Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.21, No.2, pp.87-100, July 2002

해상무기체계의 인간공학적 설계방안 연구*

A Study on the Methodology for Ergonomics Design of Naval Weapons Systems

김홍태**, 이종갑**, 박진형**, 이광우***

ABSTRACT

Ergonomic ship design aims to improve the safety and convenience of crew and passenger. Recently, ergonomic design is a key issue in the warship design. In this paper, as a basis of analyzing and evaluating ergonomic design criteria and evaluation methods for warship, existing military design guidelines and navy criteria in the fields of ergonomics were surveyed. Also, the methodology including ergonomic human model was introduced. Finally, it is shown that the ergonomics evaluation of a design at the early stage of warship design can be performed using commercial ergonomics evaluation model such as Delmia's ERGO.

Keyword: Warship Design, Shipboard Habitability, Human Model, Simulation

* 본 논문은 '2001 해군 조함단의 연구비 지원으로 수행된 "인간공학적 함정설계 기준개발(I)"의 연구 결과임.
** 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
주 소 : 305-600 대전시 유성우체국 사서함 23호
전 화 : 042-868-7236
E-mail: kht@kriso.re.kr
*** 해군 조함단

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

최근 들어 새로운 함정을 개발할 경우에 함정의 설비, 장비 및 시스템 등을 설계, 선정, 배치 및 운용하는데 있어서, 시스템의 안전성과 신뢰성을 향상시키고 운용, 교육, 유지 및 보수를 효율적이고 간단하게 하며, 주어진 임무를 성공적으로 수행할 수 있도록 하는 인간공학적 설계 기준에 대한 필요성이 대두되고 있다(Rothblum et al., 1996; Kuo, 1993).

함정의 인간공학적 설계란 함정 승조원이 임무 수행시는 물론 평상시에도 보다 쾌적하고 안락하며 효율적이고 안전한 업무 수행이 가능하도록, 함정에 탑재되는 장비/설비/체계 등의 설계/선정/배치/운용에 있어서 승조원의 체형을 고려하는 것이다.

이러한 연구는 최근 선박의 설계 및 생산, 안전 항해, 사고 방지, 운용의 효율성 제고 등과 같은 분야에서 관심이 증대하고 있는 중요한 분야로서, 설계 오류방지, 설계기간 단축 등과 같은 설계과정 뿐만 아니라 각종 장비의 효율적 배치, 승조원의 최적 근무환경 제공 등과 같은 인간공학적 개념의 도입으로 함정의 불확실성과 위험 요소를 감소시키고 운용성을 증진시키는데 많은 도움을 줄 수 있다는 것이 외국의 연구사례에서 검증된 바 있다.

인간공학적 함정 설계기준의 개발을 통하여, 함정을 운용하는 승조원들이 평시 및 전시에 보다 쾌적하고 안락한 환경에서 임무수행을 할 수 있으며, 함정에 탑재되는 설비/장비/체계의 설계/배치/운용 측면에서, 기존의 미해군 기준이 아닌 한국 해군의 인적요소를 고려하여 표준화 할 수 있다.

또한 한국 해군 인간공학적 분석 모델을 이용한 가상 공간에서의 시뮬레이션 평가가 가능하며, 승조원 중심의 함정 설계를 통한 운용의 효율성 증대 및 전투력 향상을 기대할 수 있다. 한편 설계오류로 인한 손실 비용 최소화 및 표준화를 통한 설계기간을 단축할 수 있으며, 안전사고 예방 및 함정의 유지보수 용이성을 확보할 수 있다.

본 논문에서는 함정을 포함한 무기체계의 개발과정과 관련된 인간공학 관련 기술동향을 살펴보고, 함정의 개발과정에 요구되는 인간공학적 고려사항에 대한 평가방안을 제시하였다. 또, 함상거주성과 관련하여 해군장병을 대상으로한 설문조사 결과와 Ergonomic Human Model을 이용한 인간공학적 평가사례를 소개하고자 한다.

2. 해상무기체계와 인간공학

2.1 무기체계 개발과정에서의 인간공학

일반적으로 무기체계의 개발과정은 일반제품의 개발과정과 유사하며, 요구사항에 따른 개념형성과 설계, 체계의 개발, 제품의 생산, 운용 및 유지보수의 단계로 나눌 수 있다. 이러한 무기체계의 개발단계에서 개념형성 및 설계 단계에서의 인간공학적 고려가 가장 중요하며, 나머지 단계에서도 인간공학적 개념의 적용이 필요하다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

한편 무기체계의 개발단계는 인간공학적 제품 개발이라는 측면에서 임무분석(Mission Area Analysis), 개념형성 및 확장(Experimental Prototype/Breadboard), 타당성의 확인(Demonstration & Validation), 개발(Full Scale Development), 생산 및 배치(Production & Deployment)단계로 나눌 수 있다.

미국에서는 군을 중심으로 무기체계의 개발 과정에 활용할 수 있는 설계 지침을 마련하여 사용하고 있으며, 이러한 지침의 내용에는 인간공학적 요소가 다수 포함되어 있다. 즉, 운송 기기와 항공기, 우주선 등의 대규모 시스템의 설계에서는 인간공학적 요소가 필수적이며, 미국의 육·해·공군과 NASA 등에서 다양한 분야에 걸친 인간공학 관련 연구가 수행되고 있다.

그러나, 현재까지 국내에서는 함정을 포함한 해상무기체계의 개발과정에서 인간공학적 고려에 대한 검토가 본격적으로 이루어지지 못하고 있다. 또한 관련 전문서적 및 자료가 절대적으로 부족하기 때문에, 현재로서는 미국의 규격 및 기준자료들을 번역하거나 참조하는 수준에 그치고 있다(정의승, 1994).

2.2 함정설계를 위한 인간공학적 고려

함정은 상선에 비하여 매우 많은 인력이 승선하고, 해상에서의 작전기간이 길기 때문에 설비와 장비에 대한 인간공학적 고려가 절실하다. 함정의 설계에 인간공학적 개념을 도입하려는 목적은 승조원 중심의 설계를 통한 운용의 효율성 및 전투력을 향상시키고, 설계 오류로 인한 손실 비용을 최소화하며, 표준화를 통한 설계기간 단축과 한국인 체형 변화를 고려한 설계기준의 재정립의 필요성을 반영하기 위함이다.

이러한 인간공학적 설계의 필요성을 미국 해군에서는 일찍 인식하여 1983년부터 함정의 설계에 있어서 인간공학적 접근의 시도와 더불어 이를 위한 조직의 개편이 있었다. 미국 해군 조함단에서는 Human Factors Division을 기존의 3개 팀(Manning, Habitability, Supportability)에 Human Engineering팀을 추가하여 새롭게 구성하였다(Stein et al., 1983).

함정설계 및 운용 분야에서 인간공학 기술을 적용할 수 있는 항목으로는 정보 입출력, 제어장치, 차량조종장치, 작업공간, 공간배치, 환경, 설비 및 장비, 소프트웨어 인터페이스 등이 있다.

2.2.1 함상 거주성과 인간공학

함정설계 및 운용을 위한 인간공학 기술의 적용 분야 가운데, 가장 중요한 분야가 함상 거주성(Shipboard Habitability)이다. 이러한 함상 거주성은 많은 시간을 함내에서 보내는 승조원들의 건강 및 사기에 영향을 미치며, 궁극적으로는 함정의 전투력으로 직접적으로 연결될 수 있다. 함상 거주성의 기준을 구성하는 대부분의 항목은 인간과 기계 또는 인간과 환경의 조합에 관련된 것으로서, 주요 항목으로는 회의공간, 위생공간, 침실공간, 식사공간, 침대, 운동공간, 레져공간, 독서공간, 라운지 및 종교활동공간 등이 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

이러한 항목들 외에 부가적으로 난방, 환기, 냉방, 배수, 조명, 색상 등 환경과 관련된 항목들에 대한 고려가 필요하다.

미해군에서는 함상 거주성의 기준설정을 위한 인간공학의 적용을 위해서 인체측정학(Anthropometry), 생리학(Physiology), 심리학(Psychology), 사회학(Sociology) 등과 같은 4가지 학문 분야에 대한 고려가 필요

표 1. 함상 거주성을 위한 인간공학적 고려 항목

함상 거주성 주요 항목		구 분			
		인체측정학	생리학	심리학	사회학
Heating, Ventilation & Air Conditioning			■		
Airborne Noise Control			■	■	■
Hearing / Speech Intelligibility			■		
Lighting			■	■	■
Material Standard – Carpeting			■	■	
Radiological Control			■		
Passageway & Overhead Clear. Std.		■			
Potable Water Production & Stowage			■		
Ice Making Capability			■		
Hot Water for Human Support Systems			■		
Potable Water Disinfection			■		
Berthing Standards	One Berth Per Accom.		■	■	■
	Berth Type	■	■	■	■
	Personnel Grouping		■	■	■
	Sea Cabin		■		
	Berthing Clearance Std.	■	■		
	Privacy Standards		■	■	■
	Space Consideration		■	■	■
Stowage for Personal Effects		■	■		
Sanitary Spaces	General Standards		■	■	■
	Work Space Facilities		■		
	Major Sanitary Fixtures	■	■		
	Accommodations Per Fixture		■		
Food Service Spaces	General Requirements	■	■	■	■
	Personnel Grouping			■	■
	Seating and Table Spaces	■	■		
Lounge, Recreation and Welfare Spaces	Lounge and Recreation		■	■	■
	Library			■	
	Religious and Welfare			■	■
	Barber Shop		■		
	Ship Store		■		
	Laundry		■		

한 것으로 제시하고 있으며, 표 1은 이러한 학문 분야가 함상 거주성을 구성하는 주요 항목들에 어떻게 적용되는 지를 나타내고 있다(Saklem, 1985).

함상 거주성에 대해서는 미해군과 영국 해군을 중심으로 다양한 형태의 연구가 진행되고 있으며(Castle, 1984; Saklem, 1985; Ware, 1986; Strong, 2000), 거주설비 및 공간에 대한 분석을 통하여 함상 거주성을 향상시키기 방안에 대한 내용이 대부분을 이루고 있다.

2.2.2 함정설계에서 인간공학의 적용방안

함정 고유의 임무와 승조원의 안락성을 동시에 만족할 수 있는 인간공학적 함정 설계기준의 개발을 위해서는 다음과 같은 내용을 수행되어야 한다.

먼저, 국내외 관련 기준의 내용 및 구성시스템의 분석이 이루어져야 한다. 이를 위해 U.S. Navy Shipboard Habitability Manual, MIL-STD-1472E, ASTM F1166-95a, ASTM F1337-91 및 MIL-HDBK-759B 등에 대한 검토가 이루어져야 한다.

또한, 한국해군에 적합한 인간공학적 설계기준 항목을 선정하고, 각 기준 항목별 세부내용분석이 필요하다. 이러한 항목의 선정에서는 한국인의 체형을 고려해야 하는 분야와 기존의 표준 및 기준을 참조하여 작성할 수 있는 분야에 대한 구분이 필요하다. 이를 위하여 해군 장병 및 조선소 설계자들에 대해 함정설계 개선에 대한 의견수렴이 필요하다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

마지막으로 한국인 표준체형 자료의 분석과 실측조사를 병행하여 한국해군 인간공학 분석 모델을 개발해야 한다. 이렇게 개발된 한국해군 인간공학 분석 모델을 이용하여 거주구역, 이동구역, 조종 및 통제구역 등에 대한 가상공간에서 시뮬레이션을 통해 함정의 설계기준에 대한 인간공학적 평가가 이루어지게 된다.

3. 인간공학관련 규격 및 기준 검토

인간공학 관련 규격 및 기준에는 국제표준기구(International Organization for Standard : ISO)의 ISO/TC 159가 대표적이며, 미국방 표준인 MIL-STD-1472, MIL-HDBK-759B (Military Handbook of Human Engineering Deign for Army Materiel), 그리고 ASTM(American Society For Testing and Materials) 표준지침, 미해군 조함단의 함상 거주성 매뉴얼(U.S Navy Shipboard Habitability Manual)등이 있다. 이들 중에서 해군 함정의 개발과 직접적으로 관련된 미국방 표준인 MIL-STD-1472, ASTM 표준지침, 그리고 미해군 조함단의 함상 거주성 매뉴얼에 대한 특징을 정리하면 다음과 같다.

국방 분야에서 인간공학에 관련된 대표적인 규격은 미국의 MIL-STD-1472(Design Criteria Standard Human Engineering)로서, 수 차례의 수정 및 보완을 거쳐 현재 MIL-STD-1472F 까지 나와 있다. MIL-STD-1472는 군용 시스템, 장비 및 설비를 위한 일반적 인간공학 설계 기준을 포함하고 있다. MIL-STD-1472의 제정목적은 시스템, 장비 및 설비와 인간의 효과적 통합을 통해 임무를 성공적으로 수행하고자 하는데 있다.

선박 및 해양시스템을 위한 인간공학적 표준지침인 ASTM F1166-95a는 선박, 시스템, 장비 등을 위한 인간공학적 설계 기준을 일반적 사항을 제공하고 있으며, 해양 시스템 및 장비와 인간의 효과적 통합을 통해 임무를 성공적으로 수행하고자 하기 위해 제정되었다.

또한 ASTM F1337-91은 1996년에 ASTM 1166-95a를 참조하여 선박 및 해양시스템, 장비, 설비의 개발 및 획득과정에서 인간공학적 응용을 위해 필요한 요구사항을 정의한 지침서이다. ASTM F1337-91은 접근성, 인체측정, 청각적 표시장치 등 37개 세부항목에 대한 내용을 포함하고 있다.

미해군의 조함단(Naval Sea Systems Command)에서는 해군 승조원들의 안전과 건강을 만족할 수 있는 거주 및 작업조건을 개선하기 위해 함상 거주성 메뉴얼(Shipboard Habitability Manual)을 활용하고 있다. 함상 거주성 메뉴얼에는 일반적 사양을 포함한 Shipboard Habitability Design Criteria Manual과 실행기준서 성격의 Shipboard Habitability Design Practices Manual의 두 가지 문서가 있으며, 주된 내용으로는 임무준비를 위한 고려사항에서 가장 중요한 요소들 중의 하나로 거주성을 언급하고 있으며, 선상에서의 삶의 질(Shipboard Quality of Work Life)에 대한 중요성을 강조하고 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4. 함상 거주성 설문조사

4.1 함상거주성 설문조사의 개요

본 연구에서는 한국 해군에 적합한 인간공학적 함정설계 기준개발을 위한 기초조사로서, 함정에 승선하는 장교, 부사관, 사병(중사 이하)을 대상으로 함상의 거주 편의성에 대한 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 해군 OO부대를 대상으로 실시되었으며, 기뢰탐색함(Mine Hunter Coastal; MHC), 초계함(Patrol Combat Corvette; PCC) 및 기뢰부설함(Mine Laying Ship; MLS)에 승선하는 총 208명의 인원에 대해 조사가 이루어졌다.

본 연구에서 조사된 함정의 특성에 간단히 정리하면 다음과 같다(구종도, 2000).

- 기뢰탐색함(MHC) : 기뢰를 탐색하는 것을 주임무로 하는 소형 함정으로, 속도는 30노트(knot)의 고속이고, 배수량 500톤 규모의 선박임.
- 초계함(PCC) : 국지적인 선단(船團) 호위 및 대잠 경계와 공격을 행하는 소향 함정으로, 속도는 30노트 이상이고, 배수량 500톤 규모의 선박임.
- 기뢰부설함(MLS) : 기뢰를 부설하는 것을 주임무로 하는 대형 함정으로, 속도는 15노트 정도의 중속이고, 배수량 3000톤 이상 규모의 선박임.

본 연구에서 실시된 설문조사는 직접 해군을 방문하여 설문조사의 취지와 내용을 설명한 후, 그 자리에서 바로 설문에 답하여 회수하는 현장방문 형식을 취하였다. 설문조사의 내용은 총 12개 항목으로, 다음과 같은 내용을 포함하고 있다.

- 설문자의 일반사항
  (소속, 직위, 승선경력 및 나이)
- 현재 승선하는 함정에 대한 평가
- 개인적인 함상 시설선호도
- 신형 함정에 개선 요구사항

4.2 설문조사 대상인원의 일반사항

이번에 실시된 설문조사에서는 208명의 장병들을 대상으로 이루어졌으며, 주로 중사이하의 사병들이 90% 이상을 차지하였다. 그림 1은 설문조사 참여 장병의 직위, 승선 기간 및 연령에 대한 분포를 나타내고 있다.

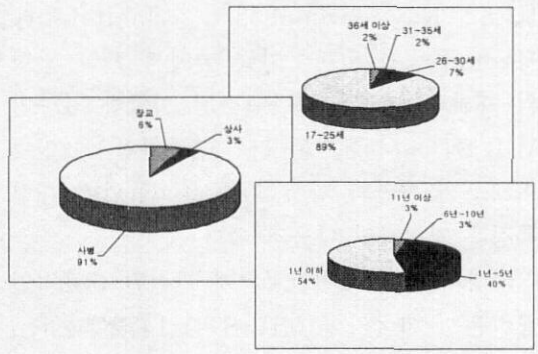


그림 1. 설문조사 참여 해군장병의 일반사항

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

4.3 함상 거주성에 대한 만족도

함상 거주성에 대한 전체적 만족도를 파악하기 위하여 직위별, 함종별, 승선기간별, 연령별로 구분하여 분석한 결과가 그림 2이다.

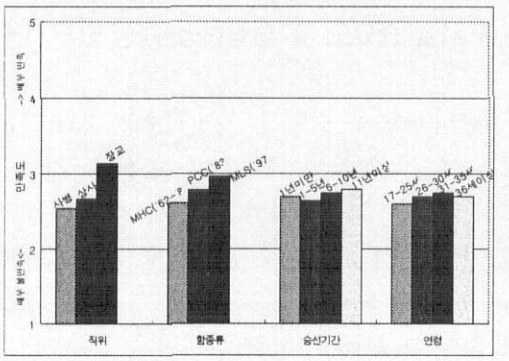


그림 2. 함상거주성에 대한 전체적 만족도 분석

그림 2에서 보는 바와 같이 전체적인 만족도가 3점(보통) 이하로 나타나, 해군 장병 대부분이 함상 거주성에 대해 어느 정도의 불만을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

함상 거주성에서 구체적인 만족도를 분석하기 위해 거주성을 구성하는 주요한 항목들을 다음과 같이 6가지로 분류하고, 이 항목들에 대한 만족도를 조사하였다.

- 거주구역(취침, 사생활 개인용품 보관)
- 위생구역(세면, 세발, 개인위생, 화장실)
- 식당구역
- 취사 및 식기 세척공간
- 서비스 공간(세탁, 이발, 매점, 우체국)
- 휴게 공간(휴식, 게임, 학습, 회합)

함상 거주성에 대한 전체적인 만족도의 조사결과 표 2에서 나타난 바와 같이 전체적으로 거주구역에 대한 만족도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 위생 공간, 식당 구역, 취사 및 식기 세척공간, 서비스 공간, 휴게 공간의 순으로 만족도가 높은 것으로 나타났다.

표 2. 함상 거주성 설문조사 결과의 개요

함상 거주성 구성 항목	만족도	상대적 만족도 순위
거주 구역	2.91	1
위생 공간	2.78	2
식당 구역	2.71	3
취사 및 식기 세척공간	2.56	4
서비스 공간	2.42	5
휴게 공간	2.15	6

〔만족도 : 1 (매우 불만족), 3 (보통), 5 : (매우 만족)〕

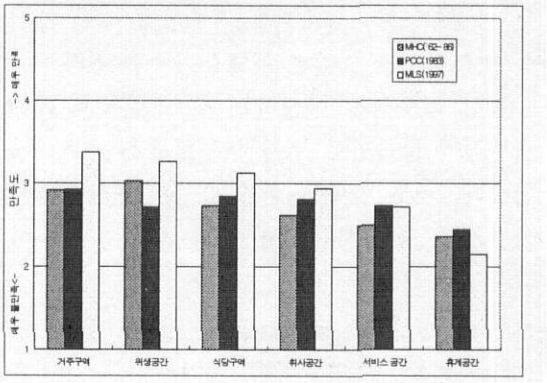


그림 3. 함상거주성 항목에 대한 함 종류별 만족도

그림 3은 거주성의 주요 항목에 대한 함 종류별의 만족도의 차이를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 기뢰부설함(MLS)이 휴게공간을 제외한 전 항목에 걸쳐 가장 높은 만족도를 나타냈으며, 기뢰탐색함(MHC)은

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

거주구역과 위생공간에서 상대적으로 높은 만족도를 보였으며, 초계함(PCC)은 서비스공간과 휴게공간에서 상대적으로 높은 만족도를 보였다.

이와 같은 만족도의 차이는 다음과 같은 두 가지 원인에서 기인한 것으로 이해할 수 있다. 첫 번째는 함정의 종류에 따른 선박 규모, 승선 인원 및 함상 거주기간의 차이이다. 기뢰부설함(MLS)은 기뢰탐색함(MHC)과 초계함(PCC)에 비해 선박규모가 크고, 승선인원이 많으며, 평균적인 함상 거주기간이 길어서 함정의 설계시에 거주성에 요소가 중요하게 고려되므로, 장병들의 만족도도 상대적으로 높게 나타난 것으로 이해할 수 있다. 두 번째는 함정의 건조년도에 대한 사항으로, 이번에 조사된 기뢰부설함(MLS)이 기뢰탐색함(MHC)과 초계함(PCC)에 비해 최근에 건조된 함정이므로, 설계시에 거주성에 대한 개선이 어느정도는 고려된 것으로 볼 수 있다.

함상 거주성을 구성하는 주요 항목에 대해 세부적인 항목별로 추가적인 설문조사가 이루어졌다. 세부 항목에 대한 함 종류별 비교 분석결과에 있어서도 주요 기본 항목에서와 마찬가지로, 기뢰부설함(MLS)이 전 항목에 걸쳐 가장 높은 만족도를 나타는 것으로 분석되었다. 그림 4는 이들 항목중에서 거주구역의 주요 항목별로 3종의 함정에 대해 비교 분석한 결과이다.

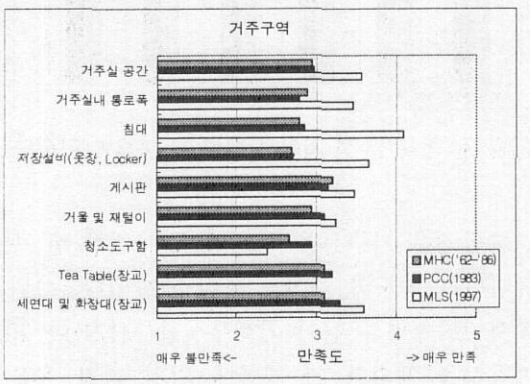


그림 4. 거주구역의 주요 항목별 만족도

4.4 시설 중요도 및 신형함정 개선 요구사항

함상 생활에 있어서 개인적으로 중요하게 생각하는 시설들의 중요도를 조사한 결과가 그림 5이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 수면과 관련된 시설을 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다.

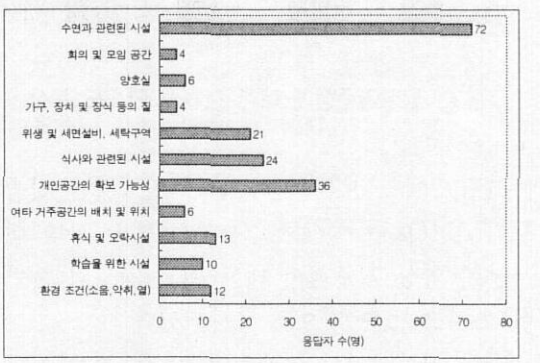


그림 5. 해군 장병들의 시설 중요도

한편, 앞으로 개발될 신형 함정에서 고려되어야 할 개선사항에 대해서는 그림 6에서 보는 바와 같이, 개인적으로 거주가능한 독립된 선실과 사용자의 요구를 반영한 거주 및 개인공간 내의 시설에 대한 요구가 가장 많았다.

4.5 해군 장병들의 의견 종합

해군 장병들에 대한 함상 거주성 설문조사

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

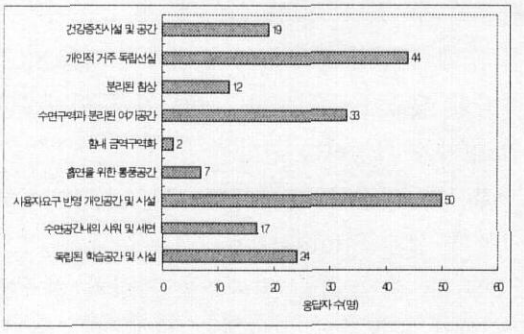


그림 6. 신형 함정에 대한 개선 요구사항

결과, 현재 승선하고 있는 함정에 대해서 비교적 낮은 만족도를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 앞서의 설문조사 결과에서 보는 바와 같이, 최근 들어 건조된 함정일수록 함정설계 과정에서 승조원들에 대한 고려가 상당부분 이루어졌음을 알수 있다.

또 함상 거주성을 구성하는 주요 기본 항목에 대한 만족도는 거주구역과 위생공간에서는 비교적 높은 만족도를 나타내었고, 서비스공간과 휴게공간에 대해서는 낮은 만족도를 나타내었다.

해군 장병들이 함상 생활에서 가장 중요하게 생각하는 시설은 수면과 관련된 시설이었고, 앞으로 개발될 신형 함정에서 고려되어야 할 개선점으로는 개인적으로 거주가능한 독립된 선실과 사용자의 요구를 반영한 거주 및 개인공간을 선호했다.

해군 장병들의 기타 의견 및 건의사항을 종합하면 전투체계 뿐만 아니라 승조원을 고려한 함정개발에 대한 요구가 많았으며, 거주구역내의 환기, 소음, 온도, 조명, 배수 등에 불만이 많았다. 또한 함정근무로 인한 체력저하 및 안전사고의 문제와 구형 함정에 대한 거주성 문제가 심각한 것으로 나타났다.

본 연구에 실시된 해군장병에 대한 함상 거주성 설문조사는 국내에서는 처음으로 실시된 조사였고, 조사 항목, 함정, 인원 등에 대한 선정이 부족한 면이 많았다. 앞으로 이에 대한 보완을 통하여 보다 체계적이고 광범위한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

4.6 국외 연구사례와의 비교분석

함상 거주성과 관련하여 1999년 영국 해군 800명에 대해 실시된 설문조사(Strong, 2000)의 결과와 본 연구에서 실시된 설문조사를 비교하면, 그림 7과 같이 전반적으로 한국 해군장병의 만족도가 낮은 것을 알 수 있으며, 세부 항목별로는 한국 해군장병이 거주구역에서 만족도가 높은 반면 영국 해군장병은 식당구역에서 가장 높은 만족도를 나타내었다.

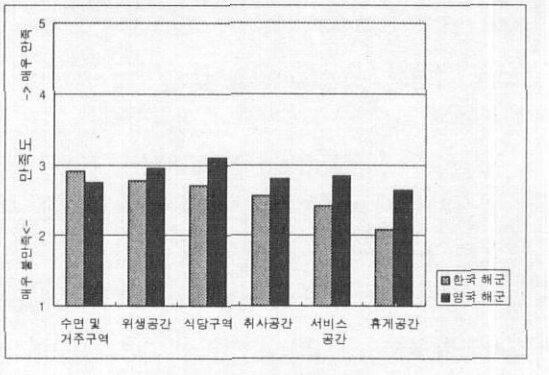


그림 7. 함상 거주성 주요 항목에 대한 비교결과

물론 이와 같은 결과는 지원제와 모병제에 따른 차이와 국력의 차이일 수도 있겠으나, 앞으로 대양해군을 지향하는 한국 해군에 시

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

사하는 바가 크다.

영국해군에서 실시된 설문조사와 본 연구에서 실시된 설문조사는 조사 항목, 함정, 인원 등에서 차이가 있기 때문에 일률적으로 비교할 수는 없으나, 개인적인 시설 선호도에서는 양국에서도 모두 수면과 관련된 시설을 중요시했고, 신형 함정의 개선사항에 대해서는 개인적으로 거주가능한 독립된 선실에 대한 요구가 높은 우선순위를 차지하였다.

5. Ergonomic Human Model의 이용한 인간공학적 평가

5.1 Ergonomic Human Model

함정의 설계에 대한 인간공학적 평가를 위해서는 다양한 기초 데이터가 필요하며, 이러한 데이터를 모두 통계자료나 실제 인체실험을 통하여 얻기는 비용과 안전성 측면에서 매우 힘들다. 결국 Ergonomics Human Model의 활용한 컴퓨터 시뮬레이션이 필요하다.

Ergonomic Human Model이란 CAD 시스템 내에 사용자를 형상화시켜 제품설계 시 필요한 인간공학적 평가과정을 수행하고자 개발된 전산화된 인체 모형을 의미한다(Feyen, 2000;박성준, 1998). 이러한 Ergonomics Human Model을 이용할 경우 기존의 설계 방식에서 사용되었던 물리적 mock-up을 사용하지 않고 사용자 평가를 위한 허용여유, 동작한계, 시계능력 등을 평가하여 설계안에 반영할 수 있다. 또한 다양한 체격의 사용자를 쉽게 표현함으로써 여러 개의 mock-up을 제작할 필요가 없어지며, 여러 가지 인간공학적 평가가 가능하게 된다.

최근에 관심이 모아지고 있는 시뮬레이션 기반의 설계(Simulation Based Design : SBD)와 같이 최종 결과물을 가상의 환경에서 미리 구현하여 결과물의 설계 및 성능을 검토하고자 할 때, 인간과 관련된 활동에 대한 구현이 가능하게 된다. Ergonomic Human Model을 위한 범용 도구들로는 Delmia사의 ERGO, Safework사의 SafeWork과 Virtual Man, EAI-Delta사의 ERGOPlan 등이 있으며(김홍태 외, 2001), 이러한 범용 도구들은 인간공학적 평가기능과 함께 그래픽 기능이 향상된 인체모형을 제공하고 있다.

5.2 Ergonomic Human Model의 적용 방안

본 연구에서는 Ergonomic Human Model로서 Delmia사의 ERGO를 사용하여 인간공학적 분석을 행하였다. ERGO는 인간공학적 분석을 위해 설계환경과 완전히 통합된 인간 모델을 활용하여 인적 요소에 대한 평가를 할 수 있으며, DFA(Design for Assembly)와 같은 인간공학적 문제를 설계의 초기 단계에서 해결할 수 있도록 한다. (김홍태 외, 2000).

한국 해군 사병 및 장교에 대한 모델링은 Delmia ERGO를 이용하여 표준으로 설정된

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Human에 대한 데이터를 변형하여 사용하게 된다. 이와 같은 사병 및 장교에 대한 모델을 이용하여, 함정설계 기준의 평가에 있어서 해군장병을 체형을 고려한 인간공학적 검토가 가능하게 된다.

5.3 한국해군 체형자료 조사 및 분석

본 연구에서는 한국해군의 체형자료를 획득하기 위해 1997년 한국표준과학연구원에서수행한 국민표준체위조사 자료(김동진 외, 1997)를 기초로 하여, 1988년 국방과학연구소와 한국표준과학연구원이 조사한 한국군 장병의 신체변수 분석연구(김철중 외, 1988)를 참조하여 활용하였다.

국민표준체위조사의 결과를 본 연구에 활용하기 위해 전체 120개 항목 중 함정설계와 관련이 있는 선자세 높이 측정부위 7개 항목, 선자세 길이, 너비, 두께 측정부위 7개 항목, 선자세 둘레 측정부위 1개 항목, 앉은 자세의 측정부위 10개 항목 및 총 25개 항목을 선정하였다.

신체 데이터베이스를 상세하게 구축하기 위해서는 100여 개의 항목에 대한 자료조사 및 측정이 이루어져야 하나, 본 연구에서는 앞서 언급한 25개 항목에 대한 체형 데이터베이스를 구축하였다. 국민표준체위조사에서는 성별(남,녀)과 연령별로 구분하여 측정되었는데, 이렇게 측정된 데이터들 중에서 18세-24세 그룹과 25세-39세 그룹의 남성을 각각 사병 모델과 장교모델로 설정하고, 그룹별로 25개 항목에 대한 데이터를 추출하여 데이터베이스화 하였다.

6. 한국해군 표준 승조원 모델 개발 및 인간공학적 평가사례

한국해군의 인간공학적 함정설계 기준의 평가를 위한 Ergonomic Human Model의 개발을 위해 국민표준체위조사를 기초자료로 하고 한국군 장병의 신체변수 분석연구결과를 취합하여, 사병 모델과 장교 모델로 구분된 표준 승조원 체형 데이터베이스를 구축하였다.

이렇게 구축된 데이터베이스를 기반으로, 상용 Human 모델링 도구인 Delmia사의 ERGO 모델을 보완하여, 한국 해군의 인간공학적 분석모델을 개발하였다. 그림 8은 ERGO 모델을 보완하여 Navy Ergonomic Human Model을 만들어 나아가는 과정을 보여 주고 있다.

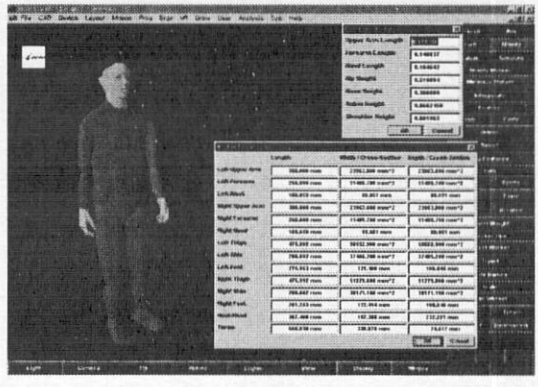


그림 8. ERGO 모델의 보완 과정

그림 8에서 보는 바와 같이 ERGO 모델에 대한 수정은, 신장을 중심으로 주요 신체 부위의 길이를 비율로 수정하는 방법과 신체 각 부위의 길이를 직접 수정하는 방법을 병행하여 사용했다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

본 연구에서 개발한 Navy Ergonomic Human Model은 ERGO 모델을 구성하고 있는 신체항목 데이터베이스 중에서, 국민표준체위조사에서 뽑아낸 25개 항목을 반영할 수 있는 항목에 대한 데이터를 직접 수정하여 개발되었다.

표 2에서 보는 바와 같이 Navy Ergonomic Human Model의 사병모델과 장교모델의 두 가지로 구분되며, 각각의 모델은 다시 백분위수에 따라 5%, 50%, 95%의 만족비율을 갖는 세 가지의 모델로 구분되어 개발되었다.

표 2. Navy Ergonomic Human Model의 종류

이름	유형	백분위수 (만족비율)
P5_Crew	사병	5%
P50_Crew	사병	50%
P95_Crew	사병	95%
P5_Officer	장교	5%
P50_Officer	장교	50%
P95_Officer	장교	95%

본 연구에서 개발된 Navy Ergonomic Human Model은 앞으로 해군 장병에 대한 정밀한 신체조사를 통하여 보다 정확한 데이터가 확보되면, 모델에 대한 수정이 이루어지게 될 것이며, 여군 사병 및 장교에 대한 모델도 개발될 것이다.

최근 개발 중인 OO함의 설계 과정에서 Navy Ergonomic Human Model을 이용하한 인간공학적 평가 가능성에 대해 적용해 본 결과가 그림 9와 그림 10이다.

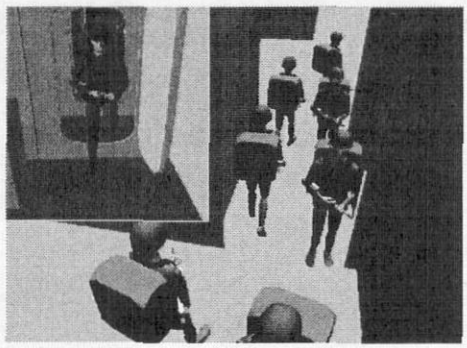
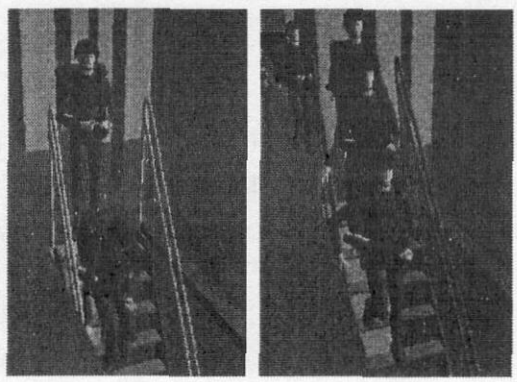


그림 9. 함내 이동통로에 대한 분석

그림 9는 함내의 이동통로에 대한 통행성 검증의 예를 보여주고 있다. 이동통로에 대한 분석에서는 함내 주요 통로의 폭(1.2 m, 0.95 m, 0.7 m)에 대해 완전군장 상태의 2인 통행시 간섭여부를 확인하여 원활한 통행이 가능한 지를 검증하였다. 분석결과를 정리하면, 1.2 m의 폭에서는 2인이 여유있게 교차통행을 할 수 있었으며, 0.95 m의 폭에서는 2인의 교차통행에 무리가 없는 것으로 평가되었고, 0.7 m의 폭에서는 2인 중 1인이 옆으로 이동해야 통행이 가능한 것으로 나타났다.



a) 개선 전(55°경사) b) 개선 후(45°경사)

그림 10. 사다리 경사도에 따른 이동의 용이성

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

그림 10은 집합 장소에서 거주 구역으로 이동시 사다리의 경사도를 55°에서 45°로 개선한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 이동자세에서 많은 차이를 보이고 있다.

7. 결 론

본 논문에서는 함정설계를 위한 인간공학적 평가방안을 제시하였고, 함상거주성에 대한 해군장병 설문조사 결과를 정리하였다. 또한 가상공간에서의 시뮬레이션 평가를 통한 인간공학적 함정설계 기준의 평가를 위해 한국해군 승조원의 체형을 반영한 Navy Ergonomic Human Model을 개발하였고, 이를 이용해 이동구역에 대한 평가가 이루어졌다.

함정 설계에 있어서 인간공학적 고려는 Design for Quality of Work Life 측면에서 함정에서 활동하는 승조원들의 쾌적한 선상 활동을 통해 임무 수행의 효과를 극대화하는데 기여할 것이다. 또한 안전의 측면에 있어서도 작업 피로, 인적 과실 등을 최소화하는데 큰 도움이 될 것이다.

앞으로 신형 함정, 잠수함 등과 같은 차세대 선박 개발에 대한 요구가 증대되고 있는 시점에서, 인간공학적 함정설계 기술에 대한 지속적 연구 및 활용이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

장기적으로는 Ergonomic Human Model을 이용하여 인간공학적 함정설계 기준을 평가할 수 있는 시뮬레이션 시스템의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

구종도.(2000). 함정공학 개론, 동명사.

김동진 외.(1997). 국민표준체위 조사 보고서, 한국표준과학연구원/국립기술표준원.

김철중 외.(1988). 한국군 장병의 신체변수 분석연구 결과 보고서, 한국표준과학연구원/국방과학연구소.

김홍태, 이종갑, 이동곤, 박진형.(2000). "함정의 인간공학적 설계 기준 개발", 선박해양기술, 32, 39-48.

김홍태, 이종갑, 이동곤, 박진형.(2001). "선박해양공학분야에서 인간공학기술의 활용현황 및 전망", 대한인간공학회지, 20(2), 99-111.

박성준, 강동석.(1998). Ergonomic Human Model을 이용한 인간공학적 차량설계, 산업공학지, 11(2), 135-140.

정의승.(1994). 인간공학적 무기체계 설계 지침, 국방과학연구소.

Castle, J. E.(1984). "US Navy Shipboard Habita- bility Design Standards and Trends", Naval Engineers Journal, 66-75.

Feyen, R.(2000). "Computer-aided Ergonomics: a Case Study of Incorporating Ergonomics Analyses into Workspace Design", Applied Ergonomics, 31, 291-300.

Kuo, C.(1993). "The Role of Human Factors in the Safety of Marine System", Proceedings of 3rd

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

International Offshore & Polar Eng. Conference, Singapore.

Rothblum, A. M. and Carvalhais, A. B.(1996). "Marine Applications of Human Factors of Human Factors Test & Evaluation", In T. G. O'Brien et. al.(Ed), Handbook of Human Factors Testing & Evaluation.

Saklem, A. A.(1985). "US Navy Habitability Control in Relation to Human Factors", Proc. of the SNAME Spring Meeting.

Stein, N. I.(1983). "An Overview of the Role of the NAVSEA Human Factors Engineering Program in Ship Design", Naval Engineers Journal, 139-152, July.

Strong, R.(2000). "RN Habitability Survey -Ship Design Implications", Proceedings of Human Factors in Ship Design & Operation, London.

Ware, H. D.(1986). "Habitability in Warship", The Royal Institution of Naval Architects, 41-58.

저자 소개

◈ 김 홍 태

고려대학교 산업공학과에서 학사, 석사학위를 취득하고, 동대학원에서 박사학위를 취득하였으며, 한국기계연구원 조선시스템 연구부를 거쳐 현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 선임연구원으로 재직중이다. 주요 관심분야는 해양안전공학, 인간공학, 모델링 및 시뮬레이션 등이다.

◈ 이 종 갑

부산대학교 조선공학과를 졸업하고, 충남대학교에서 석사, 박사학위를 취득하였으며, 대우조선을 거쳐 현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 책임연구원으로 재직중이다. 주요 관심분야는 시뮬레이션 기반 설계, 조선해양 CALS, 모델링 및 시뮬레이션 등이다.

◈ 박 진 형

경북대학교 컴퓨터공학과에서 학사, 석사를 취득하였으며, 현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 선임연구원으로 재직중이다. 주요 관심분야는 인공지능, 컴퓨터 알고리듬이다.

◈ 이 광 우

해군사관학교를 졸업했으며, Universuty of Strathclyde에서 석사학위를 취득하였고, 현재 해군 조함단 체계실장으로 재직중이다. 주요 관심분야는 시스템 설계, 무기 체계 개발 등이다.

논문접수일 (Date Received): 2002/04/10
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/06/17

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.