

항해사의 상황인식 훈련이 항해 수행에 미치는 효과

이 준 범 이 재 식[†]
부산대학교 심리학과

본 연구는 항해 과제 수행의 난이도에 영향을 주는 대표적 변인들(충돌위험 정도, 목표선박 거동 유형 및 주변 선박 수)을 체계적으로 조작한 조건들에서 항해사의 상황인식 훈련이 항해사의 선박 제어 및 상황인식 능력에 어떠한 차이를 가져오는지 충실도 높은 항해 시뮬레이터를 이용하여 분석하였다. 본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 항해 수행과 관련된 상황인식 훈련을 받은 조건에서 실험참가자들은 선박제어(목표선박과 더 안전한 거리 유지와 실제 충돌 비율의 감소)와 레이더 감시 수행(레이더에서 제시되는 정보에 대한 더 빠른 반응시간), 항해 상황에 대한 파악(주변 항해 상황에 대한 높은 자유회상률) 등의 측면들에서 모두 훈련을 받지 않은 조건에 비해 수행이 우수하였다. 둘째, 훈련을 받지 않은 실험참가자들은 목표선박이 관례상황에서 항로를 변경하는 경우 선박제어나 항해 상황에 대한 전반적 파악에 가장 큰 어려움을 겪었으나 훈련 이후에는 이러한 경향이 크게 감소하여 동일한 조건에서 수행이 향상되는 것이 관찰되었다. 이러한 결과들을 종합하면, 항해 수행에서의 상황인식에 대한 여러 요소들의 훈련은 항해사들의 기본적 선박제어 능력뿐만 아니라 주변 요소의 통합적 파악 및 이를 바탕으로 한 예측 능력 모두에서 우수한 수행을 이끌 수 있는 것으로 판단된다.

주요어 : 항해사 상황인식, 항해 시뮬레이션, 상황인식 훈련

[†] 교신저자 : 이재식, 부산대학교 심리학과, 부산시 금정구 장전동 산 30
E-mail : jslee100@pusan.ac.kr, 051-510-2131

항해사들이 주변 운항 환경에 따라 높은 인지 부하 상황에 노출될 수 있다는 것은 비교적 많은 연구자들이 지적하고 있다(Dyer-Smith, 1992; Grocott, 1992; Lee & Sanquist, 1996). 이러한 높은 인지 부하는 주변의 많은 선박과의 원활한 교통을 위해 자신의 선박을 적절히 제어할 뿐만 아니라 레이더와 같은 항해 보조 장치를 통해 제시되는 다양한 정보들을 통합하기 위하여 자신의 주의를 효율적으로 할당해야 한다는 요구에 일차적인 원인이 있으며(Sanderson, 1989), 몇몇 연구들도(예를 들어, Sablowski, 1989) 주변의 교통량이 증가하거나 충돌위험이 있을 경우 항해사의 인지적 작업 부하의 정도가 크게 증가한다는 것을 보여 주었다.

선박 사고는 항해사의 인지 요인에 의해 가장 많이 발생한다. 예를 들어, 우리나라의 선박 관련사고 분석(1988-2002년, 해양 안전심판원)을 살펴보면 선박을 직접 조종하는 항해사의 인지적 원인으로 인한 운항 과실 비율이 전체 사고에 대해 90.3%를 차지하고 있고, 특히 인지적 요인 중에서도 항해사의 선박 조종 및 인지적 부하가 높을 때 사고가 많이 발생한다. 좀 더 구체적으로 말하면, 주변 항로의 교통량 증가에 의한 항해사의 정보처리 부담 및 다른 선박의 예기치 못한 행동(예를 들어, 운항 규칙의 위반)으로 인한 불확실성의 증가가 선박간 충돌 사고의 가장 중요한 요인이 되고, 특히 선교내의 레이더가 갖는 기술적 한계(즉, 특정 레이더가 안전 운항에 필요한 모든 정보를 제공해 주지 못할 뿐만 아니라, 항해사들이 특정 레이더에 지나치게 주의 집중 한다는 점)와 레이더 정보를 통합하고 제대로 해석하기 위한 항해사의 처리 부담이 이러한 사고 가능성을 더 촉진하는 요인들이다(Perrow,

1984).

선박 관련 사고와 관련된 이러한 측면들, 즉 항해 상황의 과밀화로 주어지는 정보 처리 부담 및 조작의 어려움(즉, 높은 인지 부하와 시간 스트레스), 잘못된 방략의 사용(즉, 특정 시스템에 지나치게 주의집중 하는 것), 그리고 상황의 불확실성 및 이에 대한 예측 능력에 대한 요구 부담(즉, 운항 법규 위반 등으로 인해 다른 선박의 거동이 불확실하고 예측하기 매우 어렵다는 점) 등은 인간 오퍼레이터의 정보 처리나 수행 연구에서 많이 사용되어 온 “상황인식”의 개념과 밀접한 관계가 있다.

항해사 상황인식

운전이나 항공기 조종, 그리고 항해 수행과 같이 계속하여 변화하는 역동적인 상황에서는 오퍼레이터가 상황 변화를 꾸준히 인식하면서 최대한 적절하게 반응하는 것이 수행의 효율성과 안전에 필수적인 요소이다. 예를 들어 항해사들은 자신이 진행하고자 하는 경로의 방향을 계속하여 유지하면서 이와 동시에 자신이나 다른 선박의 위치 및 항속 변화, 항해 여건, 그리고 자신이 조종하는 선박 자체의 상태 변화(예를 들어, 엔진 상태) 등에 대해 계속적으로 주의를 주어야 한다. 뿐만 아니라 항해사들은 자신의 주변에 있는 선박, 항해 여건 및 자신의 선박 상태가 시간상으로 가까운 미래에 어떻게 변화될 것인가에 대해서도 미리 예측할 수 있어야 한다. 이러한 실시간 과제들을 유지하고 수행하는데 요구되는 정보들의 집합을 기술하기 위해 연구자들은 상황인식(situation awareness)이라는 용어를 사용하여 왔다.

Endsley(1988)는 상황인식을 “어떠한 환경에

있는 단서들을 지각하고, 그들의 의미를 이해하며, 환경의 미래 상태를 예언하는데 이들을 투사하는 것"이라고 정의하였다. 그녀는 또한 상황인식에는 서로 다른 "수준"들이 있다는 것을 지적하였는데, 이러한 수준들은 인지적 복잡성에서 차이가 난다. 상황인식의 제1수준은 환경 속의 요소들이 갖는 상태, 속성, 그리고 역학을 지각(perceiving)하는 것이다; 상황인식의 제2수준은 자신이 갖고 있는 목표들(예를 들어, 진단이나 오류 발견과 같은 활동들을 포함해서)의 관점에서 이러한 단서들을 이해(comprehending)하는 것이다; 상황인식의 제3수준은 환경 속의 요소들에 대한 미래 상태를 투사(projecting)해 보는 것이다(Endsley, 1997).

훈련에 따른 상황인식 및 수행 변화

훈련은 과제 수행(특히, 항공기 조종이나 운전, 항공관제, 혹은 처리 제어 시스템의 제어 등의 복잡한 과제의 수준을 결정하는 중요한 조건이다. 주어진 상황에서 요구되는 바람직한 상황인식을 획득하기 위해서는 무엇보다도 다양한 상황 요인들에 대해 효율적으로 주의를 배분할 수 있어야 한다. 이러한 주의 자원 할당 전략(혹은 정보처리를 위해 투여하는 시간)의 효율성은 사람에 따라 상당히 다양한데, 이러한 차이 중 일부는 훈련(연습)의 차이 때문에 발생한다.

주의 자원을 분할하고 전환하는 전략이 수행을 향상시킨다는 개념은 여러 실험에서 지지되었다. Gopher와 Brickner(1980)는 다양한 주의 자원 분할 전략을 사용하도록 훈련받은 실험참가자들이 동일한 전략만으로 사용하도록 훈련받은 집단의 실험참가자들보다 더 효과적으로 주의를 분할할 수 있다는 것을 발견하였

다. 특히 다양한 주의 자원 분할 전략을 사용하도록 훈련받은 집단은 여러 과제들 중 일부 과제의 난이도가 변하여도 주의 할당 전략을 유연하게 조정하여 효과적으로 반응할 수 있었다. 이와 유사한 결과가 Gopher, Weil 및 Siegel(1989)의 연구에서도 관찰되었는데, 그들은 주의를 다양한 방식으로 분할하도록 훈련할 경우 그 훈련 효과가 다른 복잡한 중다 과제에 더 잘 전이된다는 것을 발견하였다.

Flin 등(1996)과 Orasanu(1995)는 특히 상황인식에 초점을 맞춘 훈련을 제안하였다. 이 방법을 통해 피훈련자들은 중요한 상황적 단서들을 재인하고, 시간의 가용성과 위험 가능성에 대한 판단의 정확성을 향상시키도록 훈련받는다. 이것은 피훈련자들이 단서-행위 규칙들을 분명하게 기억하거나, 다양한 연습을 통해 암묵적으로 규칙들을 획득하도록 훈련함으로써 성취될 수 있다. 예를 들어, Kirlik 등(1996)은 (a) 피훈련자들이 규칙을 암기하도록 하거나, (b) 중요한 상황적 단서들과 올바른 행위들이 부각되어 제시되는 "모델링" 시나리오를 사용하여 연습 시나리오를 다양하게 변경함으로써 피훈련자들의 지각적 학습과 형태 재인 기술을 향상시켰다. 이 두 가지 훈련 방법들은 실제로 수행에 모두 효과적이었다.

연구 목적

본 연구의 목적은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 항해 상황에 대한 상황인식 훈련이 진행됨에 따라 항해사의 상황인식 능력과 항해 수행은 어떠한 방식으로 변화하는지를 관찰하는 것이다. 기존의 연구들이 특정 영역에서의 수행 차이를 검토하기 위해 주로 기존의 전문가-초심자를 대상으로 한 횡단적 연구

를 수행하였으나(예를 들어, 조종사의 상황인식 능력과 조종 전문성을 비교한 손영우와 박수애의 연구, 2003), 본 연구에서는 훈련 과정을 통해 상황인식의 어떠한 요소들이 향상되고 궁극적으로 이것이 항해 수행 기술에 어떠한 차이를 가져오는지 검토하고자 한다.

둘째, 본 연구에서는 실제 항해 상황을 보다 현실감있게 재현해 줄 수 있는 Full Mission Ship Handling Simulator를 이용한 항해 시뮬레이션 훈련 및 연구 방법으로 채택함으로써, 항해 과제에 대한 항해사의 수행을 측정하기 위해 기존의 연구들이 사용하였던 비교적 단순한 형태의 실험 방법의 한계를 극복하고자 한다. 예를 들어, Hockey, Healey, Crawshaw, Wastell 및 Souer(2003)의 연구에서는 항해사의 인지 부하량과 항해 수행 사이의 관계를 모색하기 위해 일반 PC의 모니터로 묘사된 항해 레이더상에 항해 정보들을 제시하였는데, 이러한 실험 방법은 실험 참가자들이 직접 경험하는 실제 항해 상황에 비해 매우 인위적이고 축약된 형태이기 때문에 실험 상황에 대한 안면타당도를 떨어뜨릴 수 있을 뿐만 아니라 측정하고자 했던 인지 부하 정도나 항해 수행 자체에 대한 구성타당도 역시 저하시킬 우려가 있다. 극단적인 경우, PC를 이용한 실험 방법에서는 실제 항해 상황과는 거리가 먼 실험실 과제-특정적 수행이 주로 관찰될 가능성이 있다. 따라서 충실도 높은 항해 시뮬레이션 연구 방법을 사용한다면 보다 높은 수준에서 항해사 수행에 대한 훈련과 평가가 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

방 법

실험 참가자 한국해양대학교 해사대학 학

년 학부생 18명을 대상으로 하였고 이들의 평균 연령은 22.33세(SD=1.03)였고 성별은 모두 남자였으며, 실험 참가 후 참가비를 받는 조건으로 실험에 참가하였다.

항해 시뮬레이터 본 연구에서 사용된 선박 시뮬레이터 시스템은 노르웨이 Kongsberg Norcontrol사의 Polaris Simulator System이며 2개의 독립 또는 연계 운영이 가능한 선교 시스템과 비주얼 시스템, 레이더 시스템, 통신 시스템으로 구성되어 있다. 시뮬레이터의 운영 측면에서 구분하면 중앙제어실(Instructor Station), 선교(Own ship Bridge Module), CIG(Computer Image Generator)실, Debriefing실 등으로 구성되어 있었다. 선교에 설치된 종합항법장치는 Norcontrol사의 BridgeLine 2000 표준사양 제품으로서 노르웨이 선급 DNV의 W1-OC, 독일선급 GL의 NAV-OC를 비롯한 여러 국가의 자동화 선박용 항법장치의 규격을 만족하는 시스템이다. 전자해도 표시장치(ECDIS: Electronic Chart Display and Information System)와 자동항해(route planning) 기능이 추가된 BridgeLine 2010 사양을 포함하고 있어서 통합적 항해 시스템(Integrated Navigation Systems)의 모든 기능을 갖추고 있으며, 특히 ARPA(Automatic Radar Plotting Aids: 자동 레이더 플로팅 장치)나 ECDIS를 비롯한 대부분의 시스템에 실제 장비를 이용하고 있으므로 자동화 선박의 첨단 종합항법장치의 모든 기능을 실제와 동일하게 적용할 수 있었다.

구체적인 항해 시뮬레이터 사양은 다음과 같다. 먼저 시뮬레이터의 주통제 컴퓨터는 3.2Ghz급 펜티엄4 PC이고 항해 시나리오 구성 및 항해 수행 데이터 저장 프로그램은 MS Visual C++로 구현되었다 항해 장면에 대한

그래픽은 좌우 270도 크기의 실린더형 화면을 지원하는 9개의 프로젝트에 의해 실험참가자 전방 2.0m에 있는 스크린에 투사된다. 실험참가자의 시뮬레이터 제어에 따라 항해 환경을 변화시킴으로써 실제 항해 상황과 거의 동일한 환경을 제공하며, 선교 내부의 청각 요소들은 Norcontrol사에서 개발한 음향 시스템과 한국 해양대학교에서 자체적으로 개발한 시스템을 채택하고 있다. 항해사의 선박 제어 행동 및 이에 따른 선박의 거동, 그리고 기타 항해 관련 대상(목표선박이나 주변 선박)들에 대한 정보는 5초 단위로 측정되어 데이터베이스에 저장되었다(5초 단위의 데이터 저장은 시뮬레이터 시스템에서 기본적으로 설정된 옵션이며, 선박 거동이 일반적으로 “뚝뚝”은 점을 감안하면 5초 단위의 데이터 기록은 중속변인의 측정에서 민감성을 크게 줄이지 않는다고 판단된다).

본 연구에서 사용한 항해 시뮬레이터는 거의 모든 유형의 선박을 시뮬레이션 할 수 있었으나 시나리오의 구성과 조건의 용이함 등을 고려하여 본선(Own ship)은 잔톤급 유조선(Chemical Tanker, 최대속도: 13.44 노트)을 사용하였고 본선 외 총 여섯 종류의 선박을 목표선박이나 방해자극 선박(distracter)으로 사용하였다.

항해 레이더 본 실험은 선박 시뮬레이터의 선교 안의 레이더 시스템을 통한 항해 정보의 제공이 매우 중요한 비중을 차지한다. 즉, 본 연구에서 항해사들은 육안을 통해(즉, 시뮬레이터의 전방 디스플레이 화면을 통해) 다른 선박들의 거동을 관찰할 뿐만 아니라 선교에 탑재된 레이더를 통해서도 중복적으로 정보를 확인하여 주어진 과제를 수행해야 하기 때문

이다. 본 연구에서 사용된 레이더는 Norcontrol사에서 제작한 DataBridge2000 ARPA로 이 기종은 1280 x 1024 픽셀의 고해상도 화면상에 정지하고 있는 선박이나 움직이고 있는 목표선박의 위치, 항해방향, 항해속도 등의 정보를 제공한다.

항해 시나리오 모든 항해 시나리오는 실험참가자들이 신속하고 정확하게 선박을 조종하지 않을 경우 충돌이 발생하도록 작성되었다. 실험에 사용된 시나리오의 시간은 총 5분이며 바람, 조류 등 기타 외력은 고려하지 않았다(실제 항해에서는 이러한 변인들은 선박 조종에 중요한 변인이지만 항해사에 대한 훈련과 이를 평가하고자 하는 본 실험 목적상 이 변인들은 모두 일관적으로 유지하였다). 대상 지역은 울산 외항 앵커리지 부근이었으며, 설정선박 이외의 선박은 없었고 기타 지형지물도 존재하지 않았다.

실험에 사용된 시나리오의 각 조건에 대해 살펴보면 먼저, 관례(routine) 조건은 목표선박이 본선의 우현으로부터 접근해 오는 조건으로 해양 규칙상 우현에서 접근하는 선박이 항로에 대해 우선권을 가지고 있기 때문에 목표선박이 충돌 경로에 위치해 있을 때 실험 참가자들이 본선에 대한 항로를 변경해야 하는 조건이다. 반면, 긴급 상황(emergency) 조건은 목표선박이 해양 교통 규범상 운항 규칙을 어기고 항로를 양보하지 않거나 항로 변경을 통해 본선과의 충돌 경로로 진입해 오는 경우이다.

그리고, 목표선박 거동 유형 중 직진(fixed) 조건은 목표선박이 항로에 대한 변경을 하지 않고 진행하는 경우이며, 변경(altering) 조건은 목표선박이 안전한 거리에 위치해 있다가 항

해 경로를 변경하여 항해사가 즉각적으로 조치를 취하지 않으면 충돌 상황이 발생하는 경우이다. 본선과 목표선박을 제외한 방해자극 선박이 1척인 조건과 5척인 조건이 각각 있으므로 총 8가지의 경우의 수가 생기며 그 각각에 따라 총 8벌의 시나리오를 사용하였다.

본선의 최초 방향은 진행 방향의 방위와 상관없이 0도로 설정하였고, 최초 속도 및 목표 속도는 본선의 최대속도 및 조선의 난이도를 고려해 10노트로 설정하였다. 모든 시나리오에서 공통적으로, 본선이 최초의 방향과 속도를 가지고 운행하는 상황에서는 목표선박과 본선과의 충돌위험이 있도록 목표선박의 항로를 설정하였고 방해자극 선박과 본선과의 충돌위험은 없도록 설정하였다. 목표선박의 최초 출현 위치는 각 시나리오의 조건에 맞게 우현(starboard) 혹은 좌현(port)으로 설정하였고 방해자극 선박의 위치 및 방향은 무선적으로 설정하였으며, 목표선박의 거동 변화는 5분 안에서 무선적인 시점에서 발생하도록 하였다.

상황인식 훈련 절차 및 내용 실험은 훈련 전 회기와 훈련 회기 그리고 훈련 후 의 세 회기로 구분되어 실시되었고 회기 사이의 기간은 실험 참가자들의 실험 참가 스케줄에 따라 약간씩 차이가 있지만 대략 1주일 간격으로 이루어졌다. 훈련 전 회기에서의 항해 과제 수행은 실습생들이 실습 교과에서 일반적으로 명시된 항해 실습에 기초하여 이루어졌다.

상황인식 훈련은 실험참가자들이 수행한 결과에 대해 상황인식 요소들을 직접적으로 반영할 수 있는 내용으로 구성된 피드백의 제공과 이러한 피드백을 바탕으로 한 실제 항해 과제 수행을 통해 이루어졌다. 피드백은 훈련

회기가 시작되기 직전에 훈련 전 회기 수행 결과에 대해 제공된 것(이때의 피드백은 일반적인 항해 실습 교과에 기초하여 얻어진 항해 과제 수행 결과에 대해 제공된 것이다)과, 훈련 후 회기에서 항해 과제를 수행하기 이전(이것은 훈련 회기에 대한 피드백을 약 1주일 이후에 다시 상기시켜 주어 훈련 후 회기에서의 항해 과제 수행에서는 실험참가자들이 피드백 받은 사항에 기초하여 항해 과제를 수행하도록 할 목적으로 제공되었다)의 모두 두 차례에 걸쳐 제공되었다.

이러한 피드백 내용은 상황인식 요소들의 유형(수준)에 따라 구분되었다. 먼저 환경 요소들의 지각과 관련된 상황인식 요소(제1수준)에 대한 피드백은 항해 상황에 대해 실험참가자들이 파악하지 못한 중요한 요소(예를 들어, 주변 선박의 위치나 명칭 등)가 무엇이었는지, 그리고 자유회상 과제에 대한 실험참가자들의 수행 정도는 어떠했는지 등을 실험 직후에 실시된 자유회상 과제 결과를 바탕으로 알려주었다. 환경 요소들의 지각적 통합과 관련된 상황인식의 제2수준에 대한 피드백은 레이더 감시수행 측정치와 실제 항해 과제 수행 측정치를 통해 이루어졌다. 즉, 다른 선박과 충돌했을 경우 주변선박과 목표선박의 거동을 모두 고려하여 본선을 조종해야만 충돌을 피할 수 있다는 것과 시뮬레이터 전방에 제시된 선박의 거동(예를 들어, 항해 속도 등)에 대한 정확한 수치는 레이더를 통해 탐지해야 하기 때문에 시뮬레이터 전방 화면과 레이더상에 제시된 화면을 빈번하게 비교하여 통합하는 것이 중요하다는 것 등을 지시하였다. 그리고 미래 상황에 대한 예측과 관련된 상황인식의 제3수준에 대한 피드백 내용에는 목표선박이나 다른 선박의 항로를 현재 관찰된 상태에

기반하여 미리 예측할 수 있어야 충돌을 피할 수 있다는 것과, 충돌 위험이 낮은 관례상황에서도 목표선박의 항로변경에 따라 실험참가자가 적절히 반응하지 않을 경우 충돌이 발생할 수 있다는 것 등의 지시가 포함되었다.

따라서 훈련 전 회기에서 제공된 피드백과 훈련 회기에서 과제 수행 이전에 제공된 피드백은 동일한 내용(즉, 상황인식 요소에 대한 지시없이 이루어진 수행에 대한 피드백을 대략 1주일의 시간 간격을 두고 반복한 것이고 이는 훈련 회기에서의 실제 수행에 실험참가자들이 피드백 받은 내용을 충실하게 반영하여 과제를 수행하도록 할 목적으로 제공된 것이라고 할 수 있다. 그리고 훈련 회기에서는 훈련 전 회기와는 달리 이러한 상황인식 요소에 대한 피드백 내용을 실험참가자들이 충분히 인식한 조건에서 항해 과제를 수행할 것으로 기대되었다. 특히 훈련 회기에서 항해 과제 수행이 종료된 직후 제공된 피드백은 실험참가자들이 상황인식과 관련된 여러 수행 요소들을 얼마나 이해하고 이를 실제 과제 수행에 반영하였는지를 구체적으로 알려줄 목적으로 제공되었다.

절차 훈련 전과 훈련 회기 및 훈련 후 회기 실험은 모두 '긴급상황 그룹'과 '완례 그룹'이 제 1선교와 제 2선교에서 각각 독립적으로 실험에 참가하는 방식으로 진행되었다. 실험 참가 순서 및 시나리오 제시 순서는 무선적으로 지정하였고, 선교 내에서는 두 명의 참가자가 각각 항해사와 조타수의 위치에서 실험에 참가하였다. 각각의 선교에는 연구자가 한 명씩 위치하고 실험이 시작되기 전에 실험참가자들이 수행해야 할 1차 과제와 2차 과제에 대한 설명을 포함한 실험 전반에 관한 지시를 제공

하였다.

본 실험에서 사용된 1차 과제는 본선의 항해 방향을 0도로 유지하면서 10노트의 속도로 항해하는 것과 충돌위험이 있다면 충돌을 회피할 수 있도록 조종하는 것이었고 이 두 가지 과제 중에서 충돌 회피 과제가 더 중요한 과제임을 알려주었다. 2차 과제는 레이더의 좌측에 위치한 보조 디스플레이를 감시하는 것이었는데 'GYRO' 버튼에서 알람과 함께 불이 점멸하면 이를 발견하는 즉시 그 옆에 위치한 'ALARM' 버튼을 눌러 Gyro 경고에 대해 반응하는 것이었다.

선교 내에서 실험에 대한 모든 준비가 끝나면 참가자는 VHF 통신을 통해 중앙제어실로 연락을 취하고 연락을 받은 후 제어실에 위치한 실험자에 의해 실험이 시작된다. 시나리오는 약 5분간 진행되고 진행 중에 타 선박과의 충돌로 인해 본선이 움직일 수 없게 되면 원이 지나지 않았더라도 그 시점에서 시나리오를 종료하였다. 충돌이 없거나 충돌이 있더라도 본선이 선교에 의해 제어가 가능하다면 시나리오를 그대로 진행시켰다. 이와 동시에 시뮬레이터 화면이 꺼지도록(black-out) 하였다.

시나리오가 끝나면 실험참가자는 시나리오 종료 직전 상황에 대해 미리 준비된 설문지를 작성하도록 요구 받았다. 설문지 작성이 끝나고, 다음 시나리오 수행에 대한 준비가 되면 처음과 같은 방식으로 VHF 통신을 통해 중앙제어실로 연락을 하고 두 번째 시나리오가 시작된다. 이와 같은 방법으로 참가자는 총 네 개의 시나리오에 대한 과제를 수행하게 되는데 모든 과정이 끝나면 조타수와 항해사의 임무교대가 이루어지고 이전의 조타수가 항해사의 위치에서 실험에 참가하였다.

종속 측정치 본 연구에서의 종속 측정치들에는 충돌 회피 수행(목표선박과의 최단거리 및 실제 충돌 비율), 항해 보조 디스플레이(레이더)에 제시된 정보에 대한 감시 수행(레이더 감시 수행), 그리고 실험 종료 후 항해 상황에 대한 회상 수행(자유회상 수행) 및 항해사의 전반적 작업부하에 대한 주관적 평정치 등이 모두 포함되었다.

특히 이러한 종속치들은 모두 항해 상황에서의 항해사의 상황인식 수준을 반영한다. 예를 들어, 환경 요소에 대한 지각(파악) 능력은 실험 후 시나리오의 여러 구성 요소들(주변 선박의 위치, 수 및 종류)에 대한 자유회상 과제를 실시함으로써 측정하였다. 항해 과제에 필수적인 항해 환경에 대한 감시 과제와 더불어 레이더에 제시되는 정보를 동시에 탐지 확인하는 과제(지각적 통합)는 레이더 감시 수행 측정치를 평가함으로써 비교하였다. 또한 실험참가자들이 다양한 정보 요소들을 탐색하여 원활하게 통합할 경우 이를 바탕으로 미래 상황을 더 정확하게 예측함으로써 본선의 제어 방식뿐만 아니라 다른 선박과의 갈등 수준도 더 감소할 것으로 가정하고, 미래 상황에 대한 예측 능력은 본선의 주변 선박들의 거동에 대한 항해사의 대처 능력을 나타내는 지표들(예를 들어, 목표선박과 본선 사이의 최단거리나 실제 목표선박과의 충돌 여부 등)을 측정하여 비교하였다. 각각의 종속치들에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

선박 제어 수행 측정치 다른 선박과의 충돌위험 상황에서 얼마나 효율적으로 충돌을 회피했는지에 대한 측정치로는 실제 충돌 빈도와 근접 정도 즉, 본선과 목표선박과의 거리(Closest Point of Approach: 이하 CPA로 표기

함)와 전체 시행에서 차지하는 목표선박과의 실제 충돌 비율, 그리고 충돌 회피 전략의 유형을 분석하였다. 참가자가 조종한 선박의 항로는 10초 단위로 데이터베이스에 궤적을 남기게 되는데 이를 통하여 연구자는 특정 시간에서의 각 선박의 위치 및 방향, 선박 간의 거리를 계산하였다. 이와 함께 보다 자세한 측정치인 선박의 속도, 러더(rudder)의 상태, 항해 방향(heading) 등은 변화가 있을 때 마다 메인컴퓨터에 기록되었고 이 자료들은 추후 분석에서 사용되었다. CPA는 실험 종료 후 출력된 결과물 상의 거리와 축적을 통해 계산할 수 있었는데 시나리오가 진행되는 동안의 CPA값을 사용하여 분석하였으며, 단위는 미터를 사용하였다.

레이더 감시 수행 측정치 본 연구에서 실험 참가자들은 항해 과제를 수행함과 동시에 레이더에 제시된 정보를 감시하고 정보 내용에 따라 적절하게 반응하도록 요구 받았다. 즉, 레이더 상에 실험자에 의해 인위적으로 제공된 “에러 메시지”에 대해 얼마나 빠르고 정확하게 반응하는지 측정하였다. 이러한 레이더 감시 반응은 경고가 제시된 시간에서부터 항해사가 지시된 특정 버튼(본 실험에서는 “ALARM” 버튼을 누르기까지의 소요 시간을 1초 단위로 측정하여 메인컴퓨터에 기록하였다. 특히 일차적 자료 분석 결과 이러한 레이더 감시 과제 수행에서는 에러가 없었기 때문에 반응 정확률은 분석에서 제외하였다. 레이더 감시 과제의 수행은 항해사들로 하여금 선박 전방의 항해 상황에 대한 화면과 부가 정보가 제시되는 레이더 화면 사이를 번갈아 주시하도록 요구함으로써 결과적으로는 더 빈번한 주의 전환과 과중한 인지 부하를 초래한다

(Hockey 등, 2003). 그리고 인지 부하(혹은 정신적 작업부하)나 스트레스가 높은 상황에서는 사람들이 상황인식을 상실하는 경향을 보이기 때문에(Gugerty 등, 1996; Waag 등, 1997), 레이더 감시 수행 측정치는 항해사의 상황인식 능력을 반영해 줄 수 있는 또 다른 형태의 지표가 될 수 있다.

자유회상 측정치 먼저 항해사들이 주변의 항해-관련 요소들을 얼마나 잘 파악하고 있는지를 평가하기 위하여 각각의 시행 종료 후에 실험 참가자가 경험했던 항해 상황 요소들에 대한 회상(recall) 과제(이 방법은 Endsley 등, 1994의 연구에 기초하여 채택하였다)를 실시하여 각 시행의 종료 후에 실험 참가자가 경험했던 주변 선박들의 유형이나 개수, 진행 방향, 본선과의 거리 등을 얼마나 잘 파악하고 있었는지를 평가하였다. 구체적으로 목표선박과 주변에 있던 다른 선박들의 위치 및 주변 선박의 이름에 대해 보고하도록 하여, 전체 가능한 점수에 대해 옳게 보고한 점수의 비율을 계산하였다. 예를 들어, 마지막 실험 종료 상황에서 관찰 가능했던 선박의 수가 5척이었고(따라서 전체적으로 가능한 총점은 각각의 선박에 대한 위치 5점 및 선박명 5점으로 총 10점이 된다), 항해사가 이 중에서 다른 선박과의 위치에 대해서는 2번, 그리고 선박명에 대해서는 3번 정확하게 보고하였다면 총 5점이 되어, 회상정확률 50%로 계산되었다.

실험 설계 및 결과 분석 방법 본 연구에서는 두 수준의 충돌위험 정도(관례상황 vs. 긴급상황), 두 수준의 목표선박 거동 형태(직진 vs. 변경), 두 수준의 교통 혼잡 정도(주변 선

박의 수, 1척 vs. 5척), 그리고 두 수준의 실험 회기(즉, 훈련 이전과 이후의 2회기)의 네 가지 독립변인이 조작되었다. 이 변인들 중에서 충돌위험 정도 변인은 피험자간 변인이었던 반면(즉, 전체 18명의 실험참가자들 중 9명씩 충돌위험 정도에 할당되었다), 나머지 변인들은 피험자내 변인들이었다(즉, 각 충돌위험 정도 조건에서 9명의 실험참가자들은 목표선박 거동 유형과 주변 선박수가 조합된 네 가지 조건에 모두 참여하였다). 그리고 이러한 독립변인들에 따른 종속 측정치들의 차이는 변량분석(ANOVA)을 이용해 분석하였으며, 본 연구의 실험 설계가 네 가지의 독립변인이 조작되는 비교적 복잡한 설계(2x2x2x2 혼합 요인 설계)임을 감안하여 본 연구자가 특히 관심있는 부분(예를 들어, 여러 종속치들이 훈련 여부에 따라 어떤 변화를 보이는가 등에 대해서는 부분적으로 분석 모델을 따로 설정하여 분석하였다).

결 과

선박 제어 수행 측정치

본선과 목표선박과의 거리 본선과 목표선박과의 최소거리에 대한 분석에서는 긴급상황 조건에서 1명의 자료가 판독 불가능한 상태로 출력되어 이 조건에서는 8명의 자료만 분석에 포함되었다. 먼저 전반적인 변량분석 결과 CPA에 대한 훈련 전후의 주효과가 통계적으로 유의하였는데, $F(1, 15) = 14.79$, $MSE = 120496.52$, $p = .002$, 이러한 결과는 훈련 이전에 비해 훈련 이후에 실험 참가자들이 50m 정도 더 긴 CPA를 유지하였기 때문이다. 또한 충돌위험 정도에 따라서는 관례 상황에 비해 긴급 상황에서의 CPA가 통계적으로 유의하게

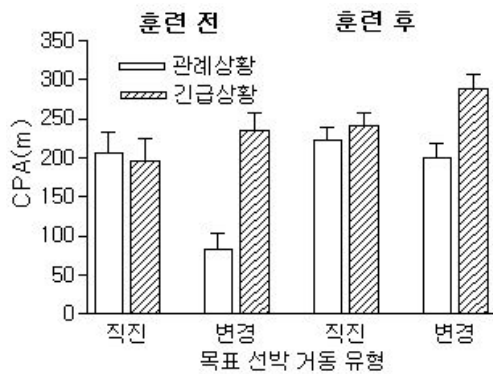


그림 1. 훈련전후, 목표선박 거동유형 및 충돌위험 정도에 따른 본선 목표선박 사이의 최단 거리 막대는 표준오차임)

더 길었다, $F(1, 15) = 9.13$, $MSE = 106125.31$, $p = .009$.

충돌위험 정도와 목표선박 거동형태 사이의 2원 상호작용, $F(1, 15) = 6.80$, $MSE = 45099.84$, $p = .020$, 그리고 훈련여부, 충돌위험 정도 및 목표선박 거동형태 사이의 3원 상호작용도 통계적으로 유의하였다, $F(1, 15) = 5.81$, $MSE = 66482.84$, $p = .029$. 그림 1은 훈련여부, 충돌위험 정도 및 목표선박 거동형태 사이의 3원 상호작용을 보여주고 있다. 이러한 실험 조건들 사이의 상호작용 효과들을 좀 더 구체적으로 살펴보기 위해, 훈련 여부 각각에 대해 목표선박과의 충돌위험 정도와 목표선박의 거동 유형이 실험참가자의 CPA 유지에 어떠한 차이를 보이는지 단순 분석해 보았다. 그 결과, 훈련 이전에는 목표선박과의 충돌위험의 주효과 [$F(1, 15) = 7.40$, $MSE = 86042.34$, $p = .015$]와 목표선박과의 충돌위험 정도와 목표선박 거동 유형 사이의 2원 상호작용이 통계적으로 유의했던 반면 [$F(1, 15) = 12.01$, $MSE = 110548.67$, $p = .003$], 훈련 이후에는 목표선박과의 충돌위험의 주효과 [$F(1, 15)$

$= 4.74$, $MSE = 39038.12$, $p = .046$]만이 통계적으로 유의하였다.

이러한 결과는 훈련 여부와 상관없이 실험참가자들이 관례상황 보다는 긴급상황에서 더 긴 CPA를 유지하는 반면, 목표선박의 거동이 실험참가자의 CPA 유지에 미치는 영향은 훈련 이전과 이후에서 각각 차별적으로 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 훈련 이전에는 관례상황에서 목표선박이 항로를 변경하는 경우 가장 짧은 CPA를 보여 충돌이 가능한 위험 상황을 촉발했던 것과는 달리, 훈련 이후에는 이러한 실험 조건에서의 CPA가 크게 증가하여 전반적으로는 목표선박의 거동 유형과는 상관없이 목표선박과 비교적 안전한 거리를 유지하였기 때문이다.

목표선박과의 충돌 비율 앞서도 언급되었듯이 본 실험에 사용된 항해 시나리오는 실험참가자가 적절하게 선박을 조종하기 않으면 실험 조건에 상관없이 목표선박과 충돌을 야기하도록 구성되었다. 그림 2는 실험 조건별로 훈련 여부에 따라 목표선박과의 충돌 비율이 어떻게 변화되는지 보여주고 있다. 그림 2에서도 보이듯이 훈련 이전에는 목표선박이 직진하는 경우보다는 항로를 변경하는 경우에 (30.6% vs. 50.0%), 그리고 주변의 방해 선박수가 1개인 경우보다는 5개인 경우에 충돌 비율이 더 높았다(25.0% vs. 50.0%). 그러나 전체적으로 보면 실험 조건과 상관없이 훈련 이전에 비해 훈련 이후에 모두 목표선박과의 전반적 충돌 비율이 감소함을 알 수 있다.

목표선박과의 충돌 비율과 관련하여 특히 흥미있는 부분은 충돌위험 정도에 따른 충돌 비율이다. 그림 2에서 보이듯이 훈련 이전에는 긴급상황에 비해 관례상황에서의 충돌비율

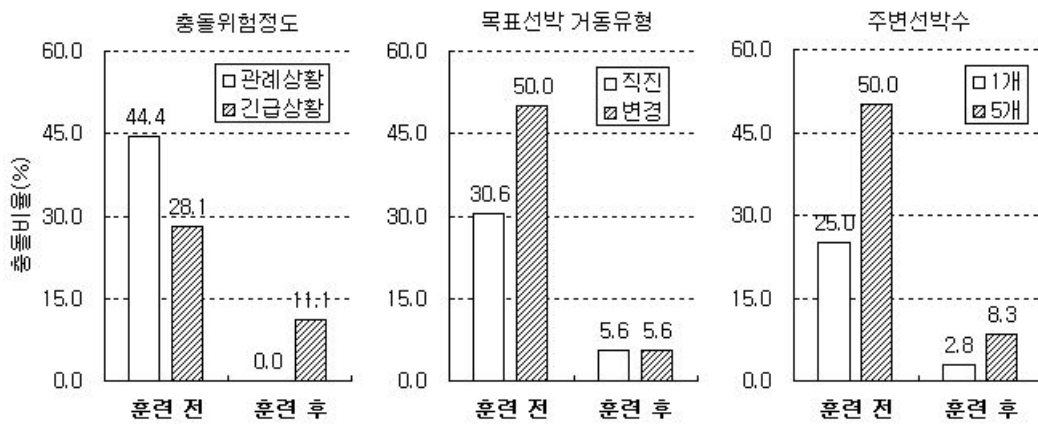


그림 2. 훈련 전후 목표선박과의 충돌비율

이 더 높았으나(44.4% vs. 28.1%) 훈련 이후에는 관례상황에서의 충돌은 관찰되지 않은 반면 오히려 긴급상황에서만 11.1%의 충돌 비율이 관찰되었다. 이러한 결과는 일반적으로 긴급상황에서 충돌 비율이 관례상황에 비해 더 높을 것이라는 예상과는 상반되는 결과이다. 이러한 결과에 대한 한 가지 가능한 설명은 모든 항해 시나리오에서 충돌 가능성이 있으나 훈련 이전에는 실험참가자들이 관례상황에서 자신의 선박을 신속히 조종하지 못함으로써 이 조건에서 높은 충돌비율을 보였다는 것이다. 즉, 목표선박의 진행 방향과 속도에 대한 통합적인 상황인식 능력의 부족하였기 때문인 것으로 판단된다. 반면 훈련 후에는 이러한 상황인식 능력이 어느 정도 향상되어 긴급상황보다는 상대적으로 충돌 회피가 용이한 관례조건에서 전혀 충돌을 야기하지 않았을 것이다.

레이더 감시 수행 측정치 레이더 감시 수행 측정치(즉, 항해 과제 수행 도중 레이더 상에 무선적으로 제시된 에러 메시지에 대한 반

응시간)에 대한 전반적인 분석결과, 레이더 에러 메시지에 대한 실험참가자들의 반응 시간은 훈련 이전 보다는 훈련 이후에 [5.2초 vs. 3.08초, $F(1, 16) = 57.69$, $MSE = 176.37$, $p < .001$], 긴급상황 보다는 관례상황에서 [4.56초 vs. 3.80초, $F(1, 16) = 7.93$, $MSE = 2517.65$, $p = .012$], 그리고 목표선박 거동을 변경하는 경우보다는 직진하는 경우 [4.52초 vs. 3.85초, $F(1, 16) = 9.04$, $MSE = 16.24$, $p = .008$]에 통계적으로 유의하게 더 빠른 반응시간을 보였다. 이러한 결과들은 목표선박의 거동 유형이나 충돌의 위험 정도에 따라 1차 과제 수행(즉, 선박 조종)이 어려운 조건에서 전체적으로 레이더 감시 수행이 더 저조하지만, 훈련에 의해 1차 과제 수행에서의 향상뿐만 아니라(위에 보고된 선박 제어 측정치에 대한 결과를 보라) 2차 과제 수행도 동시에 향상될 수 있음을 시사한다.

이러한 변인들의 주효과 뿐만 아니라 훈련 여부와 목표선박의 거동 유형 사이에 유의한 상호작용 효과도 관찰되었다($F(1, 16) = 4.71$, $MSE = 6.47$, $p = .045$). 그림 3에서 보이듯이

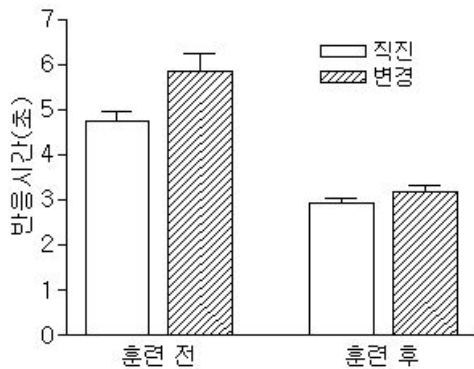


그림 3. 훈련 전후 목표선택 거동 유형에 따른 레이더 감시 수행(막대는 표준오차임)

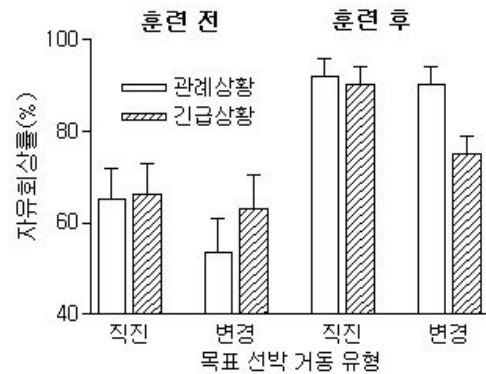


그림 4. 훈련전후, 목표선택 거동유형 및 충돌위험 정도에 따른 항해 상황 자유회상률(막대는 표준오차임)

훈련 이전에는 목표선택이 직진하는 경우에 비해 항로를 변경하는 경우에 더 느린 반응시간을 보였지만 훈련 이후에는 이러한 차이가 감소되었을 뿐만 아니라 전반적으로 반응시간이 목표선택의 거동 유형과는 상관없이 모두 감소함을 알 수 있다.

항해 상황에 대한 자유회상 측정치 실험이 종료되고 화면이 제거된 상태에서 실시된 항해 상황에 대한 전체적인 자유회상률에 대한 분석 결과, 앞에서 보고된 선택 제어 수행 측정치나 레이더 감시 수행 측정치와는 달리 목표선택과의 충돌위험 정도에 따른 자유회상률에는 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 그러나 다른 종속측정치들과 유사하게 항해 상황에 대한 실험참가자들의 자유회상률은 훈련 이전 보다는 훈련 이후에 [61.1% vs. 86.9%, $F(1, 16) = 30.41$, $MSE = 22106.73$, $p < .001$], 주변에 선택수가 적었던 경우보다는 많았던 경우에 [63.5% vs. 85.4%, $F(1, 16) = 107.35$, $MSE = 17244.07$, $p < .001$], 그리고 목표선택 거동을 변경하는 경우보다는 직진하는 경우 [70.5% vs. 78.4%, $F(1, 16) = 6.92$, $MSE = 2249.92$, $p =$

.018]에 통계적으로 유의하게 더 높았다. 또한 훈련 여부와 충돌위험 정도 및 목표선택의 거동 유형 사이에 통계적으로 유의한 상호작용 효과가 관찰되었다 [$F(1, 16) = 8.05$, $MSE = 1051.92$, $p = .012$, 그림 4].

훈련 여부와 충돌위험 정도 및 목표선택의 거동 유형에 따른 자유회상률의 차이에서 가장 주목되는 부분은 훈련 전후에 관례상황에서의 자유회상률 변화 양상이다. 훈련 이전의 경우 관례상황에서 목표선택이 항로를 변경하는 경우 자유회상률이 가장 낮았던 반면, 훈련 이후에는 이 조건에서의 자유회상률이 다른 조건에 비해 월등히 증가하였음을 알 수 있다. 이러한 결과를 앞에서 보고된 목표선택과의 최단거리 측정치 및 목표선택과의 실제 충돌 비율 결과와 관련지어 종합적으로 검토해 보면, 훈련 이전에는 관례에 따라 항해하는 목표선택이 항로를 변경하여 자신의 선택으로 접근해 오는 경우 자신의 선택이 목표선택과 충돌할 수 있는 가능성을 과소평가했을 수 있다. 이 때문에 관례상황이지만 항로를 변경하는 목표선택의 거동에 주의를 별로 기울이지 않다가 충돌 가능 상황을 인식한 이후

에야 선박을 제어하기 시작하였기 때문에 이 조건에서는 CPA도 짧고, 충돌 비율도 높았을 것이다. 또한 이렇게 충돌 가능성이 매우 높은 상황에서는 본선 주변의 전체적인 항해 상황을 파악하기 보다는 목표선박과 본선의 충돌을 회피하기 위한 상황에 상대적으로 더 많은 주의를 기울였기 때문에 결과적으로 이러한 상황에 대한 자유회상률이 낮았을 것으로 여겨진다.

반면 훈련 이후에는 관례상황에서 목표선박이 항로를 변경하는 조건의 자유회상률이 급격하게 증가하였는데, 이것은 항해 수행과 관련된 다양한 형태의 상황인식 요소들(앞의 절차 부분을 보라)에 대한 훈련을 바탕으로 실험참가자들이 미리 목표선박의 거동을 예측하거나 적절하게 선박을 제어함으로써 좀 더 여유있게 충돌위험 상황에 대처한 것으로 판단된다. 즉, 훈련 이후에는 동일한 조건에서 목표선박과의 최단거리, 실제 충돌 비율 및 충돌 회피를 위한 방략 등에서 훈련 전에 비해 모두 우수한 수행이 관찰되었으며, 결과적으로 실험 이후에 실시된 항해 상황에 대한 자유회상 과제에서도 수행이 향상되었을 것이다.

논 의

선박, 특히 선박의 여러 물리적 요소들에 대한 설계와 관련하여 기계공학/유체역학/정보통신 연구 등은 그 실용적 함의성에 비추어 지금까지 매우 활발하게 연구되어온 분야이다. 그러나 실제로 선박을 제어하는 항해사들의 인적 특징들(특히 본 연구에서 검토한 항해사의 상황인식과 같은 정보처리 특징)에 대해서는 매우 한정적으로 연구가 진행되어 왔다. 특히 선박 사고가 대부분 대형 사고이고 많은

인명과 경제적 손실을 가져올 수 있는 사고라는 점을 감안하면 항해사의 항해 수행 능력(특히 위험 상황에서 상황을 인식하여 적절히 대처하는 기술)에 대한 인간공학적/심리학적 평가가 필수적이다.

본 연구는 항해 과제 수행의 난이도에 영향을 주는 대표적 변인들을 체계적으로 조작한 조건들에서 항해사의 상황인식 훈련이 항해사의 선박 제어 및 상황인식 능력에 어떠한 차이를 가져오는지 살펴보고자 실시되었다. 이를 위해 실제 항해 상황을 그대로 재현하는 충실도 높은 항해 시뮬레이터(full mission ship handling simulator)를 훈련 및 수행 평가의 도구로 채택하였고, 항해 과제 난이도는 두 수준의 목표선박과의 충돌위험 정도(관례상황 vs. 긴급상황), 두 수준의 목표선박 거동 형태(직진 vs. 변경), 그리고 두 수준의 교통 혼잡 정도(주변 선박 수 = 1척 또는 5척)를 조작하여 변화되었다. 훈련은 훈련 전 회기에서 실험 참가자들이 보인 항해 수행 결과에 대한 피드백 제공뿐만 아니라 항해와 관련된 다양한 상황인식 요소들에 대한 구두 지시 및 실제 항해 실습을 통해 이루어졌다.

본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 항해 수행과 관련된 상황인식 훈련을 받은 조건에서 실험참가자들은 선박제어(목표선박과 더 안전한 거리 유지, 실제 충돌 비율의 감소, 더 효율적인 충돌회피 방략 사용)와 레이더 감시 수행(레이더에서 제시되는 정보에 대한 더 빠른 반응시간), 항해 상황에 대한 파악(주변 항해 상황에 대한 높은 자유회상률) 등의 측면들에서 모두 훈련을 받지 않은 조건에 비해 수행이 우수하였다. 둘째, 훈련을 받지 않은 실험참가자들은 목표선박이 관례상황에서 항로를 변경하는 경우 선박제어나 항해

상황에 대한 전반적 파악에 가장 큰 어려움을 겪는 것으로 보인다. 예를 들어, 주변 상황에 대한 자유회상률, 목표선박과의 최단거리 측정치, 그리고 목표선박과의 실제 충돌 비율 등을 종합적으로 검토해 보면, 훈련 이전에는 관례에 따라 항해하는 목표선박이 항로를 변경하여 자신의 선박으로 접근해 오는 경우 자신의 선박이 목표선박과 충돌할 수 있는 가능성을 과소평가하여 목표선박의 거동에 주의를 별로 기울이지 않다가 충돌 가능 상황을 인식한 이후에야 선박을 제어하기 시작하는 경향을 보였다. 그러나 항해 수행과 관련된 다양한 형태의 상황인식 요소들에 대한 훈련 이후에는 이러한 경향이 크게 감소하여 동일한 조건에서 목표선박과의 최단거리, 실제 충돌 비율 및 충돌 회피를 위한 방략 및 자유회상률 등에서 모두 우수한 수행이 관찰되었다. 이러한 결과들을 종합하면, 항해 수행에서의 상황인식에 대한 여러 요소들의 훈련은 항해사들의 기본적 선박제어 능력뿐만 아니라 주변 요소의 통합적 파악 및 이를 바탕으로 한 예측 능력 모두에서 우수한 수행을 이끌 수 있는 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 얻어진 결과는 항공기 조종이나 항공관제, 그리고 처리 제어와 같이 비교적 전문적인 오퍼레이터가 관련되는 영역에서 주로 발견된 상황인식의 중요성이 항해라고 하는 또 다른 영역으로까지 확대될 수 있음을 확인시켜 주었다. 또한 기존 연구들은 상황인식 요인을 특정 영역에서 이미 전문성을 획득한 전문가와 이에 대비되는 초심자를 비교함으로써 간접적으로 추정하는 경향이 많았으나 본 연구에서는 항해 훈련 여부에 따라 상황인식 능력에서의 차이 및 이러한 차이가 궁극적으로 수행에 어떻게 영향을 미치는지

여러 상황인식 요소들을 통합적으로 관찰함으로써 확인하였다는 점에서 항해 수행에 근거하는 인간 요인의 규명에 하나의 기초 자료를 제공하였다고 판단된다.

본 연구를 통해 얻어진 항해사의 상황인식 능력과 위험 상황(충돌 가능 상황)에서의 사고 회피 행동 사이의 관계를 좀 더 현실적으로 적용한다면 항해사의 상황인식 능력을 특히 강조한 항해 훈련을 통해 궁극적으로 해양 사고의 감소를 가져올 수 있을 것이다. 또한 대부분의 선박들에는 자동항법 시스템이 장착되어 있는데, 상황인식 능력과 항해 수행과의 명확한 인과관계 규명을 바탕으로 항해 보조 장치의 설계에 인간 오퍼레이터의 정보처리 특성을 고려한 설계 가이드라인이나 원리를 제공하여 항법 시스템에 항해사의 상황인식을 촉진할 수 있는 요소를 구현할 수 있다면 항해사의 안전한 선박 운행에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 항해 시뮬레이션 실험을 통해 상황인식 정도와 항해 수행 사이의 관계를 검토함으로써 보다 효율적인 항해 교습 방법이나 항해 능력 검사의 설계가 가능할 것이고 이를 통해 경제적 실효성도 도모될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 손영우, 박수애 (2003). 전문성과 작업기억 부하량이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 16, 155-174.
- 해양안전심판원 (2004). 해양안전심판사례(사교종류별 해양사고 통계편) <http://www.kmst.go.kr>
- Dyer-Smith, M. B. A. (1992). Shipboard organization-The choices for international shipping.

- Journal of Navigation*, 45, 414-424.
- Endsley, M. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human factors and Ergonomic Society.
- Endsley, M. (1997). The role of situation awareness in naturalistic decision-making. In C.E. Zsombol and G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision-making* (pp. 269-283). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Endsley, M. R., & Bolstad, C. (1994). Individual differences in pilot situation awareness. *International Journal of Aviation Psychology*, 4, 241-264.
- Flin, R., Shaven, G., and Stewart, K. (1996). Emergency decision making in the offshore oil and gas industry. *Human Factors*, 38, 262-277
- Gopher, D., & Brickner, M. (1980). On the training of time-sharing skills: An attention viewpoint. In G. Corrick, M. Hazeltine, & R. Durst (eds.), *Proceedings of the 24th annual meeting of the Human Factors Society*. Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Gopher, D., Weil, M., & Siegel, D. (1989). Practice under changing priorities: An approach to training of complex skills. *Acta Psychologica*, 71, 147-179.
- Groctt, D. F. H. (1992). The 21st century navigation situation. *Journal of Navigation*, 45, 315-328.
- Gugerty, L. J., & Tirre, W. C. (1996). Situation awareness: A validation study and investigation in individual differences. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomic Society.
- Hockey, G. R. J., Healey, A., Crawshaw, M., Wastell, D. G., & Souer, J. (2003). Cognitive demands of collision avoidance in simulated ship control. *Human Factors*, 45, 252-265.
- Kirlik, A., Walker, N., Fisk, A.D., and Nagel, K. (1996). Supporting perception in the service of dynamic decision making. *Human Factors*, 38(2), 288-299.
- Lee, J. D., & Sanquist, T. F. (1996). Maritime automation. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), *Automation and human performance: Theory and applications* (pp. 365-384). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Orasanu, J. (1995). Training for aviation decision making: The naturalistic decision making perspective. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th annual Meeting* (pp. 1258-1262). Santa Monica, Ca: Human factors and Ergonomics Society.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Sablowski, N. (1989). Effects of bridge automation on mariner's performance. In A. Coblenz (Ed.), *Vigilance and performance in automated systems* (pp. 101-110). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
- Sanderson, P. M. (1989). The human planning and scheduling role in advanced manufacturing systems: An emerging human domain.

Human Factors, 31, 635-666.

Waag, W. L., & Bell, H. H. (1997). Situation awareness and decision making skill of fighter pilots. In C. E. Zsambol and G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision-making* (pp. 269-283). Mahwah, NJ: Erlbaum.

1 차원고접수 : 2006. 8. 9.

최종게재결정 : 2006. 8. 30.

K C I

The Effect of Mariner's Situation Awareness Training on Navigation Performances

Joonbum Lee

Jaesik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to investigate the effect of mariner's situation awareness(SA) training on navigation performance using full mission ship-handling simulator. For this purpose, 20 mariners were trained in terms of various aspects of SA by providing performance feedback, instructions to monitor the radar information, to integrate navigation-related elements, and to anticipate the possible future situation based on present situation. Independent variables such as risk levels of ship-to-ship collision, movement types of target ship(TS), and number of ships around the own ship(OS) were systematically varied, and dependent variables of closest point of approach(CPA) between TS and OS, number of collision, radar detection reaction time, and free recall performance of current situation were measured. The results can be summarized as followings. First, training on mariner's SA appeared to induce improved performances both of ship handling and SA(i.e., mariners in the post-training session showed longer CPA, lower collision rate, faster radar monitoring time, and higher free recall rate than the pre-training session). Second, mariners in the routine navigation situation where TS had priority following maritime rules seemed to suffer to prepare collision avoidance when the TS altered the path. However, this tendency greatly reduced after the training. These results suggest the benefit of mariner's SA training on maritime safety.

Keywords : Mariner's situation awareness, Ship-handling simulation, Mariner Training