변수 선정, 대표격자 형성, 대표격자 별 대표인체 생성의 순으로 대표인체모델을 설정하게 된다(그림 1 참조).

중요변수는 인체변수들 간 회귀분석을 통해 인체변수들 중에서 소수(예: 1 ~ 5 개)로 선정되며, 대표격자는 중요변수와 설계허용공차를 사용해 형성된 격자들 중에서 인체 출현빈도가 높은 순으로 목표한 수용률(예: 95%)을 만족하도록 선정된다. 마지막으로, 대표인체모델은 대표 격자 별로 하나씩 생성되는데, 대표인체모델의 중요변수 치수는 격자의 중심크기로 설정되고, 나머지 인체변수는 중요변수를 사용한 회귀식을 이용해 추정된다.

대표인체모델은 격자 형성 기법을 적용하여 생성될 수 있으나, 생성된 대표인체모델의 모집단 인체크기 수용성 평가는 미흡한 실정이다. 격자 형성 기법은 중요변수를 기준으로 목표한 수용률을 만족하도록 대표인체모델을 생성하기 때문에 중요변수를 사용해 추정되는 나머지 인체변수의 모집단 수용에 대한 정보는

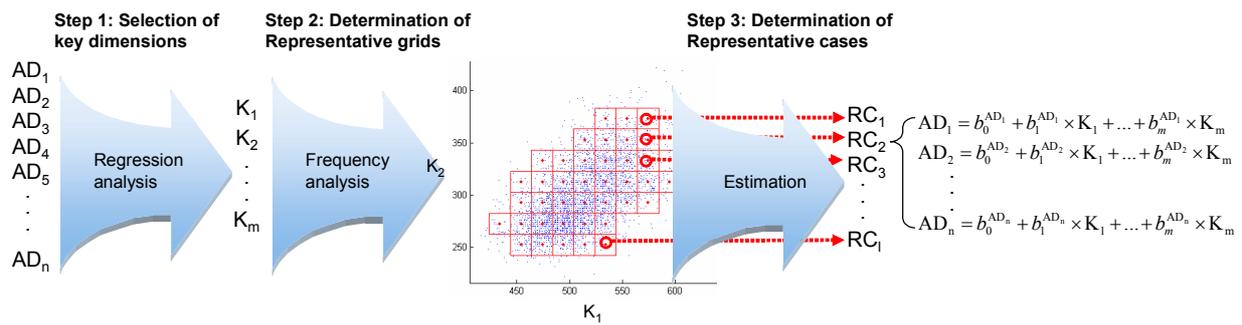


그림 1. 격자 형성 기법을 적용한 대표인체모델 설정 절차
(AD: anthropometric dimension, K: key dimension, RC: representative case)

대표인체모델 설정 시 고려하지 못한다. 따라서, 생성된 대표인체모델에 대한 수용률 분석이 요구되나 그에 대한 평가는 전무한 실정이다.

본 연구는 격자 형성 기법에 의해 생성된 대표인체모델의 모집단 수용성을 평가하였다. 격자 형성 기법을 적용하여 사무용 책상과 의자 설계를 위한 대표인체모델을 생성하였다. 그리고 대표인체모델의 모집단 수용성을 생성된 대표인체모델을 중심으로 허용공차 범위 내에 포함된 인체 출현율을 사용하여 평가하였다.

2. 평가 방법

2.1 사무용 책상과 의자 설계

본 연구는 대표인체모델 설정에 US Army 인체측정자료를 사용하였다. US Army 인체측정 자료에는 미군 3,987 명(남자: 1,774; 여자: 2,213)을 대상으로 측정한 자료가 포함되어 있다 (Gordon, 1988). 본 연구는 대표인체모델 생성과 생성된 인체모델의 수용률 평가를 위해 인체측정자료를 learning set(2,982 명)과 testing set(1,000 명)을 무작위로 구분하여 사용하였다.

본 연구는 기존 연구를 참조하여 사무용 책상과 의자 설계를 위한 인체변수와 허용공차를 설정하였다. 인체변수는 computer workstation 설계 표준안(draft standard)인 BRS/HFES100 (2002)에서 제공하는 사무용 책상과 의자 설계 관련 인체변수 10 개가 선정되었다(표 1 참조). 또한, 설계 허용공차는 BRS/HFES100 (2002)

에서 사용한 책상과 의자 설계 여유치수 (allowance) 1 ~ 8.5 cm 를 참조하여 5 cm(± 2.5 cm)로 설정되었다.

표 1. 사무용 의자와 책상 설계를 위한 인체변수

Design dimension	Anthropometric dimension
Seat pan	Popliteal height
	Buttock-popliteal length
	Hip breadth
Armrest	Elbow rest height
	Hip breadth
Work table	Popliteal height
	Thigh clearance height
	Buttock-knee length
	Abdominal extension depth
Leg room	Forearm-to-forearm breadth
	Hip breadth
	Buttock-knee length
	Abdominal extension depth
	Popliteal height
	Foot length
	Thigh clearance height
	Knee height

2.2 중요변수 설정

본 연구는 인체변수들 간 회귀분석을 통해 다른 인체변수들과 수정회귀결정계수(adjusted R^2)가 높은 인체변수 3 개를 중요변수로

선정하였다(그림 2 참조). 중요변수의 개수에 따른 인체변수들 간 통계적 연관성을 분석하기 위해 회귀계수인 인체변수의 개수를 1 ~ 10 개로 변화시켜가면서 수정회귀계수의 변화추이가 분석되었다. 본 연구는 소수의 인체변수로 구성(예: 1 ~ 5 개)되면서 다른 인체 변수들과 수정회귀결정계수가 상대적으로 높았던 인체변수 3 개(popliteal height, thigh clearance height, buttock-popliteal length)를 중요변수로 설정하였다.

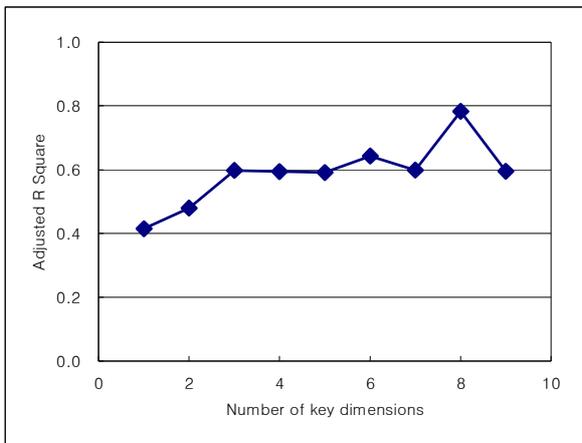


그림 2. 중요변수 개수에 따른 인체변수들 간 수정회귀계수(adjusted R^2)변화 추이

2.3 수용률 평가 척도

본 연구는 대표인체모델의 모집단 수용률을 대표인체모델을 중심으로 허용공차 범위 내에 포함된 인체의 비율로 정의하였다. 모집단 수용률은 개별 인체변수를 기준으로 산출될 수 있으며, 또한 두 개 이상의 인체변수를 동시에 고려하여 산출할 수 있다. 본 연구는 동시에 고려되는 인체변수의 개수를 1 ~ 10 개로 증가시켜가면서 수용률 변화 추이를 분석하였다. 본 연구의 대표인체모델 생성 및 수용률 분석은 MATLAB 7.0 을 사용하여 이루어졌다.

3. 결과

본 연구는 격자 형성 기법을 적용하여 대표인체모델 12 개를 생성하였다(그림 3 참조).

생성된 대표인체모델은 그림 3 과 같이 중요변수 측면에서 모집단의 95%를 만족하도록 설정되었다.

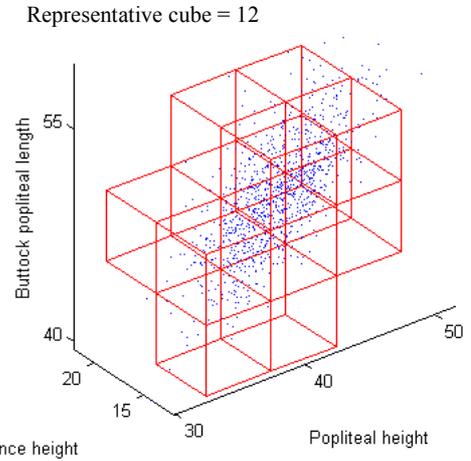


그림 3. 격자 형성 기법을 적용하여 형성된 대표인체모델(단위: cm)

생성된 대표인체모델의 수용률은 수용률 산정에 동시 고려되는 인체변수가 증가할수록 현저히 감소하는 것으로 나타났다(그림 4 참조). 동시 고려되는 인체변수가 하나인 일변량 수용률은 99%로 나타나 목표한 수용률보다 높은 것으로 분석되었다. 그러나, 인체변수의 개수가 증가할수록 수용률은 현저히 저하되는 경향이 나타났다. 또한, 삼변량 수용률은 평균 74%로 나타나 중요변수에 대한 수용률은 95%를 만족하나 다른 인체변수들에 대한 수용률이 낮아

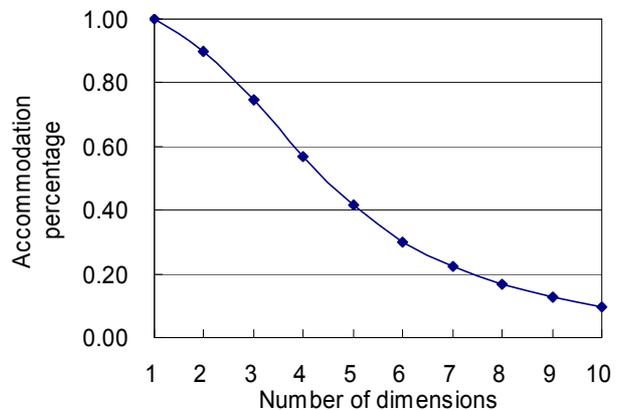


그림 4. 동시 고려되는 인체변수 증가에 따른 수용률 변화 추이

전반적 수용률은 목표 수용률에 미달하는 것으로 분석되었다.

중요변수와 다른 인체변수 간의 수정회귀결정계수가 수용률과 양의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 이변량 수용률에 대해 회귀분석을 수행한 결과, 회귀결정계수와 이변량 수용률 간의 회귀식이 유의한 것으로 분석되었다($F(2,42)=5.15$, $p=0.01$). 따라서, 중요변수와 회귀결정계수가 클수록 인체변수의 수용률이 유의하게 증가하게 된다.

4. 토의

본 연구는 대표인체모델 기법을 통해 생성된 대표인체모델의 모집단 인체크기 수용성을 평가하는 방법을 개발하였다. 인체공학적 설계를 위해 대표인체모델은 모집단의 다양한 인체크기를 효과적으로 대표해야 하므로 모집단 분포의 전반적 수용이 요구된다. 본 연구는 인체변수에 대한 최소/최대 크기 수용뿐만 아니라, 설계 허용공차를 사용하여 모집단의 다양한 인체크기의 수용성을 평가할 수 있는 방법을 개발하였다. 본 연구의 수용률 평가 방법은 기존의 다른 대표인체모델 설정 기법 평가에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 인체변수 간 회귀분석을 통해 중요변수를 설정하였다. 본 연구에서 제시한 통계적 분석을 통한 중요변수 선정 방법은 체계적 중요변수 선정 시 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

다수 인체변수의 동시 수용이 중요한 다변량 설계(multivariate design)를 위해 새로운 대표인체모델 설정 기법의 개발이 요구된다. 격자 형성 기법을 통해 생성된 대표인체모델은 동시에 고려되는 인체변수가 증가할수록 현저하게 수용률이 저하되었다. 따라서, 인체변수의 동시 수용이 중요한 설계문제에는 격자 형성 기법의 적용이 부적합하다.

설계허용공차는 격자 형성 기법을 이용한 대표인체모델 설정에 있어 대단히 중요한

요소이다. 허용공차는 설계 대상에 따라 생산 경제성과 인체 적합성을 고려하여 설정되는 것이 바람직하다. 그러나, 허용공차를 작게 설정하면 생성되는 대표인체모델의 개수가 증가하여 인체측정자료의 설계 및 평가 적용이 상대적으로 어려워진다. 본 연구에서는 기존 연구를 참조하여 허용공차를 5 cm 로 설정하였으나, 설계 대상에 따라 상이한 허용공차가 적용될 수 있다.

참고 문헌

- Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Churchill, T., Clauser, C., McConville, J., Tebbetts, I., and Walker, R. (1988). 1988 Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics (Technical Report NATICK/TR-89/044), US Army Natick Research Center: Natick, MA.
- BRS/HFES100 (2002). Draft Standard for Trial Use: Human Factors Engineering of Computer Workstations. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Robinette, K. M., and Annis, J. F. (1986). A Nine-Size System for Chemical Defense Gloves. Technical Report (AAMRL-TR-86-029) (ADA173 193). Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, OH.
- Eynard, E., Fubini, E., Masali, M., Cerrone, M., and Tarzia, A. (2000). Generation of virtual man models representative of different body proportion and application to ergonomic design of vehicles. In *Proceedings of the IEA2000/HFES2000 Congress*. 489-492.
- Roebuck, J. A. Jr (1993). *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Zehner, G. F. (1996). Cockpit anthropometric accommodation and the JPATS program. *Safe Journal*, 26(3), 19-24.