JESK J Ergon Soc Korea 2019; 38(6): 565-574
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2019.38.6.565
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Effects of Marine Officers' Situation Awareness on Ship Collision Accidents in Korean Coast

Seung Kweon Hong, Yonggi Bae

Korea National University of Transportation, Department of Industrial and Management Engineering, Chungju, 27569

항해사의 상황인식이 국내 연안의 선박 충돌사고에 미치는 영향

홍승권, 배용기

한국교통대학교 산업경영공학전공

Corresponding Author
Yonggi Bae
Korea National University of Transportation, Department of Industrial and Management Engineering, Chungju, 27569
Mobile : +82-10-3340-8638
Email : ygbae@ut.ac.kr

Received : December 09, 2019
Revised : December 10, 2019
Accepted : December 12, 2019

Copyright@2019 by Ergonomics Society of Korea. 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.

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of situational awareness on ship collision accidents in Korea coast.

Background: The lack of situational awareness of maritime officers is reported to be a major cause of marine accidents. Research on situational awareness in Korea was not active. Especially, situation awareness research through analysis of accident data is very rare.

Method: Using archival data on ship collision accidents that happened in the costal sea of Korea from 2017 to 2019, it was analyzed what types of situation awareness errors were related to ships' collision. The differences in situation awareness errors were analyzed based on collision ship types and encounter situations.

Results: The error in the situation awareness level 1 was 67%, while the error in the situation awareness level 2 and 3 was 33%. The most parts of level 1 error were due to the negligence of watch keeping until collision and the continuous monitoring neglect after recognizing the collided ship from far distance. The main errors in the situation awareness level 2 and 3 were the misjudgment of risk situation, the error in the judgment of safe course and speed, misunderstanding and wrong application of safety regulations and misjudgment of future action of the other ships. The ratios of these errors were different according to the type of collision ships and the encounter situation.

Conclusion: Collision accidents in the domestic coast were mainly due to the negligence of watch keeping, including the continuous monitoring neglect after recognizing the collided ship from far distance. There is a need for measured to prevent the watch keeping neglect of navigators. Depending on the type of ship and the situation encountered, other appropriate collision prevention measures are needed.

Application: The results of this research might help to design human interface of ship equipment and to train maritime officers.

Keywords: Situation awareness, Ship collision, Accident data analysis, Interface design, Training

1. Introduction

상황인식이란 "특정한 시점과 특정한 공간에서 주위에서 무슨 일이 일어나고 있는지를 인지하고, 인지된 정보를 통합하여 현재의 상황을 이해하는 것이며, 가까운 미래에 상황이 어떻게 변화할지를 예측하는 인지능력"으로 정의된다(Endsley, 1988). 상황인식이 정확하다면, 상황인식 이후에 수행되는 인간의 의사결정과 판단은 올바르게 수행될 가능성이 높다. 그러나 상황인식 과정에서 어떤 오류가 발생한다면, 의사결정과 판단이 올바르게 이루어질 가능성은 낮게 된다. 따라서 인간의 의사결정과 판단이 중요한 인간-기계 시스템에서 작업자의 상황인식 능력은 작업성과에 중요한 요인이 된다. 따라서 작업자의 상황인식에 대한 연구는 활발히 이루어져 왔다. 특히 시간에 따라 상황이 변화하는 동적인 시스템에서의 작업자의 상황인식 능력은 중요한 연구대상이 되어 왔다.

상황인식에 대한 연구는 군사분야를 비롯하여 항공(Kaber et al., 2002; Keller et al., 2004), 항공관제(Hauss and Eyferth, 2003; Endsley and Smolensky, 1998), 자동차(Zheng et al., 2004), 원자력 발전소(Hogg et al., 1995), C4I 환경(Walker et al., 2004) 등 다양한 분야에서 수행되고 있다. 해양선박 분야도 항해사의 상황인식이 해양선박사고에 지대한 영향을 미치는 요인으로 인식하고 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 해양분야에서 상황인식에 대한 관심은 1976년 미 해양수송 연구위원회에서 시작되었다. 연구위원회는 해운회사 전문가와의 인터뷰를 통해 해양사고에 영향을 주는 14가지 인적요인을 식별하였고, 이 인적요인들 중에서 해양사고에 가장 많은 영향을 주는 요인이 상황인식(29%)이라고 보고했다(Margetts, 1976).

Grech et al. (2002)는 1987년부터 2000년 사이에 발생한 177개 해양사고를 분석하여 사고의 원인이 된 인간오류를 추출하였다. 분석결과에 의하면 인간오류에 의한 사고 중에서 71%는 상황인식과 관련이 있으며, 상황인식 오류들은 Endsley의 상황인식 3단계 모형에 비추어 보았을 때, 1단계(정보인지)에서 59%, 2단계(현 상황 이해)에서 33%, 그리고 3단계(미래 예측)에서 9% 오류가 발생하였다고 보고하였다. 한편 2004년에 ABS (American Bureau of Shipping)는 세계 각국에서 1991년부터 2002년 사이에 발생한 해양사고를 기록한 해양사고 데이터베이스를 분석하였다. 분석결과는 일관되게 상황인식이 해상사고에 지대한 영향을 미치고 있음을 보였다(ABS, 2004). 호주의 데이터베이스 분석결과는 사고원인 중에 두 번째로 높은 원인이 상황인식 부족이었고, 캐나다, 영국, 미국의 데이터베이스 분석결과는 상황인식 부족이 사고원인의 첫 번째 요인으로 나타났다.

최근 해양안전 측면에서 항해사의 상황인식 능력이 매우 중요한 요인임을 인식하고 국내외에서 항해사들을 대상으로 BRM (bridge resource management) 교육을 시행하고 있으며, 교육내용의 중요한 부분으로 상황인식에 대한 교육을 실시하고 있다(Hong and Kim, 2016). 그러나 국내에서 항해사의 상황인식에 대한 연구는 부족한 상황이다. 국내에서 수행되었던 연구는 "항해사를 대상으로 한 상황인식 훈련이 상황인식 능력 향상에 긍정적인 효과가 있음을 보이는 연구" 정도였다(Lee and Lee, 2006; Lee et al., 2006; Kim et al., 2007). 국내에서 발생하고 있는 선박사고에 항해사의 상황인식 오류가 어떻게 영향을 미치고 있는지 조사할 필요가 있다. 어떤 형태의 선박간 조우 상황에서 그리고 어떤 유형의 선박간에 충돌사고가 발생할 때, 어떤 상황인식 오류가 빈번히 발생하는지 조사하였다. 본 연구는 우리나라 연안에서 발생한 선박 충돌사고에 국한하여 사고데이터를 분석하였으며, 항해사의 상황인식이 충돌사고에 어떻게 영향을 미치고 있는지 분석하였다.

일반적으로 상황인식 관점에서 사고 데이터를 분석하는 연구는 사고 보고서 내에 포함된 상황인식 관련 키워드를 추출하는 방식이었다. Grech et al. (2002)는 Leximancer라는 소프트웨어를 사용하여 인간오류와 상황인식을 분석하였지만, 이 소프트웨어 알고리즘의 핵심원리도 보고서 문장에 포함된 관련 키워드로 검색하는 방식이었다. 한편 Stratmann and Boll (2016)는 해양사고 보고서 내에 포함된 상황인식 관련 키워드 8개를 검색하였다. 그들이 사용한 키워드는 Endsley and Jones (2011)가 제안한 상황인식 오류원인 8가지였으나 그 중 3개의 키워드는 검색되지 않았다.

사고 보고서를 분석할 때, 상황인식 관련 키워드 검색 방식의 분석은 정확성을 담보할 수 없는데 그 이유 중에 하나는 많은 사고 보고서가 사고 관련자의 인지활동을 상세히 기술하기 보다는 객관적 사실을 기술하는 경향이 있기 때문이다(Stratmann and Boll, 2016). 따라서 본 연구에서는 선박 충돌과 관련된 사고 보고서들을 상황인식 관점에서 분석하는 분석 툴(A framework for data analysis)을 제안하고 이 방법을 사용하여 사고 보고서를 분석하였다.

2. A Framework for Data Analysis in the View of Situation Awareness

Endsley (1988)는 상황인식을 3단계로 구분하고, 작업자(operator)가 어떤 의사결정과 행동을 하기 전에 수행하는 3단계의 인지과정으로 정의하였다. Figure 1은 Endsley가 제안한 상황인식 모델이다.

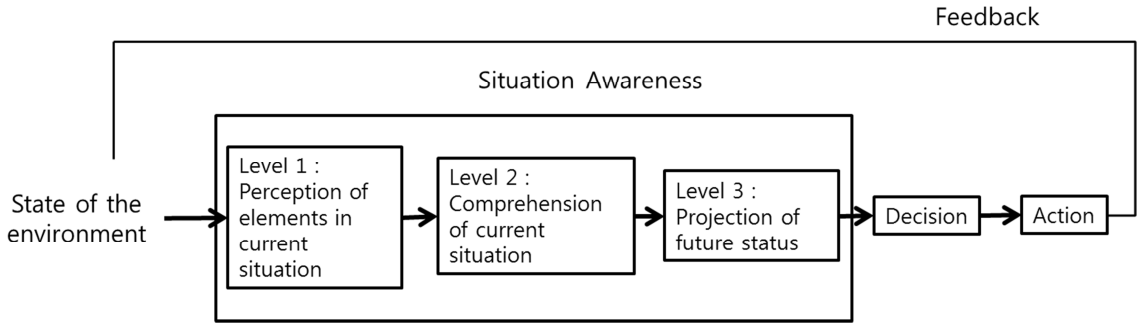

Figure 1. Endsley's situation awareness model (1988)

상황인식 3단계 이론에 비추어 볼 때, 선박을 조종하는 항해사들도 이러한 3단계 과정의 상황인식을 수행한 후에 의사결정과 행동을 한다. 항해사들은 안전하고 효율적인 항해를 위해 지속적으로 선박의 선수방향과 속도를 결정하는 업무를 수행하게 되는데, 이러한 의사결정 전에 수행하는 상황인식 활동은 Table 1과 같다(Sandhaland et al., 2015; Cordon et al., 2017).

Table 1. Examples of perception, comprehension and projected elements for sea navigation

Perception	Comprehension	Projection
• Lookout of traffic on course by naked eyes or telescopes. • Lookout of information displays on the bridge equipment (Radar, ECDIS etc.) • Communication with other vessels, VTS and own vessel's crew	• Understanding the own and others' vessels characteristics. • Understanding sea/traffic conditions. • Understanding geographical and tidal conditions. • Understanding the IMO regulations/Port regulation	• Projecting the courses of own vessel and others. • Projecting the course to ensure security. • Projecting the own vessel's speed in the future. • Projecting the effects of the IMO regulations/Port regulation observation.

항해사가 수행하는 상황인식 활동은 인지활동이기 때문에 해양사고 보고서에 자세하게 나타나지 않을 수 있다. 상황인식 1단계의 활동은 비교적 자세하게 기술하는 경향이 있다. 그러나 2단계와 3단계의 인지활동은 1단계의 활동보다 상세히 기술하지 않는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 충돌사고 보고서에 수록된 키워드를 고려뿐만 아니라, 사고 관련자의 가시적인 행동으로부터 인지과정을 유추하여 Figure 2와 같은 분석 틀을 고안하였다. 그리고 이 틀을 사용하여 선박 충돌사고를 분석하였다.

선박운항 과정에서 상황인식 1단계의 활동은 다양한 정보를 습득하는 과정으로 항해사의 육안과 망원경을 통해 타선과 자선 그리고 조류 및 지형 등의 환경을 관찰하며, 선교 내의 장비에 나타난 정보들을 관찰하는 것이다. 또한 자선 내의 선원들과 VTS (Vessel Traffic System) 또는 타선과의 교신을 통해서 정보를 습득하는 것을 포함한다. 이러한 단계 1의 활동에서 발생한 오류는 4가지로 요약될 수 있다. 즉, 충돌사고 보고서에 나타난 상황인식 1단계의 4가지 오류형태이다; ① 초인 후 경계소홀(Continuous monitoring neglect),

② 충돌 전 까지 타선을 인지 못함(Negligence of watch keeping until collision), ③ 정보를 잘못 인식하거나 선교장비의 오 조작으로 정보를 제대로 인지하지 못한 경우(Wrong perception and wrong use of equipment), ④ VTS, 타선 또는 선내의 승무원들과의 교신과정에 잘못된 정보를 습득하는 오류(Miscommunication).

상황인식 2단계와 3단계는 습득한 정보를 활용하여 현재상황을 이해하고, 미래상황을 예측하는 과정이다. 항해사들이 수행하는 인지활동은 자선과 타선의 상황, 조류 및 지형 등의 환경, 관련법규들을 이해하고 미래상황이 어떻게 변할 것인가를 예측하는 것이다. 상황인식 1단계의 활동에 비해 더 많은 인지활동이 관여되는 단계이기 때문에 사고 보고서에는 명시적으로 기술되지 않은 경우가 많으며, 2단계와 3단계를 구분하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 충돌 전에 나타난 항해사의 행동과 의사결정을 근거하여 다음과 같은 상황인식 오류 5가지로 분류하였다; ① 타선이 자선의 항로를 피해서 운항할 것으로 예측(Misjudgment of future action of the other ships), ② 현재나 미래의 상황이 위험상황이라고 판단하지 않음(Misjudgment of risk situation), ③ 지형과 조류 등의 환경을 잘못 파악(Misunderstanding of geographical and tidal conditions), ④ 미래의 안전과 항로와 안전한 속도의 판단에 오류(Error in the judgment of safe course and speed), ⑤ 안전규칙의 잘못된 이해와 판단(Misunderstanding and wrong application of safety regulations). Figure 2는 상황인식 3단계에서의 오류와 의사결정/행동 그리고 충돌사고와의 관계를 나타낸 그림이다.

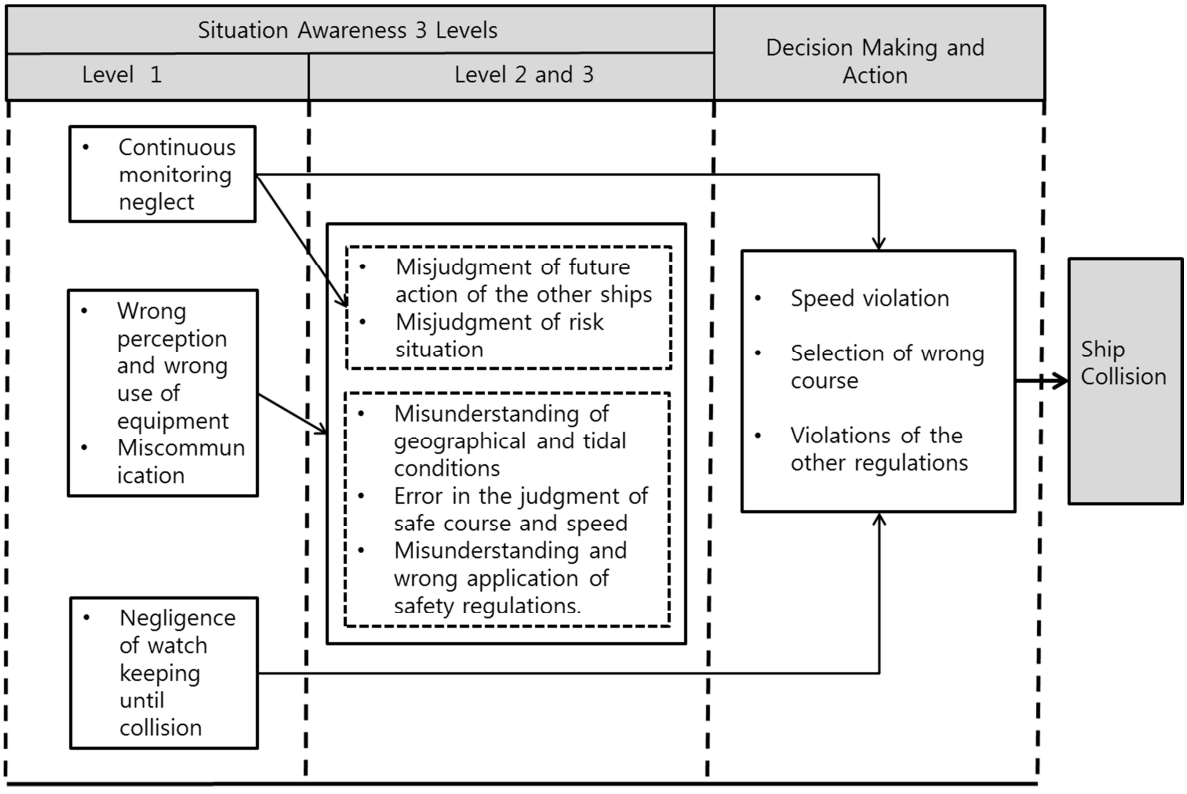

Figure 2. A Framework for the analysis of ship collision accidents

3. Method

국내 연안에서 발생한 선박 충돌사고를 상황인식 관점에서 분석하였다. 분석한 선박 충돌사고는 중앙해양안전심판원의 재결서 상에 나타난 사고이며, 2018년부터 2019년 11월 사이에 공시된 해양안전심판 재결서를 분석하였다. 이 기간 동안 129건의 충돌사고 심판 재결서가 공시되었으나, 2017년 이전에 발생한 충돌사고와 접안과정에서의 충돌사고, 수상보트와 같은 소형선박의 충돌사고는 제외하

고, 65건의 충돌사고를 분석하였다(KMST Investigation Report, 2019). 분석대상 선박은 어선 103척이고, 상선(여객선, 화물선 유조선, 예인선 등 포함)은 27척이었다. Figure 3은 충돌 관련 선박의 유형과 충돌상황을 나타낸다. 선박 충돌사고의 분석은 2절에서 기술한 상황인식 오류 분류 체계에 따라 분석하였으며, 선박 충돌전의 교우상황과 관련 선박의 유형에 따라 상황인식 오류의 빈도를 도출하였다.

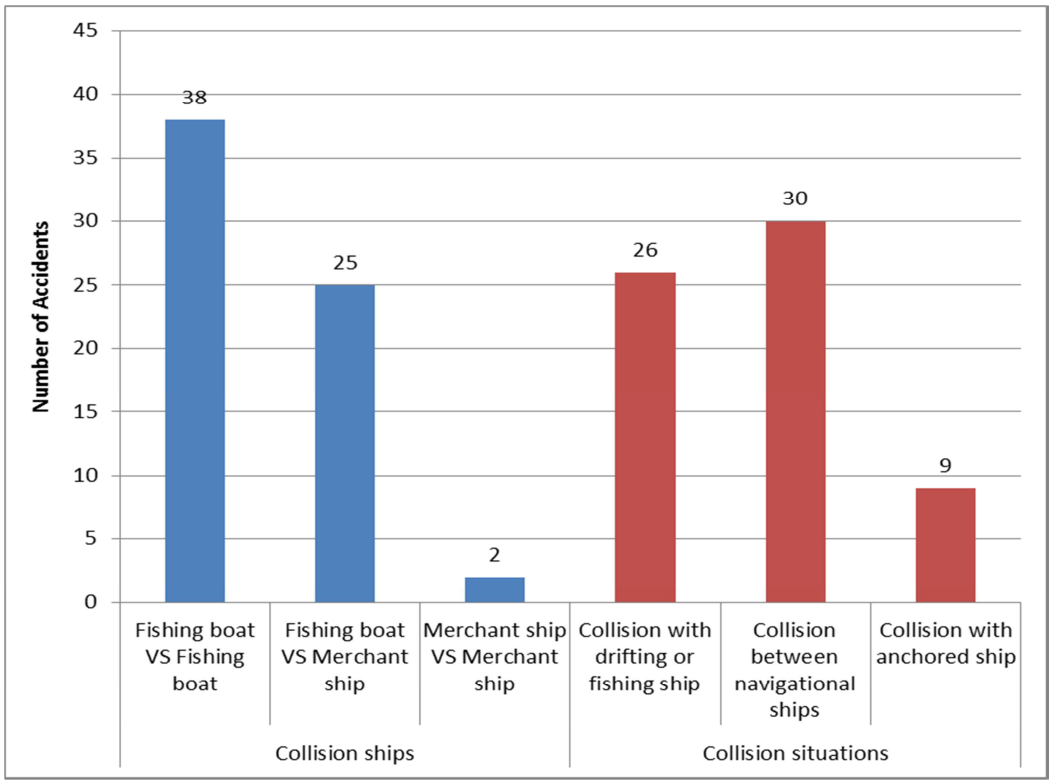

Figure 3. Collision situations and ship types of accident ships

4. Results

4.1 Distribution of situation awareness errors

분석한 65건의 충돌사고와 관련된 상황인식 오류의 총 수는 180개였다. 그 중에서 상황인식 1단계에서의 오류의 비율은 67%, 121개였으며, 상황인식 2단계와 3단계에서 발생한 오류는 33%, 59개였다. 상황인식 1단계에서는 충돌한 선박을 초인하고도 지속적으로 모니터링 하지 않았기 때문에 발생한 충돌과 충돌 전까지 충돌선박을 인지하지 못했던 오류가 대부분이었다. 그러나 상황인식 2/3단계에서는 4가지 유형의 오류가 고르게 발생하였다. Figure 4는 상황인식 단계별 발생 오류의 분포를 나타낸다.

4.2 Error analysis of situation awareness level 1

상황인식 1단계에서의 항해사들의 오류는 121건 중에 초인 후에 경계소홀이 가장 높은 비율(45.5% 55건)로 나타났으며, 충돌 때까지 타 선박을 인지 못하는 경계소홀(44.6% 54건)은 다음으로 높은 비율을 보였다. 본 연구에서는 상황인식 1단계 오류의 대부분을 차지하고 있는 이 두 가지 오류를 상세 분석하였다. 즉 두 가지 오류를 유발한 원인을 분석하였다.

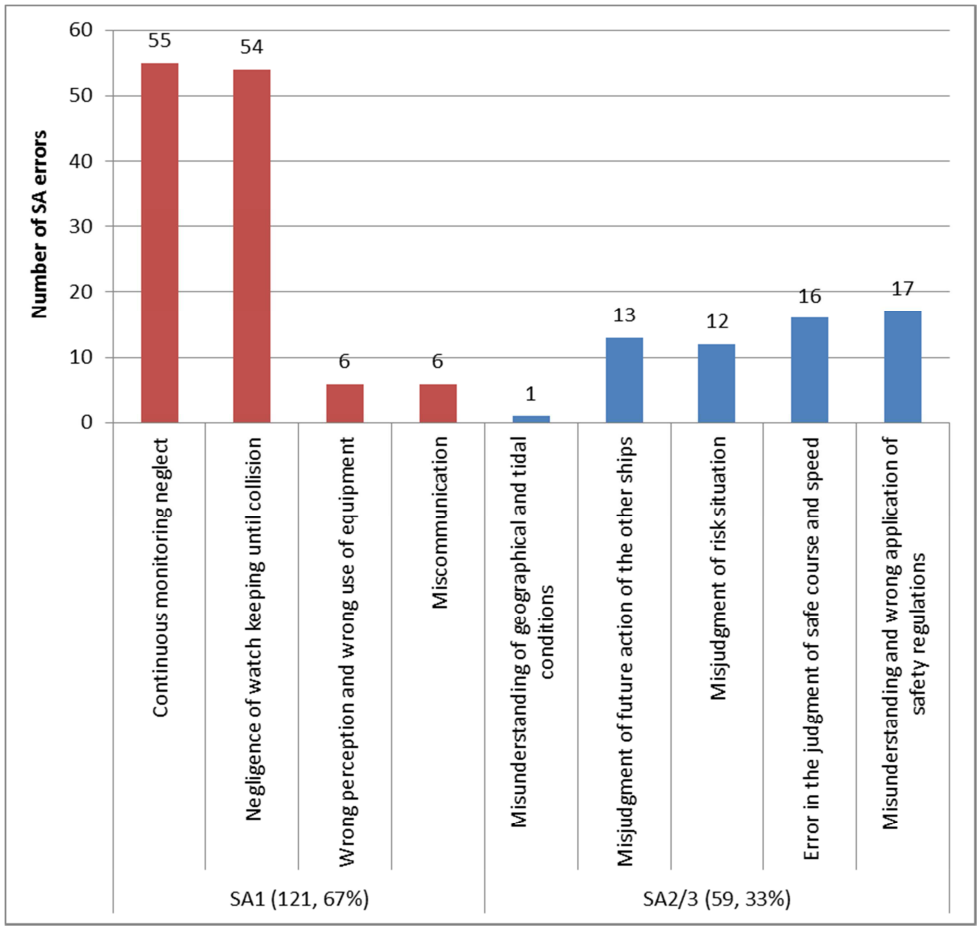

Figure 4. Distribution of the errors according to the situation awareness level

상황인식 1단계 오류를 유발한 원인은 5가지로 분류되었다; ① 이유를 모름, ② 다른 선박을 주시하다가 경계소홀함(다른 선박과의 충돌위험 때문에) ③ 항해업무 이외의 다른 업무를 수행함(TV 시청, 화장실 감, 어로작업 등), ④ 충돌위험이 없다고 오판하거나 타선이 피해갈 것으로 오판, ⑤ 음주 또는 졸음. 이유를 모름을 제외하고 가장 비율이 높은 원인은 다른 업무를 하면서 경계를 소홀이 한 경우(37%, 26건)였고, 다음으로 충돌선박이 자선을 피해서 갈 것이라는 오판과 충돌선박과의 충돌위험이 없다는 판단한 경우였다(30%, 21건). 다음은 음주나 졸음에 의한 경계소홀이었다(21%, 15건).

상황인식 1단계의 오류를 발생시킨 원인은 초인 후에 경계소홀의 경우와 충돌 때까지 타 선박을 인지 못하는 경계소홀의 경우에 차이가 있었다. 교차분석에 의하면 초인 후 경계소홀과 충돌까지 경계소홀의 경우는 다른 원인들에 의해 영향을 받고 있다($\chi^2(4) = 23.19$, $p < 0.001$). 초인 후 경계소홀의 경우는 충돌선박이 자선을 피해서 갈 것이라는 오판과 충돌선박과의 충돌위험이 없다는 판단 때문에 경계를 소홀히 하는 경우가 가장 많았다(49%, 20건). 다음으로 항해업무 외에 다른 업무를 수행했기 때문이다(32%, 13건). 반면에 충돌까지 타 선박을 인지하지 못한 경우는 항해업무 외에 다른 업무를 수행했기 때문에(31%, 13건), 음주와 졸음 때문(27%, 11건)의 순서로 나타났다. Figure 5는 상황인식 1단계에서 일어난 오류의 근본 원인들을 나타낸다.

한편, 선박의 충돌상황 즉 두 선박이 항해 중에서 충돌하는 경우와 어떤 선박은 정류/정박 또는 어업 중 이고 다른 선박은 항해하면서 충돌하는 경우로 구분하여 상황인식 1단계의 오류 원인을 분석하였다. Figure 6은 충돌상황에 따라 달라지는 오류발생 원인들의 나타내고 있다. 두 선박이 항해하고 있는 상황에서 발생하는 충돌은 경계소홀을 하게 된 이유를 명시하지 않는 경우가 많았다(10 vs. 28). 그

리고 다른 선박을 주시하거나, 회피하는데 신경을 쓰다가 충돌한 선박에 대해서는 경계를 소홀히 한 경우(3 vs. 6)가 상대적으로 많았다. 그러나 정박/정류한 선박과 충돌하는 경우에는 졸음이나 음주 때문에 경계를 소홀히 하였고(5 vs. 10), 다른 작업을 하면서 경계를 소홀이 한 경우(11 vs. 15)가 상대적으로 많았다. 충돌상황에 따라 오류발생의 원인의 빈도에 차이가 있었다($\chi^2(4) = 10.37$, $p < 0.05$).

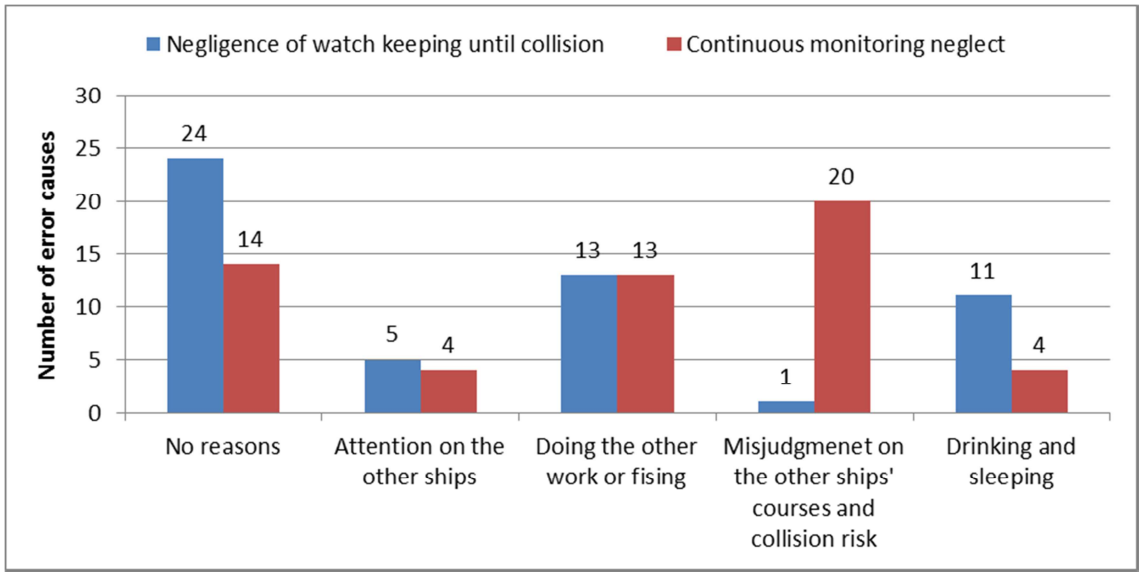

Figure 5. Causes of the error generation in the situation awareness level 1

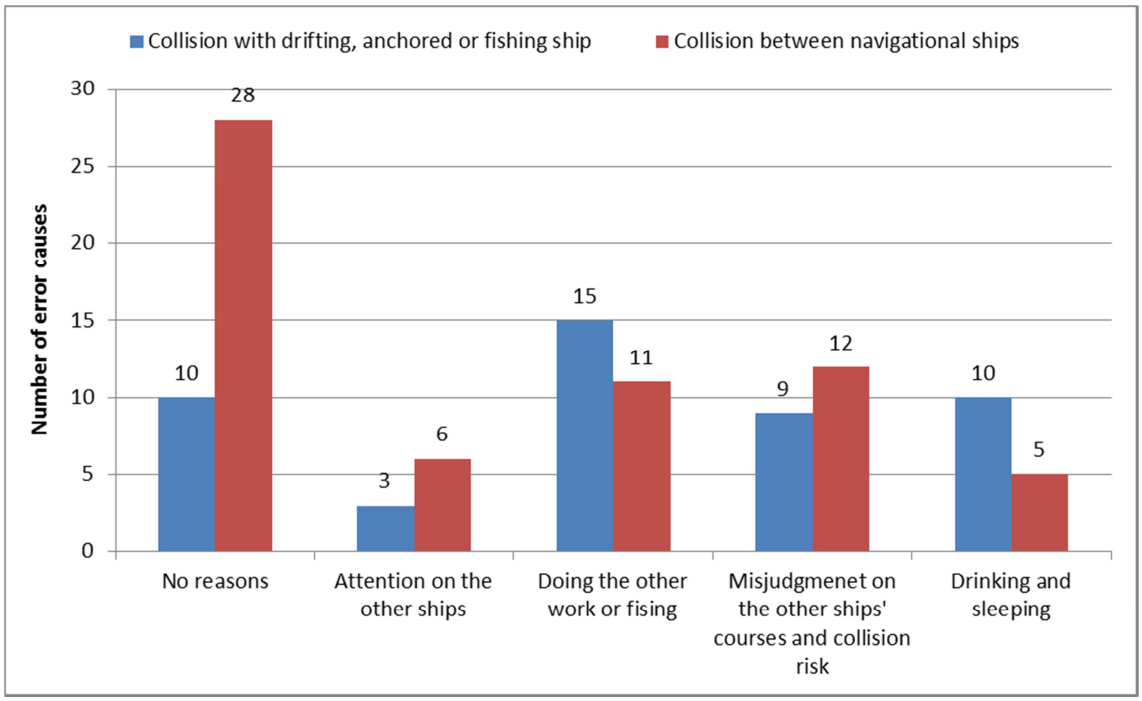

Figure 6. Causes of situation awareness level 1 error according to the collision situation

4.3 Error analysis of situation awareness level 2 and 3.

상황인식 2단계와 3단계에서 발생한 오류는 59건이었다. 단계2와 3에서의 오류는 5가지로 분류하였다; ① 지형 및 기후상태에 대한 이해 부족, ② 타 선박의 행동에 대한 예측오류, ③ 위험상황에 대한 판단오류, ④ 안전항로와 안전속도에 대한 판단오류, ⑤ 안전규칙의 이해부족 및 잘못된 적용. 5가지 오류형태 중에서 지형 및 기후상태에 대한 이해부족 오류를 제외한 다른 4가지 오류의 발생 빈도는 유사했다. 그러나 항해 중인 선박간의 충돌과 정박/정류 중인 선박과의 충돌로 구분하여 분석하면, 차이가 있었다($\chi^2(3) = 8.09$, $p < 0.05$). 가장 큰 차이는 안전속도와 안전항로에 대한 판단오류가 두 선박이 항해하는 과정에서 충돌했을 때 높게 나타났다. Figure 7은 상황인식 2단계와 3단계에서의 오류형태와 횟수를 나타낸다.

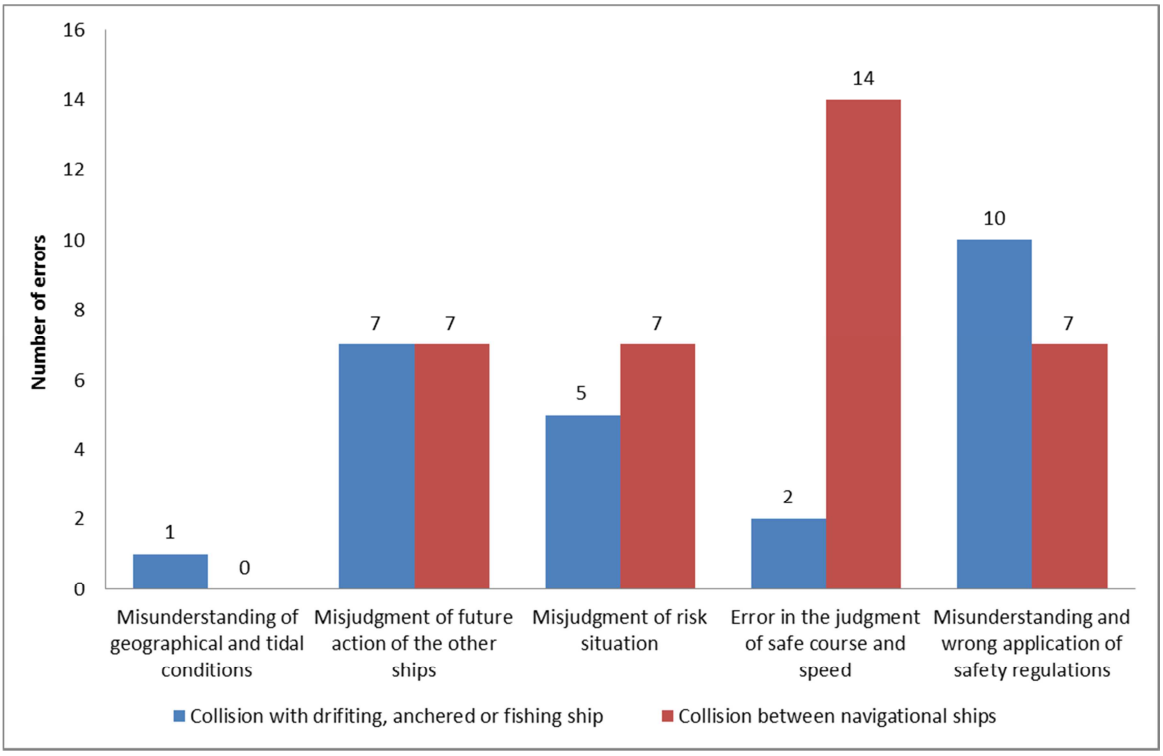

Figure 7. Situation awareness errors in the situation awareness level 2 and 3

5. Discussion and Conclusion

본 연구는 국내 연안에서 발생한 선박 충돌사고를 상황인식 관점에서 분석하였다. 상황인식 단계 1에서의 오류가 67% 발생하였고 2단계와 3단계에서 33% 발생하였다. Grech et al. (2002)의 연구결과는 상황인식 1단계 오류가 59%였으나 67%였다. 이러한 차이는 Grech et al. (2002)의 연구가 선박간의 충돌사고에 국한하지 않고, 모든 종류의 선박사고를 포함하였기 때문일 것이다. 일반적으로 다른 유형의 선박사고에 비해 선박 충돌사고는 사고의 주 원인이 항해사의 인적 오류이며, 상대 선박을 제대로 인지하지 못하는 오류이다.

한편 본 연구의 초인 후에 경계소홀에 대한 원인분석에서 주요원인은 충돌선박이 자선을 피해 갈 것으로 오판하거나 충돌위험이 없다는 잘못된 판단이었다. 그리고 이러한 오류는 상황인식 2단계와 3단계와 관련이 있기 때문에 본 연구에서는 상황인식 2단계와 3단계에 중복적으로 포함시켰다. 만약 이런 오류를 상황인식 1단계 오류로만 분류한다면, 상황인식 1단계 오류비율은 더욱 높아질 것이며, 76%까지 상승할 것이다.

본 연구결과에 나타난 상황인식 2/3 단계에서의 오류는 항해사들의 잘못된 정신 모형(mental model)에 기인한다고 할 수 있다. 초인후의 경계소홀은 현황을 정확히 파악하고 미래상황을 예측하기보다는 그들이 자주 왕래하는 항로이기 때문에 경험에 근거한 오판 때문일 것이다. 또한 안전항로와 안전속도를 준수하지 않는 오류도 직면한 상황에 적합한 규범을 알지 못하거나 알면서도 준수하지 않는 잘못된 정신모형에 기인한다고 할 수 있다. 이러한 잘못된 판단을 줄이기 위해서는 바람직한 정신 모형 형성을 위한 항해사 교육이 필요하며, 부가적으로 선교장비의 인터페이스의 개선을 통한 항해사의 오판을 줄일 수 있을 것이다.

Acknowledgement

This work was funded by grants from National Research Foundation of Korea (NRF) (Grant-#NRF2018R1D1A1B07048479).

References

American Bureau of Shipping, *Review and Analysis of Accident Databases: 1991-2002 Data* (ABS Technical Report Number 2003-5.1). Houston: American Bureau of Shipping, 2004.

Cordon, J.R., Mestre, J.N. and Walliser, J., Human factors in seafaring: The role of situation awareness, *Safety Science*, 93, 256-265, 2017.

Endsley, M.R., Design and evaluation for situation awareness enhancement, In *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting (pp. 41-45)*. Santa Monica, CA: Human factors Society, 1988.

Endsley, M.R. and Jones, D.G., SA Demons: The Enemies of Situation Awareness. In: *Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design*, chap. 3, pp. 31-41. CRC Press, 2011.

Endsley, M.R. and Smolensky, M., Situation Awareness in Air Traffic Control: The Picture. In M. Smolensky and E. Stein (Eds.) *Human Factors in Air Traffic Control*, 115-154, New York: Academic Press, 1998.

Grech, M.R., Horberry, T. and Smith, A., *Human Error in Maritime Operations: Analysis of Accident Reports Using the Leximancer Tool*. Brisbane: University of Queensland, Brisbane, 2002.

Hauss, Y. and Eyferth, K., Securing future ATM-concepts' safety by measuring situation awareness in ATC. *Aerospace Science and Technology*, 417-427, 2003.

Hogg, D.N., Folleso, K., Strand-Volden, F. and Torralba, B., Development of a Situation Awareness Measure to Evaluate Advanced Alarm Systems in Nuclear Power Plant Control Rooms, *Ergonomics*, 38(11), 394-413, 1995.

Hong, S.K. and Kim, H.T., Bridge Resource Management Training Programs in Korea and Their Effectiveness, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 35(4), 237-245, 2016.

Kaber, D.B., Endsley, M.R., Wright, M.C. and Warren, H., The effects of levels of automation on performance, situation awareness, and workload in an advanced commercial aircraft flight simulation. *Final Rep.: NASA Langley Research Center Grant #NAG-1-01002)*. Hampton, VA: NASA Langley Research Center, 2002.

Keller, J., Lebiere, C., Shay, R. and Latorella, K., Cockpit System Situational Awareness Modelling Tool. In *Proceedings of the fifth human performance, situation awareness and automation conference*, Daytona Beach, FL, March 22nd-25th, 2004.

Kim, B.A., Oh, J.S., Lee, S.W. and Lee, J.K., The Effect of Navigation Officer's Expertise on Situation Awareness, *Journal of Korean Psychology: Cognition and Ecology: Industry and Organization*, 20(4), pp. 497-509, 2007.

Korea Maritime Safety Tribunal, *KMST Investigation Report*, Https://data.kmst.go.kr/verdict/writtenVerdict/select WrittenVerdict.do, 2019.

Lee, J.B. and Lee, J.S., Effect of Mariner's Situation Awareness Training on Navigation Performances, *Journal of Korean Psychology: Cognition and Ecology*, 18(3), 221-237, 2006.

Lee, J.B., Oh, J.S. and Lee, J.S., The effect of repeated mariner training using a ship-handling simulator system on ship control, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 30(6), 427-432, 2006.

Margetts, B.D., *Human Error in Merchant Marine Safety,* National Research Council, Washington, D.C., 1976.

Sandhaland, H., Oltedal, H. and Eid, J., Situation awareness in bridge operations - A study of collisions between attendant vessels and offshore facilities in the North Sea, *Safety Science*, 79, 277-285, 2015.

Stratmann, T.C. and Boll, S., Demon hunt - The role of Endsley's demons of situation awareness in maritime accidents. In *Human-Centered and Error-Resilient Systems Development (Cham, 2016),* C. Bogdan, J. Gulliksen, S. Sauer, P. Forbrig, M. Winckler, C. Johnson, P. Palanque, R. Bernhaupt, and F. Kis, Eds., Springer International Publishing, 203-212, 2016.

Walker, G.H., Stanton, N.A., Salmon, P. and Green, D., Measuring and Predicting SA in C4I: Development and Testing of a Refined SA Measurement Technique, and a New Concept for SA Prediction. In *Proceedings of the fifth human performance, situation awareness and automation conference*, Daytona Beach, FL, March 22nd-25th 2004.

Zheng, X.S., McConkie, G.W. and Tai, Y., Dynamic Monitoring of Traffic Flow: The Driver's Situation Awareness. In *Proceedings of the fifth human performance, situation awareness and automation conference*, Daytona Beach, FL, March 22nd-25th, 2004.

Author listings

Seung Kweon Hong: skhong@ut.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, State University of New York
Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Korea National University of Transportation
Areas of interest: Human-computer Interaction, Cognitive Engineering, Macro-Ergonomics

Yonggi Bae: ygbae@ut.ac.kr
Highest degree: M.S., Department of Industrial and Management Engineering, Korea National University of Transportation
Position title: PhD, Candidate, Department of Industrial and Management Engineering, Korea National University of Transportation
Areas of interest: Human-computer Interaction, Cognitive Engineering