

Application of Digital Human Modeling for Design of Yacht

Dong-Joon Kim¹, Chan Gil Ko², Yujeong Lee², Seong Rok Chang²

¹Department of Naval Architecture and Marine System Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737

²Department of Safety Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-739

ABSTRACT

Objective: In this study, virtual reality was adopted to consider ergonomic factors in yacht design. Virtual human which is the same actual human was created in virtual environment using Digital Human Modeling which has been used in the manufacturing communities to design better workplaces and maximize the safety of workers. **Background:** During the past 40 years yachting has expanded from being, generally speaking, a minority sport - too expensive for the large majority of people - into a major recreational activity practiced by millions all over the world. Many new yacht designs have appeared and number of professional, as well as amateur designers has increased steadily. But they had not considered ergonomic factors in yacht design. **Method:** Worker's posture, traffic line and workload had been analyzed in sailing yacht. After the caution level was evaluated, we pointed out clues which had high workload and interference. To reduce workload, we applied ergonomic principles for improving working conditions and environments in Digital Human Model. **Results:** We found the space problems and workload of postures. **Conclusion:** (1) Unnatural posture of crews was sustained. (2) Workload that occurs in the human body was overloaded. (3) Crew's work space was very narrow. **Application:** This study will be applied the new ergonomic design of yacht.

Keywords: Digital Human Modeling, Sailing yacht, Ergonomic design, Posture analysis, Workload

1. Introduction

국민 생활의 질적 향상과 소득 증가에 따라 여가 활동 및 레저에 대한 욕구가 높아지고, 특히 주 5일제 근무를 통한 주말 여가의 인식 변화로 해양레저가 급속하게 활성화 되고 있다(Ban et al., 2003). 지난 40년 동안 요트는 전 세계 수백 명의 주요 여가 활동으로 확장되어 왔고, 아메리카 컵이나 다른 세계적인 요트 대회를 통하여 요트에 대한 관심이 증가되어 왔다(Larsson et al., 2007). 이처럼 해양레저 활동에 대한 국민적인 관심이 증대되면서 우리 정부에서는

2020년 해양레저장비의 세계시장 점유율 20% 달성을 목표로 하는 해양레저장비 산업의 경쟁력 강화사업을 추진하고 있다(Park, 2005).

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 해양레저 활동을 하기에 최적의 조건을 갖추고 있고, 고부가가치 산업으로 새로운 지역특화를 꾀할 수 있는 장점이 있다(Park, 2012). 국내의 해양관광활동에서 레저보트는 현재 도입기이며 완만한 성장세를 보이고 있고, 여건이 갖춰지면 급격히 성장할 것으로 예상된다. 국내에서도 매년 지속적으로 증가하고 있는 각종 해양레저 선박들의 수입량과 최근 급격히 증가하고 있는 각 지자체들의 마리나 설치 계획으로 미루어 보아 국내 해양

Corresponding Author: Seong Rok Chang, Department of Safety Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739.
Mobile: +82-10-2808-6468, E-mail: srchang@pknu.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

래저 선박 시장은 향후 크게 성장할 것으로 예상된다(Lee, 2008).

우리나라의 선박 제조 기술은 조선기술에 바탕을 두어 매우 우수하지만 요트 제조 기술은 호주 및 유럽과 비교했을 때 디자인과 설계 분야에서 뒤처지는 것으로 평가되고 있다. 현재는 디자인과 내부인테리어 등에 대하여 대부분 호주나 유럽에서 10년이 넘는 설계도와 디자인을 사들여 그대로 제작하거나 일부 변형하는 제작법을 적용하고 있다(Choi, 2010). 국내의 중·소형 조선소가 높은 상품성을 가진 독자적인 모델 개발과 해양레저 선박의 부가가치를 창출하기 위해서는 요트의 최적배치 설계 및 인테리어 설계가 필요하다. 이를 위해서 조선공학, 인간공학, 감성공학 및 디자인 기술 등이 접목된 융합 기술이 요구된다. 세일링 요트 선실의 경우 우리가 일상적으로 경험하는 주거 공간에 비해 형태가 정형화 되어있지 않고, 한정된 공간 안에 주거시설, 취사시설, 휴식시설 등이 모두 포함되어야 하므로 공간이 전체적으로 협소하다. 협소한 공간 내부에 배치된 의장품들은 요트 이용자들의 부자연스러운 자세를 유발시켜 사용자의 불편함과 부상을 초래할 수 있기 때문에 사용자의 편의와 안전을 위해 의장 설계 시 인간공학적인 고려가 필요하다(Kim et al., 2011).

Digital Human Modeling이란 기존의 Modeling & Simulation 기술을 이용하여 구축된 가상의 작업환경에 실제 작업자의 작업을 동일하게 행하는 가상의 인체를 형성하는 것이다. Digital Human Modeling을 통해 작업자의 작업 수행 능력을 예측할 수 있으며, 3D Mock-up에 실제 작업자와 동일한 가상의 작업자를 적용하여 인간공학적인 분석이 가능하다. 또한 설계 전에 부적절한 배치로 인한 사용자의 부자연스런 자세를 선 검증할 수 있어 제작 후 평가를 위해 소모되는 비용을 절감할 수 있어 경제적인 효과가 있다(Kim et al., 2006; Chang, 2007; Kim et al., 2008).

본 연구에서는 요트를 운항하는 크루의 작업 자세 중 대표적인 작업을 선정하여 3D Digital Mock-up과 Digital Human을 형성하였다. 또한 Digital Human Modeling의 인간공학적인 분석 기법을 이용하여 형성된 자세와 작업 부하를 평가하였고, 이에 대하여 개선 대상 작업에 대한 인간공학적인 개선안을 제안하였다.

2. Method

2.1 Subjects

세일링 요트를 운항하기 위해서는 최소 4명의 크루들이 필요하고 크루의 역할이 분담되어 있다. 요트의 크기에 따라

크루의 역할과 인원수는 유동적이며, 일반적으로 Bowman, Skipper, Grinder, Trimmer 등으로 분류할 수 있다.

Bowman은 요트 전방에서 장애물이나 너울 등을 감시하는 견시 임무와 헤드 세일을 정돈하는 역할을 하고, Grinder는 윈치를 이용하여 Jip 세일을 컨트롤 하는 역할을 한다. Trimmer은 메인 세일을 조종하고, Skipper는 요트 전체를 책임지는 선장으로서 필요한 지시를 내리고 요트 후미에 앉아서 휠 또는 킬러를 조종한다. 본 연구에서는 세일링 요트 운항 시에 크루 4명의 움직임을 촬영하고 전문가의 회의를 통하여 가장 많이 취하는 자세를 선정하여 Digital Human을 이용하여 모델링하고 분석하였다.

2.2 Method

요트의 Digital Human Modeling을 위해서 먼저 Rhino 3D를 이용하여 요트를 Figure 1과 같이 설계하였다. Rhino 3D 설계도를 Figure 2와 같이 Digital Human Modeling을 위한 Jack program으로 불러 들어서 요트의 형상을 재현하였다.

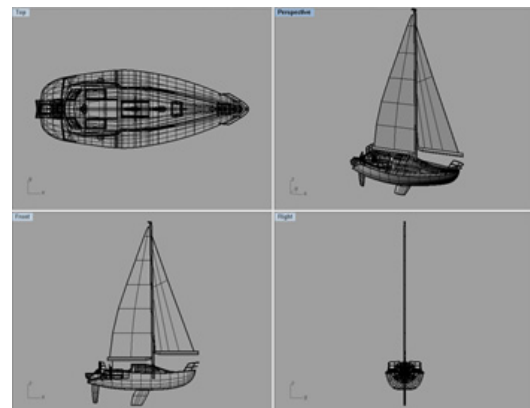


Figure 1. Yacht design by Rhino 3D

다음 단계로 Figure 3과 같이 한국인 인체치수 통계치를 이용하여 Human Model을 생성하였다. Jack Program은 평균적인 Human Model 이외도 극단치인 95%tile과 5%tile인 Human Model을 생성할 수 있으며, 키, 몸무게 및 체형 등을 입력하여 실제 작업자와 동일한 Digital Human을 생성할 수도 있다. Digital Human Modeling를 이용하여 작업자의 작업 부하를 분석하는 방법으로는 Jack Program에서 제공하는 인간공학 분석방법을 사용하였다. Jack Program에서 제공하는 인간공학 분석방법은 다음과 같다.

OWAS, RULA는 작업자의 부자연스러운 자세, Low Back Analysis는 허리 부하, Static Strength Prediction

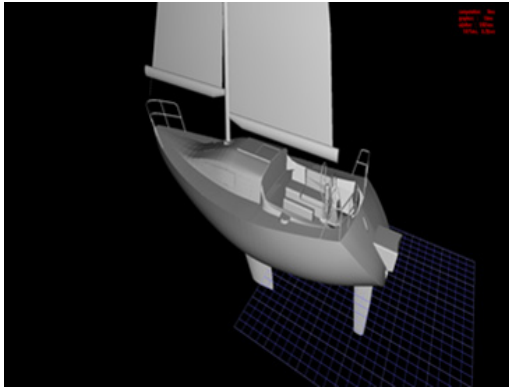


Figure 2. The design file in Jack program



Figure 3. Human model

과 ForceSolver는 각 지체의 관절에 추가되는 모멘트, Fatigue Analysis는 필요한 휴식시간, Metabolic Energy Expenditure는 작업의 에너지 소비율, Predetermined Time Standards는 작업시간, NIOSH Lifting Equation은 들기/작업의 한계, Manual Material Handling은 들기/내리기, 밀기/당기기, 운반 작업에 대한 평가를 하는 분석방법이다 (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2010). 이와 같은 10가지 인간공학 분석방법 중 작업의 형태와 특성에 따라서 적용 가능한 분석방법을 사용하여 평가하였다.

3. Results

3.1 Posture and Human Modeling

비디오 촬영과 전문가 회의를 통해서 요트에서 크루가 수

행하는 작업의 자세를 도출하였다. 크루의 작업 자세는 크게 Bowman의 전방 주시 자세, Skipper의 휠 타입과 킬러 타입의 조종간을 조종하는 자세, Grinder의 헤드 세일 방향 전환 및 윈치를 돌리는 자세, Trimmer의 메인 세일 게양과 조종 자세 등 7가지로 분류하였다. 이에 대하여 세일링 요트 전문가와의 인터뷰를 바탕으로 각 크루가 가장 많이 취하는 자세를 Figure 4와 같이 Bowman의 전방 주시, Skipper의 휠 조종, Grinder의 윈치 조종, Trimmer의 돛 게양 자세를 선택하였다. 그리고 선택된 4가지 작업 자세를 Figure 5와 같이 Digital Human으로 모델링을 실시하였다.

Figure 4[a], Figure 5[a]와 같이 Bowman은 요트의 선수에서 전방을 주시하면서 Skipper에게 암초나 너울 등의 정보를 알려주는 역할을 하고, Skipper는 Figure 4[b], Figure 5[b]와 같이 요트 선미에서 조타장치를 조종한다. 또한, Grinder는 Figure 4[c], Figure 5[c]와 같이 헤드 세일의 방향 전환을 위해 로프를 빠르게 당기고 윈치에 감아서 윈치를 돌려 로프를 고정시킨다. 마지막으로 Trimmer는 Figure 4[d], Figure 5[d]와 같이 세일링 시작 전 메인 세일을 펼치기 위해 메인 세일에 연결된 로프를 당겨 게양하는 작업이다.



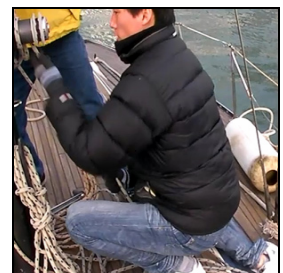
(a) Bowman



(b) Skipper



(c) Grinder



(d) Trimmer

Figure 4. Working posture of crews

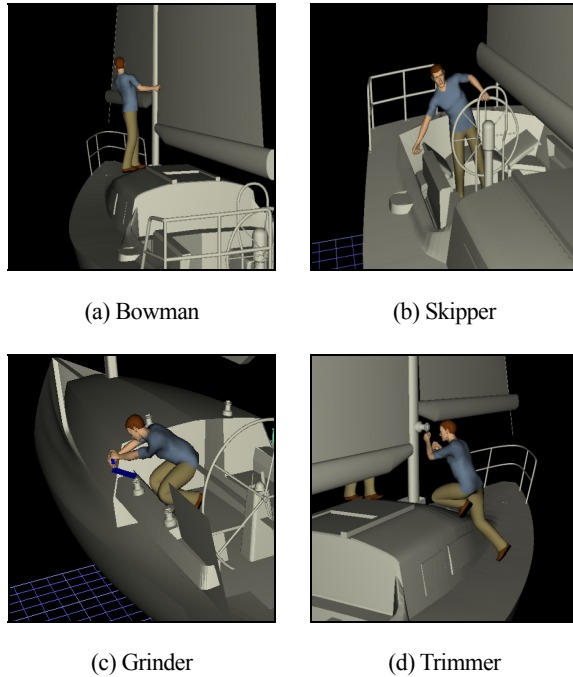


Figure 5. Human Modeling of working posture of crews

3.2 Ergonomic assessment

앞서 분류한 4가지 자세를 Digital Human으로 Modeling 하고, 작업 자세의 위험성을 평가하는 Task analysis toolkit 으로 인간공학적 평가를 실시하였다

크루의 작업 자세를 Task analysis toolkit의 인간공학적인 분석 기법 중 OWAS, RULA, Lower Back Analysis 로 분석한 결과 값은 Table 1과 같다. OWAS 분석 결과 Bowman의 전방 주시 작업과 Skipper의 휠 조종 작업의 경우 각각 Action Category (AC)가 1과 2로 비교적 낮은 수준으로 분석되었다. 반면에 Grinder의 윈치 돌리는 작업과 Trimmer의 돛 계양 작업은 두 작업 모두 AC가 3으로 분석되었다. 이는 근골격계 질환에 직접적인 해를 끼치므로 가능한 빨리 작업 자세를 교정해야 한다는 것을 의미한다. 두 작업 모두 윈치의 높이가 낮아 다리를 굽히거나 쪼그려 앉아 상체를 굽힌 상태로 로프를 당기거나 윈치를 돌리기 때문에 다리 부위에 코드가 4, 5로 나와 부하가 높은 것으로 평가되었다.

RULA 분석 결과 Bowman과 Skipper의 경우 각각 Action Lever (AL)이 2로 지속적인 추적관찰이 요구되는 것으로 분석되었고, Grinder의 경우 AL이 3으로 지속적인 관찰과 빠른 작업개선이 요구된다고 분석되었다. 또한 Trimmer의 경우 AL이 4로 정밀조사와 즉각적인 개선이 요

Table 1. The result of working posture analysis of crews (OWAS, RULA, Lower Back Analysis)

		Bowman	Skipper	Grinder	Trimmer
OWAS	Code	3121	4321	2142	2153
	AC	1	2	3	4
RULA	Grand score	4	4	6	7
	AL	2	2	3	4
Lower Back Analysis		2,764N	2,232N	4,763N	4,495N

구되는 것으로 분석되어 작업 중에서 부하가 가장 높은 것으로 평가되었다. 이는 상완 각도와 목, 상체의 굽힘 자세에 의한 것으로 볼 수 있다.

Lower Back Analysis의 분석 결과 Bowman과 Skipper 작업 자세에서의 허리 부하가 각각 2,764N과 2,232N으로 분석되어 최대 권장 부하인 3,400N 보다 낮게 나타나 위험도가 낮은 것으로 평가되었다. 하지만 Grinder와 Trimmer 작업 자세에서의 허리 부하는 각각 4,763N과 4,495N으로 분석되어 최대 권장 부하보다 높은 값을 나타나 개선이 필요한 것으로 평가되었다.

Fatigue Analysis, Metabolic Energy Expenditure, ForceSolver 및 Static Strength Prediction 분석 결과 Bowman의 전방 주시 자세와 Skipper의 휠 조종 자세는 모두 위험도가 낮은 것으로 평가되었다.

Grinder의 경우 Fatigue Analysis, Metabolic Energy Expenditure, ForceSolve, Static Strength Prediction, Manual Material Handling 분석을 적용하였고, 그 결과 Static Strength Prediction의 결과에서 위험도가 높은 것으로 분석되었다.

크루의 자세 분석 결과를 종합하면 Trimmer의 평가 결과 OWAS(AC 4), RULA(AL 4), Lower Back Analysis (4,495N), Static Strength Prediction의 총 4개의 평가 결과에서 위험도가 높은 것으로 분석되어 위험한 작업으로 평가되었다. 또한 Grinder의 윈치를 돌리는 자세도 총 4개의 평가 OWAS(AC 3), RULA(AL 3), Lower Back Analysis (4,763N), Static Strength Prediction에서 위험도가 높게 분석되어 Trimmer와 마찬가지로 위험한 작업으로 평가되었다. Skipper와 Bowman의 작업 자세 경우에는 다른 두 자세에 비하여 상대적으로 위험도가 낮은 것으로 평가되었다.

3.3 Improvement

분석된 결과를 토대로 크루의 자세 중 개선 대상 자세를

구분하면 Grinder와 Trimmer의 작업이 4가지 분석에서 위험도가 높은 것으로 평가되어 개선이 필요한 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 Grinder와 Trimmer의 작업에 대해 개선안을 제안하였다

Grinder의 OWAS 분석 코드를 보면 허리2, 팔1, 다리4, 하중/힘2가 나왔고 AC는 3, 근골격계 질환에 직접적인 영향을 미치고, 가능한 빨리 작업 자세를 개선하는 것이 필요하다고 평가되었다. 분석 결과 문제요인으로는 허리와 두 다리의 굽힘 발생을 요인으로 볼 수 있다. 그러므로 허리와 다리의 굽힘을 줄일 수 있는 개선이 필요하다. Figure 5[c]의 Grinder의 작업 자세를 모델링한 것을 보면 원치의 높이가 낮아 허리와 다리의 굽힘이 발생한다. 원치가 있는 턱의 높이를 전체적으로 올리고 원치 중심 양 옆으로 발과 무릎이 들어갈 수 있도록 공간을 제공하는 것이 요구된다. 또한, 원치가 위치하고 있는 부분의 의자를 제거하여 원치를 가까이서 돌릴 수 있도록 개선을 하면 허리와 다리의 굽힘 그리고 팔을 뻗는 자세로 인한 부하를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. RULA 분석 결과로는 상완과 전완의 굽절, 팔 뻗음, 어깨 들림 및 2~10kg 사이의 반복적인 부하가 발생하며 AL 3 즉, 계속적인 관찰과 빠른 작업 개선이 요구된다고 평가되었다. 상완 및 전완의 팔 뻗음과, 어깨 들림을 줄이기 위해서 핸들의 길이를 줄이면 팔을 뻗는 동작을 제거할 수 있을 것이라고 판단된다. Lower Back Analysis의 분석 결과로는 4,763N의 부하가 허리에 발생하였고, 이는 허리의 굽힘과 비틀림으로 인한 것이다. OWAS 감소를 위해 원치의 높이를 올리면 허리의 굽힘을 줄일 수 있고 비틀림도 일어나지 않아 부하가 감소될 것이라 판단된다. Static Strength Prediction의 결과 엉덩이와 무릎 그리고 발목에 위험도가 높은 것으로 나타났다. 원치를 높여서 서서 작업을 하게 되면 발목과 무릎, 엉덩이가 곧게 펴지게 되어 관절 부하가 감소하여 위험도가 낮아질 것으로 판단된다.

Grinder에 대한 인간공학적인 평가를 종합적으로 검토하면 허리와 두 다리의 굽힘이 위험 작업으로 평가된 주요 원인으로 분석되었다. 이를 개선하기 위해 원치 높이의 조정, 서서하는 작업의 작업 장소 개선, 핸들 길이의 조정 등 개선방법을 제안하였다. 이를 통해 관절의 부하가 감소되었으며, 팔 뻗는 동작을 제거하였다. 개선 후의 작업 평가는 Table 2에서 보는 바와 같다. OWAS 평가 결과 AC 3에서 2로, RULA 평가의 경우 AL이 3에서 1로 개선 효과가 나타났다. 또한 Low Back Analysis의 경우 허리 부담이 약 50% 줄어든 것으로 분석되었다.

Trimmer의 OWAS 결과 코드를 보면 허리2, 팔1, 다리5, 하중/힘3이 나왔고 AC는 4, 근골격계에 매우 심각한 해를 끼치고 즉각적인 작업 자세의 개선하는 것이 필요하다고 평가되었다. 분석 결과 문제요인으로는 허리와 다리의 굽힘

Table 2. The result of improved working posture analysis of crews(OWAS, RULA, Lower Back Analysis)

		Grinder	Trimmer
OWAS	Code	2122	1133
	AC	2	1
RULA	Grand score	3	4
	AL	1	2
Lower Back Analysis		2,465N	2,916N

이 발생하는 것을 요인으로 볼 수 있으므로 허리와 다리의 굽힘을 줄일 수 있는 방향으로 개선이 필요하다. RULA 분석 결과 상완과 전완, 손목, 목, 상체의 굽힘 및 신전이 발생하고 10kg 이상의 반복적인 부하가 발생한다고 평가되어 AL 4, 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다고 평가되었다. 상지 쪽의 전체적인 굽힘 및 신전을 줄이는 개선이 필요하다. Lower Back Analysis 분석 결과 4,495N의 부하가 허리에 발생하였고 이는 허리의 굽힘과 비틀림에 의해 발생된 것이므로 이러한 굽힘과 비틀림을 줄이면 부하가 감소될 것으로 판단된다. Static Strength Prediction의 결과 엉덩이와 무릎 그리고 발목에 위험도가 높은 것으로 나타났다. 이는 원치의 높이를 조정하면 위험도가 감소할 것으로 판단된다.

Trimmer에 대한 인간공학적인 평가를 종합적으로 검토하면 허리, 다리, 상완/전완, 손목/목, 상체 굽힘 및 신전 등이 위험 작업으로 평가된 주요 원인으로 분석되었다. 이를 개선하기 위해 원치의 높이를 30cm 낮추고 로프를 원치에 걸어서 당기는 형태로 개선하거나, 원치 대신 도르레를 사용하는 형식으로 개선하였다. 개선 후의 작업 평가는 Table 2에서 보는 바와 같다. OWAS 평가 결과 AC 4에서 1로, RULA 평가의 경우 AL이 4에서 2로 개선 효과가 나타났다. 또한 Low Back Analysis의 경우 허리 부담이 약 35% 줄어든 것으로 분석되었다.

4. Conclusion and Discussion

본 연구는 세일링 요트의 인간공학적인 설계를 제안하기 위하여 Digital Human Modeling을 요트에 적용한 연구로써 요트 운항 시 크루의 주요 임무에서 발생하는 자세들을 Digital Human Modeling하여 각 자세에 대한 위험성을 확인하였다. 이를 통해 각 크루의 자세 별로 나타나는 문제요인을 도출할 수 있었고 이 문제요인을 바탕으로 인간공학적인 개선방안을 제안하였다.

세일링 요트는 크기와 설계 형태 별로 운항 중 크루가 행

하는 자세가 다양하게 변화하는 특성이 있다. 배의 크기에 따라 적게는 1~2명, 많게는 17명의 크루가 함께 운항하기 때문에 다른 다양한 자세에 대해서도 추가적인 분석이 이루어져야 할 것이며 이러한 자세에 대해서도 Modeling을 통한 분석 및 평가를 하여 개선방안 도출이 필요할 것이다.

하지만 이러한 개선방안은 인간공학적인 아이디어만을 적용한 것이므로 실제 요트 설계에 적용하기 어려울 것으로 사료된다. 따라서 구조적인 개선안에 대해서는 조선공학 전문가, 요트 전문가와의 협의를 통하여 적용 가능한 개선안을 찾는 것이 필요할 것이다.

References

- Ban, S.H. & Kim, S.H., "Prospect and Status of Marine Leisure and yacht Industry in Korea", *Journal of Korean Society of Naval Architecture & Ocean Engineering*, Vol. 39, No. 1, pp. 33-44, 2003.
- Chang, S.R., "A Study for Prevention of Musculoskeletal disorders Using Digital Human Simulation in the Shipbuilding Industry", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 22, No. 3, pp. 81-87, 2007.
- Choi, C.H., Jang, P.S. & Seo, M.S., "Digital Design Process of Marine Leisure Boat Using Human Sensibility Evaluation", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 29, No. 4, pp. 693-699, August 2010.
- Kim, D.J., Park, J.Y., Min, K.C. & Chang, S.R., "Formulation of Human Modeling and Simulation in the Shipbuilding Industry", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 21, No. 4, pp. 114-148, 2006.
- Kim, D.J., Park, J.Y., Kim, H.W. & Chang, S.R., "A Study for Improvement of Work using Digital Human Modeling", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 23, No. 2, pp. 51-56, 2008.
- Kim, D.J., Oh, H.S., Lee, Y.J., Cho, K.Y. & Chang, S.R., "Application of Ergonomic Factors in Sailing Yacht Design", *The Korean Society of Ocean engineers*, 2011.
- Larsson, L. and Eliasson, R.E. "Principles of Yacht Design", 3rd ed., McGraw-Hill, 2007.
- Lee, S.W., "A study on the establishment of basic plan and improvement of system for promoting the Marine tourism", *Ministry of Land*, pp. 13-16, 2008.
- Park, S.H., "Problem and Status of Yacht Industry in Korea", *Journal of the Korean Society of marine Environment & Safety*, Vol. 11, No. 1, pp.47-52, 2005
- Park, S.H., "A study for Present Condition Analysis and Activation of Marine Leisure Industry", *Environment and Economics Assessment Section of Korea Institute of Ocean Science & Technology*, 2012.
- Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. "Jack 7.0 Release Notes and Installation Guide", 2010.

Author listings

Dong-Joon Kim: djkim@pknu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Naval Architecture, Seoul National University

Position title: Professor, Department of Naval Architecture and Marine System Engineering, Pukyong National University

Areas of interest: Computer Aided Ship Design, Leisure Boat Design

Chan Gil Ko: kcg1150@hanmail.net

Highest degree: Bachelor, Department of Safety Engineering, Pukyong National University

Position title: Master's course, Department of Safety Engineering, Pukyong National University

Areas of interest: Human Modeling, Risk Assessment

Yujeong Lee: yj_lee@pknu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Safety Engineering, Pukyong National University

Position title: Lecturer, Department of Safety Engineering, Pukyong National University

Areas of interest: Ergonomics, Assessment of Work Ability, Job Stress

Seong Rok Chang: srchang@pknu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: Professor, Department of Safety Engineering, Pukyong National University

Areas of interest: Assessment of Work Ability, Work Physiology, Digital Human Modeling, Human Error Reduction, Risk Management

Date Received : 2013-07-05

Date Revised : 2013-08-28

Date Accepted : 2013-08-29