

냉장고 설계의 인간요소와 인간공학적 평가방법

Human Factors and Evaluation methods of Refrigerator Design

박재희¹, 황민철¹, 박세진¹, 김명석², 안영진³

¹한국표준과학연구원 인간공학연구실

²한국과학기술원 산업디자인학과

³대우전자(주) 디자인연구소

Abstract

Designers often hesitate to decide the shape, size, and layout of a product. Though ergonomic principles and data are absolutely needed in this process, they don't have enough guidelines to refer. For the refrigerator designers, they also are not convinced of their decision: the vertical position of the freezing and refrigerating rooms, the height of shelves, the shape of door-handle, and etc. To support the refrigerator design, we applied several ergonomic methods to the evaluation of a refrigerator. EMG measurement was used to evaluate the load of user's lumbar muscle. Based upon the experimental EMG data, we developed a model to predict the relative load according to the height of refrigerator shelves. Two different layouts of a refrigerator, R/F and F/R style, were compared with the model. A three-dimensional motion analysis method was used to evaluate the user's motion of using a refrigerator. Ten door-handles with the different shapes and positions were evaluated by tracking the rotations of the user's arm. Video protocol analysis was used to evaluate the user interface of a control panel in a refrigerator. Finally, we made several ergonomic design guidelines based on the facts found in this research and the anthropometric data of the Korean adults. The results of this study can be applied to the ergonomic design of a refrigerator.

1. 서론

디자이너들은 자주 어떤 제품의 크기나 형태, 레이아웃(layout) 등을 결정할 때 주저하게 된다. 이때 이러한 의사결정 과정을 도와줄 인간공학 원칙이나 데이터를 필요로 하는데 현장의 디자인 작업에 적용할만한 것은 그리 많지 않다. 물론 지금까지 디자이너들을 위한 일반적이고 포괄적인 인간공학 디자인 가이드라인(design guideline)은 어느 정도 출판되어 있다.[Woodson 1981, Pheasants 1986, Panero 1990, 野呂 1990]. 그러나 가전제품과 같이 구체적인 제품을 대상으로 하고 있는 디자인 가이드라인은 거의 없다. 대표적 가전제품의 하나인 냉장고의 경우에도 상황은 마찬가지여서 디자이너들이 작업을 할 때 많은 어려움을 겪고 있다.

대표적으로 냉장고의 냉장실과 냉동실의 상하 위치를 결정하는 문제는 냉장고 제조회사들과 디자이너들이 가장 고민하는 문제 가운데 하나이다. 지금까지 냉장고 시장의 주류를 형성하고 있는 모델은 냉동실(freezing room)이 상단에 있고 냉장실(refrigerating room)이 하단에 있는 형태를 취하고 있다(F/R 형). 그러나 이러한 형태는 자주 사용하는 물건일수록 손이 닿기 쉬운 곳에 위치시켜야 한다는 인간공학 설계 원칙에 어긋나고 있다. 그렇다면 반대로 냉장실을 상단에, 냉동실은 하단에 위치시키는(R/F 형) 형태를 취하면

될 터인데, 디자이너들은 이러한 변경에 신중할 수 밖에 없게 된다. 그 이유는 소비자 기호 등의 마케팅적 요인 외에, 서로 다른 대안(F/R 형과 R/F 형)을 객관적, 정량적으로 평가하는 방법과 데이터를 가지고 있지 못하기 때문이다.

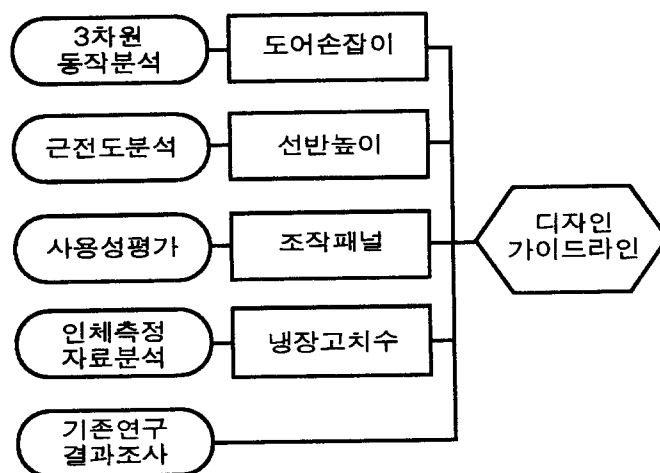
이 문제 외에도 냉장고의 도어(door)와 도어손잡이(door-handle)를 어떤 형태로 어느 위치에 놓을 것인지, 조작패널(control panel)의 사용자인터페이스(user interface)를 어떻게 설계할 것인지, 그리고 한국인의 신체 크기를 고려한 냉장고 각 부위의 크기와 위치를 어떻게 할 것인가 등의 문제는 디자이너들의 노력만으로는 해결하기 힘든 문제라 할 수 있다. 이러한 것들은 모두 인간공학적 문제들로 디자이너와 인간공학자들의 협동 작업에 의해 해결 될 수 있을 것이다.

본 연구는 이러한 취지에서 디자이너들이 냉장고를 설계할 때 고민하게 되는 대표적인 인간요소(human factor)들을 추출하고 이에 대한 평가방법을 확립하여, 최종적으로 냉장고 디자인 시 손쉽게 활용할 수 있는 디자인 가이드라인을 만들기 위해 이루어졌다. 이를 위해 본 연구는 3차원동작분석, 근전도(EMG:electromyography)분석, 조작패널의 사용성평가(usability test), 한국인 인체측정 데이터 등을 연구, 평가방법등으로 사용하였다. 각각의 연구를 통해 얻어진 평가방법과 결과들은 기존의 다른 연구문헌에서 추출된 내용들과 함께 디자인 가이드라인을 만드는데 사용되었다.

2. 냉장고의 인간요소와 연구방법

냉장고 설계를 위한 인간공학 가이드라인을 작성하기 위해 본 연구는 우선 냉장고의 인간요소(human factor)들을 추출하였다. 여러 요소 가운데 가장 우선적으로 선반의 높이와 레이아웃, 도어의 손잡이, 조작패널의 사용자인터페이스, 냉장고의 치수 등을 추출하였으며 이러한 분야의 연구를 수행하기 위해 3차원동작분석, 근전도분석, 사용성평가, 인체측정데이터분석등의 방법을 활용하였다. 이렇게 각 부분에서 얻어진 결과와 기존의 인간공학적 디자인가이드라인 등을 종합하여 디자인 가이드라인을 설정하였다(그림 1 참조). 각각의 연구방법들을 요약하면 다음과 같다.

(그림 1) 냉장고의 인간요소들과 그 평가방법



2.1 근전도분석

냉장고를 사용할 때 사용자의 척추 근육에 야기되는 부하를 측정하기 위해 척추근에 전극을 부착한 후 냉장고에 식품을 넣거나 꺼낼 때의 근육활동도를 원격생리신호 측정장치인 MT8™을 이용해 측정하였다. 냉장고 선반의 높이는 20 cm에서 160 cm까지 20 cm 간격으로 7 단계로 변화시켰으며, 근육활동으로 발생하는 전기신호의 절대평균치로 각 선반높이의 상대적 부하를 평가하였다. 피실험자로는 20 대의 여자 3 명 남자 4 명이 참여하였다.

2.2 3차원동작분석

냉장고를 사용할 때의 전신동작을 측정하기 위해 3차원동작분석장치의 하나인 Elite™시스템을 사용하였다. 남,여 각각 3 명의 피실험자의 신체 19 개 주요 관절에 형광의 마커(marker)를 부착한 후 네 대의 적외선 카메라로 이를 추적하여 사용자의 동작을 분석하였다. 대상작업은 냉장실, 냉동실, 포켓실(pocket room)의 각 선반에 해당 식품을 넣고 꺼내는 작업을 수행하도록 했다. 특별히 냉장고 도어를 여닫는 동작을 평가하기 위해서 Fastrack™ 시스템을 사용하였는데 이는 자기위치센서를 이용하여 어깨, 팔꿈치, 손목의 이동과 회전운동을 측정할 수 있도록 한 것이다.

2.3 조작패널의 사용성평가

조작패널의 사용자인터페이스를 평가하기 위해 온도조절, 쾌속냉동, 시계조작 등에 관한 세 가지 작업시나리오를 작성하였다[박세진 1996]. 남,여 각각 8 명의 피실험자에게 작업시나리오를 주고 제한시간 5 분 이내에 조작을 완료하도록 했다. 모든 작업수행 과정은 8mm 비데오로 기록하였으며, 후에 비데오 분석을 통해 작업의 완수 여부와 조작에러의 내용 등을 파악하였다.

2.4 인체측정 자료분석

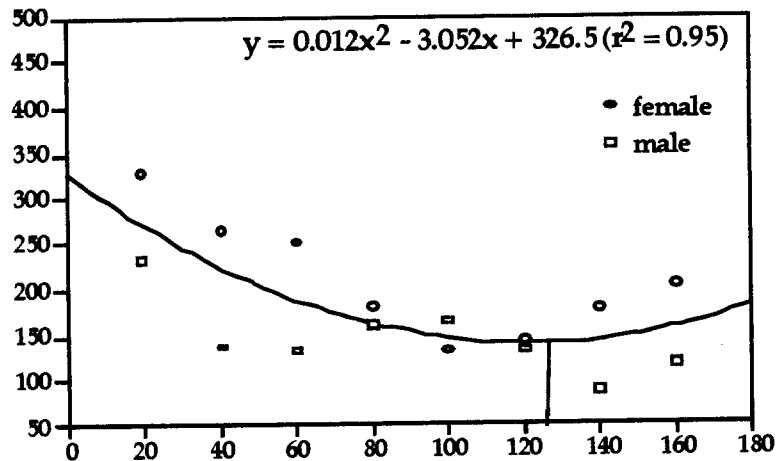
냉장고의 외관적 치수와 각 부분의 위치 등을 결정하는 원칙을 세우기 위해 한국인 인체측정자료를 분석하였으며 이를 이용해 냉장고 각 부분 설계의 최소허용치, 최대허용치, 적정치 등의 기준을 설정하였다. 한국인 성인의 인체측정 데이터베이스인 ADaM™(김진호 1994)을 이용해 냉장고와 관련이 깊은 신체의 9 개부위에 대해, 성인(25~50세) 여자 938 명, 남자 950명의 데이터를 추출하여 사용하였다[김철중 1992].

3. 인간공학적 평가결과

3.1 냉장고 선반높이와 레이아웃 평가

근전도(EMG) 측정에 의해 나온 각 선반높이별 척추근에 걸리는 부하의 평균치를 남,여 별로 그림 3에 나타내었다. 그리고 이 데이터를 이용해 선반 높이에 따른 척추근의 부하 정도를 예측할 수 있는 수학적 모형을 개발하였다. 이 모형을 이용하면 냉장고 R/F와 F/R 형에 대한 상대적 부하의 객관적 평가가 가능하다. 이 모형을 이용해 F/R 형냉장고(DWR-5130)와 이를 R/F 형으로 바꾸었을 경우의 예를 비교한 결과를 표 1에 나타내었다. 사용빈도 데이터는 한국과학기술원의 비데오 분석자료[김명석 1996]를 이용하였으며, 야채실은 최하단에 그대로 있고 냉동실과 냉장실의 위치만 변경하는 것으로 가정하였다. 비교 결과 현행의 F/R 형에서 R/F 형으로 바꿀 경우 약 12.3 % $(=(182.4-160.0)/182.4)$ 의 사용자 부하를 경감할 수 있는 것으로 나타났다. 물론 이는 단순히 척추의 부하만을 기준으로 평가한 것이므로, 실제 변경을 시도하려 한다면 가시도(visibility) 등의 또 다른 인간요소와 마케팅 요소들이 추가로 고려되어야 할 것이다.

(그림 2) 선반높이별 척추근의 부하



(표 1) F/R형과 R/F형 냉장고 사용시의 척추부하 비교

| F/R형 | | | | | R/F형 | | | | | | |
|-------|----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|------|-------|------|
| 구분 | 높이 | 빈도 | 부하 | 빈X부 | 구분 | 높이 | 빈도 | 부하 | 빈X부 | | |
| 냉동실 | 1 | 145 | 4.3 | 136.3 | 5.9 | 냉장실 | 1 | 160 | 14.0 | 145.4 | 20.4 |
| | 2 | 115 | 10.8 | 134.2 | 14.4 | | 2 | 140 | 23.7 | 134.4 | 31.9 |
| 냉장실 | 1 | 100 | 14.0 | 141.3 | 19.8 | 냉동실 | 3 | 120 | 15.1 | 133.1 | 20.1 |
| | 2 | 80 | 23.7 | 159.1 | 37.6 | | 4 | 100 | 24.7 | 141.3 | 34.9 |
| | 3 | 60 | 15.1 | 186.6 | 28.1 | 냉장실 | 1 | 70 | 4.3 | 171.7 | 7.4 |
| | 4 | 40 | 24.7 | 223.6 | 55.3 | | 2 | 40 | 10.8 | 223.6 | 24.2 |
| 야채실 | 15 | 7.5 | 283.4 | 21.3 | 야채실 | 15 | 7.5 | 283.4 | 21.3 | | |
| 182.4 | | | | | 160.0 | | | | | | |

3.2 냉장고 도어손잡이의 평가

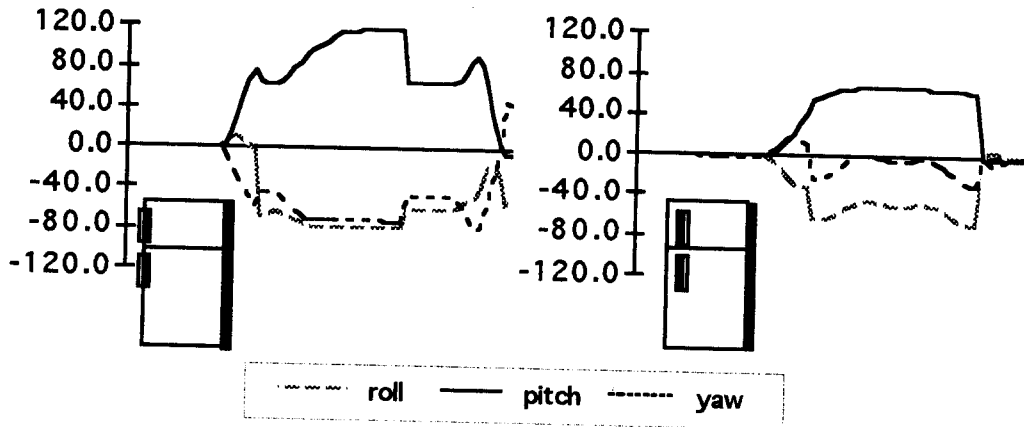
3차원 동작분석방법을 이용하여 서로 다른 모양과 위치의 10개 냉장고 도어 손잡이를 평가하였다. 그림 3은 그 가운데 냉장고 측면에 세로로 붙어 있는 냉장고 도어손잡이와 정면에 세로로 붙어 있는 도어 손잡이 2개의 결과만을 비교한 것이다. 측면세로 손잡이는 손끝이 우방향으로 향하게 되어 있어 도어를 잡을 때 팔의 심한 회전과 불편한 자세를 유발시키게 된다. 즉, 최대 120도의 pitch, 80도의 roll과 yaw가 발생하는데 모두 정면세로 손잡이에 비해 그 회전운동이 심하게 나타나는 것을 알 수 있다. 물론 이 정도의 손목 회전운동이 질병이나 이상을 불러일으키지는 않겠지만 노약자 등에게는 불편한 손잡이 임이 분명하다. 따라서 자연스러운 팔의 자세를 유도하는 손잡이로 개선하는 것이 바람직할 것이다.

3.3 사용성평가 결과

조작패널의 사용성평가를 실시한 결과 기기조작에 경험이 많은 남자 피실험자 집단에 비해 여자 피실험

자집단의 경우 작업 성공률이 상당히 낮게 나타났다(남자 87.5%, 여자 37.5%). 남자의 경우에도 5분 이내 작업은 완수하였으나 도중에 시행착오를 많이 겪는 것으로 나타났다. 이는 아무리 단순한 기능만 가진 조작패널이라 하더라도 사용자모델을 고려하지 않은 디자인은 사용자에게 어려울 수 밖에 없다는 것을 보여주고 있다. 실험의 대상이 된 조작패널은 특히 시계조작기능과 온도조절기능이 한 조작 버튼 위에 중첩되어 있어 사용자에게 혼돈을 주는 것으로 나타났다. 그 외에도 인간공학 원칙에 어긋나는 부분들을 수정하여 개선안을 제시하였다.

(그림 3) 도어손잡이에 따른 손목의 회전운동 비교



3.4 인체측정자료 분석과 냉장고 치수

한국인 성인 남,여의 인체측정 자료를 ADaMTM(김진호 등 1993) 을 이용해, 냉장고 설계와 관련이 되는 인체부위는 9 개를 추출하였다. 이를 이용해 냉장고 각 부위별 설계기준(최대허용치, 최소허용치, 적정치)을 설정하였다. 설계원칙 설정의 일례로 조작패널의 높이를 결정하는 기준과 치수를 설명하면 다음과 같다.

조작패널은 눈의 높이를 기준으로 하여 위치시켜야 한다. 물론 조작패널에 버튼 등의 조작물이 존재하면 손이 잘 닿는 문제도 고려해야 하나 냉장고 조작패널의 경우 아직까지 사용빈도가 많지 않기 때문에 눈의 높이만을 기준으로 한다. Weston 은 평상시 안구는 정면시선으로부터 15° 하방으로 향하며, 선호되는 각도는 30°, 허용각도는 45° 로 제안하였다[Pheasant 1986]. Weston의 기준을 사용하고, 냉장고의 조작패널을 50 cm 떨어진 곳에서 보는 것을 가정으로 하면 냉장고 조작패널의 최대허용치, 최소허용치, 적정치는 다음과 같이 결정할 수 있다.

- o 최대허용치 = 눈높이 5%(여) = 137.4 cm
- o 최소허용치 = 눈높이 95%(남) - 50 × tan 45 = 164.9 cm - 50 × tan 45 = 114.9 cm
- o 적정위치 = 눈높이 50%(여) - 50 × tan 15 = 145.8 cm - 50 × tan 15 = 132.4 cm

이러한 기준에 의해서 본 연구의 대상이 된 냉장고의 조작패널을 평가한 결과 이는 적정치에 약간 못미치나 적정 범위내에 위치하는 것으로 나타났다 이와 비슷한 방법을 이용해 냉장고의 높이, 깊이, 손잡이의 크기, 냉수공급기 등의 설계 원칙과 치수 등을 결정하였으며 이를 표 2에 요약하였다.

(표 2) 인체부위와 냉장고 설계 치수

| 냉장고 | | 관련인체 측정치 | 추천치 | | |
|-----|-----------|-------------|-------|----------|-------|
| 분류 | 항목 | | 최소치 | 적정치 | 최대치 |
| 냉장고 | 냉장고의 높이 | 어깨높이, 팔길이 | - | 170.5±17 | 186.0 |
| | 최상선반높이 | 키 | - | - | 170.1 |
| | 선반 깊이 | 앞손끝길이, 가슴두께 | - | 47.8±4.8 | 53.1 |
| 손잡이 | 냉동실손잡이 높이 | 어깨높이 | - | - | 136.0 |
| | 냉장실손잡이 높이 | 어깨높이, 팔길이 | 87.9 | - | - |
| | 손잡이 너비 | 손너비 | 8.6 | - | - |
| | 손잡이 깊이 | 손가락마디길이 | 2.0 | - | - |
| | 손잡이 폭 | 손두께 | 1.6 | - | - |
| 냉수 | 냉수공급기높이 | 어깨높이, 팔길이 | 72.70 | - | 89.4 |
| 패널 | 조작패널높이 | 눈높이 | 114.9 | 132.4 | 137.4 |

4. 결론

본 연구는 응용연구로서 인간공학적 평가방법이 제품의 디자인에 어떻게 활용될 수 있는 가 하는 하는 한 예를 보여주었다. 본 연구의 대상은 냉장고로서, 실제 가전제품 분야에서는 아직까지 인간공학적 디자인 원칙이나 가이드라인으로 뚜렷한 것이 없는 형편이다. 따라서 본 연구는 그러한 작업의 한 기초로서 의의가 있다고 생각된다. 본 연구에서 사용된 3차원 동작분석, 근전도분석, 사용성평가, 인체측정자료분석 등의 방법들은 제품평가에 자주 사용되는 방법들로서 본 연구에서도 유용하게 사용되었다. 구체적으로는 이러한 방법들을 이용해 평가 대상이 되었던 냉장고의 레이아웃, 도어손잡이, 조작패널 등의 개선안을 도출하였으며 향후 냉장고 디자인 시 참고 할 수 있도록 냉장고 치수에 관한 디자인 가이드라인을 작성하였다.

디자인 작업에 있어 인간요소에 대한 고려는 필수적으로 이루어져야 하고 그러한 추세는 소비자의 요구 증대와 함께 더욱 확대되고 있다. 따라서 앞으로 디자이너와 인간공학자의 긴밀한 협력이 절실히 요구되며, 이러한 형태의 작업이 냉장고뿐만이 아니라 다른 산업제품에도 확산시켜나갈 필요가 있다.

참고문헌

- Cushman, W.H. and Rosenberg, D.J. (1991), *Human factors in product design*, Elsevier.
- Panero, J. and Zelnik, M. (1990), *Human design & interior space*, The Architectural Press.
- Pheasants, S. (1986), *Body space*, Taylor & Francis.
- Woodson, W.E. (1981), *Human factors design handbook*, McGraw-Hill.
- 野呂影勇, (1990), 도해 에르고노믹스 (한국판), 한국공업표준협회.
- 김명석 등(1996), 차세대 냉장고 디자인을 위한 기초 연구, 한국과학기술원.
- 김진호 등 (1994), 산업제품 설계 응용을 위한 한국형 인체모형 개발, 한국표준과학연구원.
- 김철중 등 (1992), 국민표준체위 조사보고서, 한국표준과학연구원.
- 박세진, 박재희, 황민철 (1996), 냉장고 디자인개발과 관련된 인간공학적 분석 및 자료산출, 한국표준과학연구원.