

선박운항시스템 자동화와 안전의 연관성에 관한 연구

김비아 · 이재식 · 오진석^{†*}

부산대학교 심리학과 · *한국해양대학교 선박전자기공학부
(2007. 8. 6. 접수 / 2007. 11. 16. 채택)

A Study on the Relationship of Ship Automation System and Safety

Bia Kim · Jaesik Lee · Jinseok Oh^{†*}

Department of Psychology, Pusan National University

^{*}Department of Mechatronics Engineering, Korea Maritime University

(Received August 6, 2007 / Accepted November 16, 2007)

Abstract : The recent huge maritime casualties and their environmental impacts showed that human error in ship navigation is one of the primary causes leading to accidents. In order to reduce maritime accidents and human errors in ship navigation, it is very important and urgent to improve the skills of navigators and develop advanced navigation support system for ship operations. For example, a SCMS(Ship Control and Management System), INS(Integrated Navigation System) and PCS(Propulsion Control System) which are considered as a ship automation system was operated in ship. Furthermore, the most recent automation ships collision incidents warn us that only making automation ships alone is not sufficient for improving ship safety. Effective interaction between officer and ship automation system is essential for safety. In this paper, the interactive relationship between officer and the ship automation system was studied, then the research result for reducing maritime casualties will be presented.

Key Words : navigation, SCMS, INS, PCS, ship automation, safety

1. 서 론

선박은 다양한 환경적인 지배를 받는 특수한 업무환경을 가진 곳이다. 해상에서 선박이 안전하게 운항되기 위해서는 항해사의 견시 업무와 SCMS(Ship Control and Management System), INS(Integrated Navigation System) 및 PCS(Propulsion Control System) 등 다양한 운항장비가 효율적으로 운항정보 및 선박관리를 지원해야 한다.

선박의 근무환경은 육상과 격리된 근무환경으로 인해 정신적, 육체적으로 많은 스트레스를 받으며, 또한 태풍, 계절적인 해상상태 등의 기상요인에 따라 선박이 맞이하는 다양한 위험요인으로 인해 매우 강도가 높은 스트레스를 지속적으로 받는 경우가 많다. 이러한 요인으로 선진국으로 갈수록 선원이라는 직업을 선호하지 않는 것이 대부분의 국가에서 공통적으로 일어나는 현상이다. 그러므로 선박을 운용하는 주체들은 선박이 가지는 공간적인 격

리감, 육상의 근무환경에 비해 많은 위험에 노출된 근무환경 등의 문제점을 해결하기 위하여 다양한 연구 및 시도를 하고 있다.

선박이 안전성을 확보하는 것은 선원뿐만 아니라, 선주입장에서도 대단히 중요한 부분이다. 선박안전은 운항주체인 선원을 운항시스템이 효과적으로 지원할 때 가능하다. 성능 및 효율이 우수한 지원시스템을 선박에 갖추기 위하여 선박운항시스템을 지속적으로 자동화시키고 있다. 선박운항시스템 자동화는 선박의 안전성을 확보하는 측면과 운용주체인 선원의 작업여건 개선이라는 측면이 고려되어 지속적으로 발전하고 있다.

본 연구에서는 선박자동화 발전과정, 운용자 운용능력 및 선박에서의 현황을 연구 조사하여 선박운항시스템 자동화와 안전성의 연관관계에 대하여 연구 평가하고자 한다.

2. 운항시스템 현황 분석

해난사고를 억제하고 선박을 안전하게 운항하기

^{*} To whom correspondence should be addressed.
ojs@hhu.ac.kr

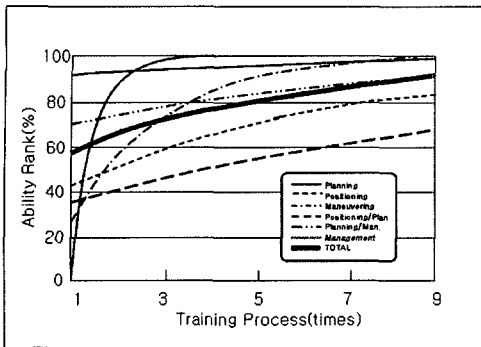


Fig. 1. Trend of automation technology and knowledge level.

위해서는 선박을 조종하는 항해사, 운항시스템을 관리하는 기관사, 각종 선박용 시스템 및 제어관리시스템이 효과적인 연동성을 가져야 한다¹⁾. 선박 운항시스템은 항해시스템을 통합 관리하는 INS와 기관시스템을 통합 관리하는 PCS가 확고한 연동성을 가지고 있어야 하며, 이를 기반으로 선박전체를 제어 관리하는 SCMS가 신뢰성 및 효율성을 가지고 운용되어야 한다.

선박용 운항시스템은 노르웨이 등의 선진국을 중심으로 지속적으로 새로운 시스템이 개발되어 선박에 탑재되고 있다. 그러나 국내 선원의 자동화 기술의 숙지 능력은 감소하고 있는 추세이다. Fig. 1은 선박운용을 위한 기술별 숙지과정을 도시한 것이다.

선박 운항 측면에서 숙지과정이 어려운 것은 positioning과 planning로 구성된 것이다. Fig. 1의 전반적인 숙지과정은 예년에 비해 현저히 시간이 많이 걸리고 있다. 이러한 이유는 국민소득이 증가하면서, 육상과 해상 근무자의 소득격차가 급격히 감소하면서 우수한 능력을 가진 인력이 선박운항 업무에 지원하는 사려가 감소하는 반면, 자동화 기술의 급속한 발전으로 다양한 IT 기반의 운항시스템이 선박에 탑재되고 있기 때문이다.

선박자동화가 선박안전에 미치는 영향을 운항 및 장비운용 두가지 측면에서 검토할 필요가 있다. 운항측면에서는 운항시스템의 자동화가 항해사의 견시 업무, 조종 능력 등의 측면에 얼마나 기여를 하였는지 조사 및 분석할 필요가 있다. 그리고 장비운용 측면에서는 선박이 자동화 되면서 추진시스템 제어를 선교에서 수행할 수 있도록 되어있으며, 기관실의 중요시스템은 대부분 자동화시스템을 갖추고 있으며, 각각의 자동화 시스템은 PCS와 연동성을 갖도록 구성되어 있다. Fig. 2는 선박 자동화 시스템 논리 계통도이다²⁾.

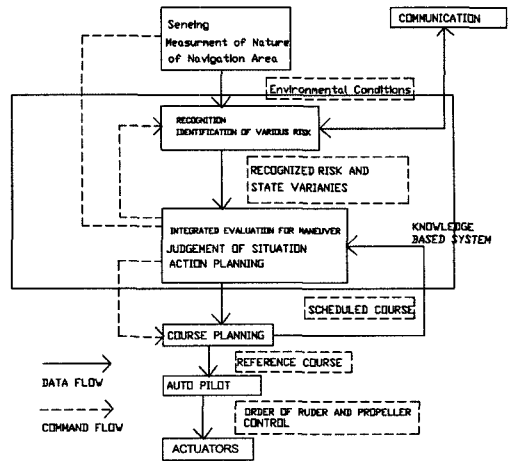
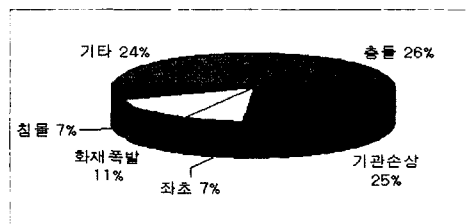


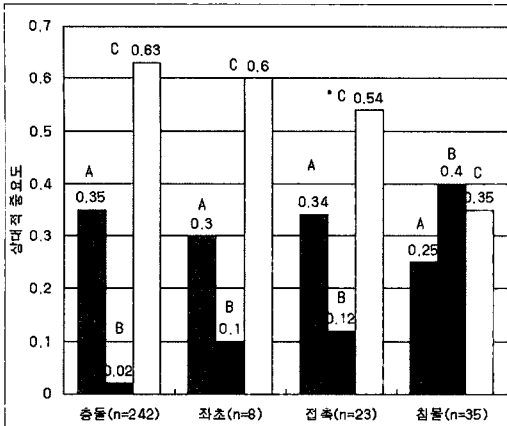
Fig. 2. Logic flow for ship automation system.

선박운항시스템 자동화는 지속적으로 발전하고 있으며, 자동화 시스템을 선박에 탑재하는 비용은 상대적으로 감소하고 있는 추세이다. 그리고 자동화 수준은 지속적으로 상승할 것으로 예측된다. 특히, LNG 등 고부가가치 특수 선박은 안전성 측면을 고려한 운항시스템 구축이 대단히 중요하다. 또한 한국 해운 물류 수입을 주도하고 있는 컨테이너선은 선박 운항 속도가 일반 화물선의 약 2배인 20~27 노트 운항되고 있으므로 선박 안전을 위해 선박 운항시스템이 운항요원의 업무를 효과적으로 담당할 수 있도록 구성해야 한다.

해안심판원 분석자료에 따르면 2005년도 해난사고의 유형별 현황을 살펴보면 Fig. 3과 같이 충돌 및 좌초에 의한 사고가 33%, 기관손상에 의한 사고가 25%로 전체의 절반을 넘는다. 이 결과는 운항시스템의 운용, 관리 및 조작에 관련된 사고가 많다는 것을 의미한다. 기관손상에 의한 해난사고는 기관시스템 자동화가 상대적으로 미흡한 어선에서 대부분 발생하였다. 그 밖에 화재 등의 해난사고도 관련시스템 자동제어 및 관리시스템을 갖춘 선박에서는 해난사고 발생빈도가 현저히 감소하고 있다.



자료: 해양안전심판원, <http://www.kmst.go.kr>
Fig. 3. State of kinds of marine casualties in 2005.



자료: 박진수, (1994), 월간 해양한국, 25p
 Fig. 4. Rate of importance by kinds, cause relatively.

특히 충돌 및 좌초와 같은 해난사고는 항내에서 19%, 협수로에서 12%, 20마일 미만의 해역에서 44% 등으로 전체 항해 해역에서 발생하는 사고의 75% 정도 발생하고 있으며, 이러한 결과는 선박운항시스템과 자동화체계가 상호 밀접한 관계가 있다는 것을 나타내고 있다.

Fig 4는 사고 종류별, 원인요소 그룹별 유효수준 (effect level)을 보여주고 있다.

Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 충돌 사고의 경우 인적요소가 63%를 차지하는데 반해 기술적 고장이나 결함요소는 2% 정도에 불과하다. 또한 좌초의 경우에도 인적요소가 60%로 다른 항목에 비하여 높은 비중을 차지한다. 이러한 결과는 단위 해역에 운항선박의 밀도가 높을수록 우수한 자동화 운용능력을 가진 SCMS와 이를 효과적으로 운용할 수 있는 운항요원이 필요함을 나타내고 있다.

3. 자동화 효과 평가

선박자동화가 선박안전에 미치는 영향을 운항 및 장비운용 두가지 측면에서 검토할 필요가 있다. 운항측면에서는 운항시스템의 자동화가 항해사의 견시 업무, 조종 능력 등의 측면에 얼마나 기여를 하였는지, 그리고 운항시스템 자동화에 필요한 핵심 장비인 Radar, Gyro, Gps, Autopilot, 주기관, 발전기 등의 숙지정도를 조사 및 분석할 필요가 있다. 자동화 선박은 항해 및 기관 분야의 다양한 시스템 운용을 SCMS, INS, PCS와 연동하여 운용한다³⁾. 그러므로 자동화 요과는 시스템, 운용인력, 연동성 등의 측면을 고려하여 효과를 평가해야 한다. Table 1은

Table 1. Elemental techniques for ship operation

| Navigation Part | Engine Part |
|---------------------|----------------------|
| Watch keeping | Watch keeping |
| Positioning | Monitoring |
| Maneuvering | Control |
| Instrument Handling | Machine operation |
| Communication | Communication |
| Rule of road | Rule of road |
| Planning | Maintenance schedule |
| Emergency | Emergency |
| Management | Management |

선박운용 두 부서인 항해 및 기관 분야에서 선박운항시스템 자동화 및 안전성 측면에서 반영되어야 하는 항목을 정리한 것이다.

선박 자동화 능력은 운항시스템 자동화 수준과 운용인력의 제어관리 능력에 따라 결정되며 Table 1에 정리한 항해 및 기관 분야의 기본 요소들을 활용하여 선박 운항시스템의 조종능력을 정립할 수 있다. 이러한 운항기술들의 숙지과정의 특징은 식(1)로 정리할 수 있다⁴⁾.

$$T_a(n) = 1 - (1 - a(n)) \exp\left(-\frac{x}{T(n)}\right) \quad (1)$$

여기서 T_a 는 기술의 성취수준(the achieved level of the technique), n 은 숙지과정에서 기술의 종류를 나타내는 변수(variable indicating the kind of technique to be trained), a 는 숙지초기단계의 기술숙지수준(the achieved level of the technique at the starting time of the training), T 는 숙지과정의 속도를 가르는 시정수(time constant indicating the speed of learning process), x 는 숙지를 위한 진행시간(proceeding time for learning)을 나타낸다⁵⁾. 식 (1)에서 a 와 T 는 개성(personality)에 의해 결정된다. 운항시스템의 숙지과정을 학생과 전문운항요원을 대상으로 수행한 결과 Fig. 5 및 Fig. 6과 같이 나타났다. Fig. 5는 선박운항에 대한 이론적인 지식을 이수한 대학 3년생을 대상으로 수행한 결과이며, Fig. 6은 운항경험을 가진 전문운항요원을 대상으로 선박용 시뮬레이터를 이용한 실험결과이다.

Fig. 5에서는 숙지과정에 숙지수준에 심한 맥동(수준차이)이 발생한다. 그러나 Fig. 6에서는 운항기술의 숙지정도가 전과정에 걸쳐 고르게 나타난다. 이러한 연구결과는 선박을 안전하게 운용하기

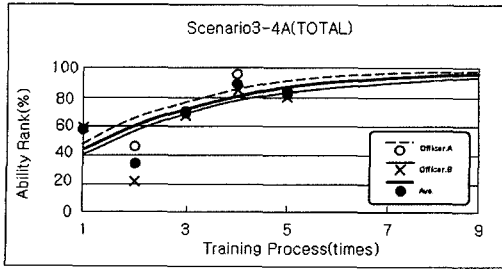


Fig. 5. Learning process for training program for cadet.

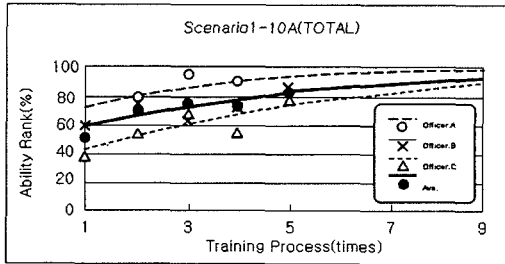


Fig. 6. Learning process for training program for officer.

위해서는 선박 운항시스템의 자동화와 더불어 운항 인력의 교육도 중요함을 알 수 있다. 즉, 운항시스템에 대한 체계적인 교육프로그램을 개발하고, 교육과 실습을 통한 자동화된 운항시스템의 운용기술을 습득할 수 있도록 해야 한다.

선박운항시스템의 자동화와 안전성의 연관성에 대한 현장의 인식을 설문문을 통하여 조사하였다. 설문지는 총 15개 문항으로 12개의 객관식 문항과 3개의 주관식 문항으로 Table 2와 같다.

Table 2. Survey contents

| 대항목 | 소항목 |
|----------------|-------------------------------|
| 개인 능력 (6단계) | SCMS 개념 이해 정도 |
| | 선박운항시스템 동작 개인별 호감 정도 |
| | 자동화시스템 이론 및 실무 이해 정도 |
| | 동화 운용 및 실습 경험 활용 정도 |
| | SCMS 작동 및 비상조치 능력 정도 |
| | 운항경험을 숙지할 수 있는 승선기간 |
| 자동화와 안전성 (3단계) | SCMS와 안전성의 연관성 정도 |
| | 비정상적인 항행구역에서 자동화시스템 의존 정도 |
| | 비정상적인 항행구역에서 자동화체계 활용 및 신뢰 정도 |
| | 정상적인 항행구역에서 자동화시스템 의존 정도 |
| | 정상적인 항행구역에서 자동화체계 활용 및 신뢰 정도 |
| 주관적인 판단 | 선박운항과정에서 가장 높은 운전 모드 |
| | 자동화시스템의 신뢰 정도에 대한 견해 |
| | SCMS가 가장 높은 효력을 발생하는 경우 |
| | 선박안전에 가장 관련이 높은 시스템 |

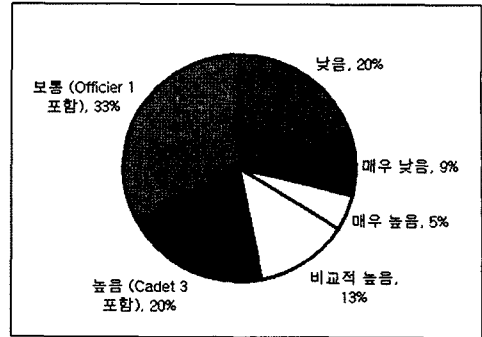


Fig. 7. Personal operation ability for ship.

설문내용은 응답자의 개인능력 부분, 자동화와 안전성의 연관관계 부분에 대하여 조사하였다. 설문문에 참여한 응답자의 성별은 남성이 90%, 여성이 10%이다. Fig. 7은 개인별 자동화시스템 숙지능력을 정리한 것이다. SCMS 시스템을 완벽히 이해하고 운영할 수 있는 사람을 최고 수준으로 하고, 단순히 운항시스템을 이해하고 있는 정도를 최저 수준한 개인별 능력을 정리한 결과이다.

개인별 능력은 운항경험과 밀접한 관계가 있으며, 대부분 실제 운항경험에 따라 숙지정도가 높게 나타났다. 그러나 일부 개인별 적성 및 능력에 따라 경험자 경우도 운용능력이 Cadet 보다 못한 경우가 있음을 알 수 있다. 반대로 Cadet의 경우에도 노력 및 적성에 의해 능력이 높게 나오는 경우도 있음을 알 수 있다. 개인별 수준은 보통이 33%로 가장 높게 나타났다. Fig. 8은 운항시스템 자동화와 안전의 상호 연관성을 조사한 결과이다. 설문문에 참여한 응답자 대부분은 승선경험 및 자동화시스템 운용경험이 있는 Officer와 실습경험이 있는 Cadet이며, 설문은 정상운항 상태와 비정상적인 운항 상태(황천운항, 협수로 운항 등)로 나누어 진행하였다.

실제 선박의 경우 SCMS, INS, PCS가 연동성 갖추고 있으며, 안전성 측면에서 Bridge 운항모드, Bridge and Control room 운항 모드 등 운항 상태와 주기관, 발전기 등의 기기의 상태에 따라 운항모드를 선택하여 선박운항시스템을 제어관리 한다. Fig. 8은 정상상태보다 비정상상태에 운항시스템 자동화가 더욱 필요한 것으로 나타났으며, 특히 안개, 태풍 등 기상상태가 좋지 않을 때는 자동화된 선박 운항시스템이 대단히 중요하며, 더불어 안전한 운항을 위해 운항시스템을 충분히 숙지한 인력이 필요하다. 해난 사고를 줄이고, 선박의 안전성을 확보하기 위해서는 선박용 운항시스템 자동화와 안전성의 연관관계

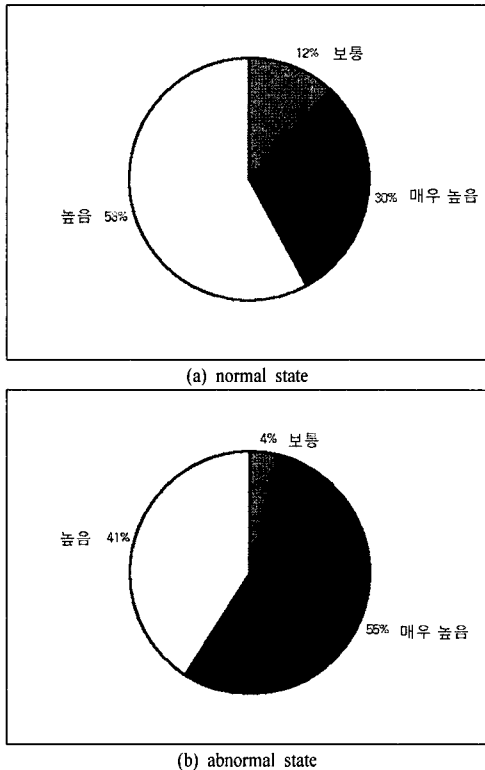


Fig. 8. Relationship of automation and safety.

를 인지하고, 운항시스템 숙지에 필요한 다양한 교육과 시뮬레이터를 통한 실습을 충분히 받도록 하는 것이 중요하다.

4. 결론

선박에 의한 해난사고를 억제하기 위해서는 선박을 운항하는 운항요원의 운항기술을 향상 시키는 것이 중요하다. 선박의 자동화 능력은 운항시스템의 자동화 수준과 운항요원(officer)의 자동화 시스템 제어관리 능력에 따라 결정된다. 특히 협수로 항해, 악천후 항해 등의 항해 여건이 열악한 상태에서 자동

화시스템과 안전의 상호 연관성은 매우 밀접한 관계가 된다. 연구결과에서도 비정상적인 환경에서 자동화 시스템을 충분히 인지한 운항인력이 해난사고 억제력이 높은 것을 알 수 있다. 그러므로 자동화 선박과 운항인력의 효과적인 상호연관성을 확보하기 위해서는 자동화 시스템에 관한 주기적인 교육과 시뮬레이터를 통한 실습이 대단히 중요하다. 이러한 과정을 통하여 운항인력에 의해 발생하는 사고요인을 최소화 하는 것이 선박 안전에 대단히 중요하다.

감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10559-0) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Kakoto Endo, "The Necessary Techniques for Safe Navigation and Assessment of the Competency," Toyama National College of Maritime Technology, Japan, pp. 1~11, 2002.
- 2) Stefan Kluj, "Usability criteria for simulations applied in the maritime engineering education," World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol. 2, No. 3, pp. 445~448, 2003.
- 3) Hiroaki Kobayashi, "Development the Maneuvering techniques into the Elemental Techniques," the Journal of Japan Institute of Navigation, Vol. 96, pp. 119~125, 1997.
- 4) Yang, C., Phan, S., Kuo, P., Lin and F.O., "Applying Collision Avoidance Expert System to Navigation Training Systems as an Intelligent Tutor," IIEA/AIE, NRC 44155, pp. 941~947, 2001.
- 5) 김바아, 이재식, 김중도, 오진석, "선박조종과 안전항해를 위한 항해사와 SCMS의 상호작용," 한국항해항만학회지, 제30권, 제10호, 833~837, 2006.