

항해 전문성이 항해사의 상황인식에 미치는 효과*

김 비 아 오 진 석 이 세 원 이 재 식†
부산대학교 한국해양대학교 부산대학교

본 연구는 항해 전문성 정도(항해 실습 유형 및 실제 항해 경험 정도)에 따른 상황인식의 세 가지 수준(즉, 지각, 이해 및 통합, 예측)에서의 차이를 비교하였다. 이를 위해 항해 과제를 각각의 상황인식 수준에서 부합하는 과제들로 구성된 후 항해사의 항해 상황에 대한 재인 능력, 여러 항해 정보의 통합 및 이해, 그리고 미래 상황에 대한 예측 능력을 비교하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 상황인식의 첫 단계인 항해상황 재인에 대하여 신희담지론의 패러다임을 적용하여 분석한 결과, 반응편향에서는 유의한 차이가 없었지만 전문가가 초보자보다 더 높은 민감도를 보였다. 즉, 전문가는 지각한 정보를 짧은 시간 동안 파악한 후 정확하게 인출하는 능력이 더 우수한 것으로 보인다. 둘째, 상황인식의 두 번째 단계인 이해 및 통합에서는 레이더 비교 과제를 사용하였는데, 전문가와 초보자 간의 오반응에는 차이가 없었지만, 전문가가 초보자보다 더 정확하게 레이더 상에서의 변화를 탐지하는 것으로 나타났다. 상황인식의 최종 단계인 항해상황 예측 과제에서도 전문가는 초보자에 비해 레이더 상에서 발생 가능한 미래 상황을 더 정확하게 예측하였다. 본 연구에서는 상황인식의 각 단계별로 전문가와 초보자의 수행 차를 검증함으로써 항해 수행에 기여한 인적 요인을 규명하고자 하였으며, 상황인식 개념을 항해 영역으로까지 확장시켰다는 데 의의가 있다.

주요어 : 항해사 상황인식, 상황인식 단계, 항해 전문성

* 본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(R01-2006-000-10559-0) 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 이재식, 부산대학교 심리학과, jslee100@pusan.ac.kr

캐나다 교통안전국에서 발간한 해양탐사보고서(2006)에 의하면, 안전한 항해 수행은 선박을 조종하는 항해사의 상황인식 정도에 달려있으며 선교(bridge)에서 의사소통하는 오퍼레이터들 간의 의사소통 내용의 질이 우수하고 의사소통이 용이할수록 상황인식이 극대화된다. 이러한 조건들이 충족되지 못할 경우 사고가 발생하기 쉬운데, 특히 선박사고를 일으키는 여러 가지 요인들 중 항해사의 인적 요인이 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 보인다. 예를 들어, 1998년에서 2002년 사이에 우리나라에서 발생한 선박 관련 사고를 분석한 결과(해양안전심판원, 2004), 선박을 직접 조종하는 항해사의 인적 요인으로 인한 운항 과실 비율이 전체 사고의 90.3%를 차지하고 있고, 특히 인적 요인 중에서도 항해사의 선박 조종 및 인지적 부담이 높을 때 사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

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).

항해사들이 주변 운항 환경에 따라 높은 인지부하 상황에 노출될 수 있다는 것은 비교적 많은 연구자들이 지적하고 있다(Dyer-Smith, 1992; Grocott, 1992; Lee & Sanquist, 1996). 이러

한 높은 인지 부담은 주변의 많은 선박과의 원활한 교통을 위해 자신의 선박을 적절히 제어할 뿐만 아니라 레이더와 같은 항해 보조장치를 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 보여주었다.

선박 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 있는 것으로 보인다.

상황인식의 개념

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(예컨대, 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.

원래 상황인식이라는 용어는 군대의 항공기 조종사들이 사용하던 것에서 유래되었다. 하지만 의사결정과 수행의 토대가 되는 것으로 상황인식의 중요성이 부각됨에 따라 항공 분야와 군대에서뿐만 아니라 자동차 운전, 교육, 철도 운송, 발전소 운용, 그리고 기상예보에 이르기까지 그 적용범위가 확대되고 있다. 즉 상황인식은 효과적인 의사결정과 수행에 결정적으로 작용하는 실세계에서 끊임없이 변화하고 있는 지식으로 간주되고 있다.

일반적으로 받아들여지고 있는 상황인식의 정의는 ‘시공간 내에서 환경 요소들에 대한 지각, 지각된 요소들의 의미에 대한 이해, 그리고 현재의 상태를 토대로 가까운 미래를 예측하는 것’이다(Endsley, 1988). Endsley(1988)는 또한 상황인식에는 서로 다른 “수준”들이 있다는 것을 지적하였는데, 이러한 수준들은 인지적 복잡성에 따라 나누어진다. 상황인식의 첫 번째 단계는 환경 속의 요소들이 갖는 상태, 속성, 그리고 역학을 지각(perceiving)하는 것이다. Jones와 Endsley(1996)는 항공기 조종사의 상황인식 예러 중 약 76%가 요구되는 정보에 대한 지각 단계에서 발생하는 것으로 보고하고 있다. 상황인식의 두 번째 단계는 자신이 갖고 있는 목표의 관점에서 이러한 단서

들을 이해(comprehending)하는 것인데, 상황인식 예러의 약 20%가 이해 및 통합 단계에서 발생한다(Jones & Endsley, 1996). 마지막으로 상황인식의 가장 상위 수준인 세 번째 단계는 현 상태에 대한 지각과 이해를 바탕으로 미래 상태를 예측하여 가늠해보는 것(projecting)이다(Endsley, 1997). 현재 상태에서부터 미래를 예측할 수 있는 세 번째 단계의 이 능력은 적절한 의사결정을 하도록 해 주며, 숙련된 전문가들에게서 가장 두드러지는 특징 중 하나이다.

전문성과 상황인식

전문성을 생각할 때, 일반적으로 우리는 숙련된 신체 수행(예컨대, 프로 싸이클 선수나 테니스 선수)이나 숙련된 의사결정(예컨대, 프로 바둑 기사나 체스 전문가)에만 초점을 맞추기 쉽다. 그러나 이러한 수행 측면들과 더불어, 최근에는 상황인식이 자동차 운전에서부터 항공기 조종, 군대, 그리고 의학 분야에 이르기까지 다양한 분야에서 전문성을 설명하는 대단히 중요한 요소로 간주되어 왔다(Endsley, 2006). 심지어는 스포츠 수행과 같이 전문성에 있어서 전통적으로 신체 수행에 초점을 맞추어 온 분야에서 조차도, 상황인식의 측면에서 우수한 수행을 낳는 전문성을 분석하려는 시도가 행해지고 있다. 예컨대, 골프와 같은 스포츠에서도 상황인식의 중요성이 강조되고 있는데, 프로 골퍼의 우수한 수행은 스윙과 홀까지의 거리 간의 관계로만 분석되지 않는다. 예컨대, 프로 골퍼들은 다른 선수들보다 미리 경기에 앞서 미리 코스를 둘러보는 경향이 있는데, 이와 같은 행동은 상황인식과 관련된 것으로 경기에 중요한 상황적인 요소들을 되도록 빨리 지각하여 이해하려는 노력

으로 해석될 수 있다. 따라서 단순히 스윙을 하는 데 있어 물리적인 힘뿐만 아니라, 풍속과 풍향 그리고 잔디의 특성과 같은 외부 사상에 대한 지각과 이해를 바탕으로 하여 자신의 미래 행위를 의사결정하는 능력(즉, 상황인식)이 골프 수행의 전문성에 중요한 요소로 인식되고 있는 것이다.

Endsley(2006)에 의하면, 상황인식은 특정한 영역에서의 전문성 발달에 결정적인 역할을 하는 것으로, 다양한 영역에서의 많은 연구들이 초보자들에게는 상황인식의 어려움이 관찰되는 반면, 우수한 상황인식이 전문가의 수행을 얼마나 향상시키는 지를 보여주고 있다. Randel과 Pugh(1996)이 미 해군을 대상으로 교전 과제(warfare task)를 이용하여 전문성에 따른 의사결정에서 상황인식의 차이를 살펴본 연구 결과, 전문가들은 초보자들에 비해 레이더 스크린 상에 나타나는 레이더 표지에 대한 회상이 우수했으며, 우수한 상황인식에 기반하여 더 정확한 의사결정을 하였고, 또한 일관적인 방식으로 규칙을 적용할 수 있는 미래 상황에 대한 이해가 우수하였다.

일반적으로 전문가들은 초보자들에 비해 서로 다른 문제 표상을 가지고 있으며, 기억 용량(특히, 작업기억), 문제 해결 책략, 의사결정 능력, 추론, 범주화 등 전반적인 인지처리 과정에서 차이가 나타나는 것으로 보인다.

연구의 목적

본 연구의 목적은 항해 전문성에 따라서 상황인식의 각 수준에서 어떠한 차이가 있는지를 실험적으로 검증하는 것이었다. 이를 위해, 상황인식의 각 수준을 반영할 수 있는 세 개의 실험, 즉 지각, 이해 및 통합, 그리고 예측

실험을 항해장면과 레이더 화면을 이용하여 구현하였으며 각각의 실험에서 전문가와 초보자 집단의 수행이 비교 되었다.

방 법

실험 참가자

한국해양대학교 해사대학 학생 20명(2학년 10명, 4학년 10명)과 현재 1항사, 2항사, 혹은 항해 실습 조교인 10명이 본 실험에 참가하였다. 항해 규칙과 시뮬레이터 조작법을 명시적으로는 알고 있지만 실제 경험은 없는 2학년(평균 연령 21.1세)은 초보자 하위집단에, 항해 규칙과 시뮬레이터 조작법을 알고 있으면서 시뮬레이터 탑승 경험이 10회 이상인 4학년(평균 연령 22.9세)은 초보자 상위 집단에, 그리고 평균 4년 3개월의 실제 승선 경험을 가지고 있는 10명(평균 연령 30.5세)은 전문가 집단에 할당되었다. 초보자(남자 10명, 여자 10명)와 전문가(남자 8명, 여자 2명)는 모두 실험 참가비를 받는 조건으로 실험에 참가하였다.

실험 재료 및 장치

본 연구의 실험 재료는 항해 장면과 레이더 화면으로 구성되어 있었다. 항해 장면은 노르웨이 Kongsberg Norcontrol사의 Polaris Simulator System에서 생성된 항해 시나리오의 시뮬레이션 장면을 촬영하여 편집한 것이었고, 레이더 화면은 Norcontrol사에서 제작한 DataBridge2000 ARPA의 1280 x 1024 픽셀의 고해상도 화면을 촬영하여 편집한 것이었다. 7개의 국내외 항해 장면(부산항, 인천항, 울산항, 온산항, 시드

니항, 홍콩항, 싱가포르항)과 항해 시나리오의 운항에 부합되는 레이더 장면은 두 대의 캠코더(SONY VX-2100, DCR-TRV30)로 녹화되었으며, ATI MObility Radeon X1350을 사용하여 인코딩된 파일은 Windows Movie Maker 2.1로 편집되어 실험 프로그램으로 구현되었다. 제작된 실험 프로그램은 두 대의 컴퓨터(삼성 매직스 테이션 DM-V65A)와 모니터(LG 플레이트론 LCD 226WTQ-BF)로 실험참가자에게 제시되었다.

실험 자극 및 절차

초보자 하위 집단 10명, 초보자 상위 집단 10명, 그리고 전문가 집단 10명 모두 세 개의 실험을 실험자내 조건으로 수행하였으며, 세 개의 실험은 무선적인 순서로 제시되었다. 본 연구에서는 항해 상황에 대하여 상황인식의 세 수준인, 지각, 이해 및 통합, 그리고 예측을 각각 반영하는 다음과 같은 세 가지 과제가 실시되었다.

항해상황 재인과제

본 과제는 상황인식의 첫 번째 수준인 환경에 대한 요소들의 지각을 측정하는 것이었다. 상황인식의 첫 번째 단계에서는 상황에 대한 정보와 이 정보들의 역동(dynamics)뿐만 아니라, 환경으로부터 중요한 요소들을 추출하게 된다. 상황인식의 첫 번째 단계에서 지각된 정보들은 부호화되어 저장된 후, 그 다음 단계로 넘어간다. 따라서 상황인식의 첫 번째 단계에서는 주의과정이 중요한 역할을 하며, 처리되어야 할 정보들이 기억 속에 저장되었는지 아닌지를 살펴봄으로써 성공적인 수행 여부를 측정할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 상황인식 첫 번째 단계에서의 수행을 재인



(a) 항해장면 동영상 제시 (b) 화면 정지



(c) 보기 화면 제시

그림 1. 재인과제의 예시. 이 예시에서는 화면이 정지되기 직전에 제시된 화면 (a)와 보기 화면 (c)가 동일하므로 “예”가 정확반응이다.

과제를 통해 살펴보았다.

실험 참가자에게 편집된 항해장면이 담긴 동영상 클립을 1분 정도 제시되다가(그림 1의 (a)참조) 아무런 사전 단서 없이 갑자기 화면이 검정색으로 변하면서 꺼져 버렸다(black-out)(그림 1의 (b)참조). 실험 참가자의 과제는 동영상 클립이 3초간 꺼져 버린 후 제시되는 보기 화면(그림 1의 (c)참조)이 직전에 마지막으로 나왔던 장면인지 아닌지를 재인하여 “예”(마지막 화면과 보기 화면이 같을 경우) 혹은 “아니오”(마지막 화면과 보기 화면이 다른 경우)로 응답하는 것이었다. 실험참가자는 두 번의 연습시행 후, 무선적으로 제시되는 10개의 동영상 클립에 대하여 재인 과제를 수행하였다.

향해상황 이해 및 통합과제

본 과제는 상황인식의 두 번째 수준인 지각한 요소들에 대한 이해 및 통합을 측정하기 위한 것이었다. 상황인식의 첫 번째 단계에서 지각한 정보들을 두 번째 단계에서는 작업구역 속에서 통합하게 된다. 이러한 처리를 하기 위해서는 개별 세부특징들에 대한 이해와 이들 간의 관계에 대한 처리가 이루어져야 한다(Salas, Prince, Baker, & Shreshtha, 1995). 즉, 실험참가자들은 환경 속에 있는 의미있는 정보들을 통합하여 하나의 응집된 형태로 상황을 이해하게 된다. 본 실험에서는 이러한 상황인식의 두 번째 수준을 각각 제시되는 두 장의 레이더 장면을 지각하여 그 세부특징들을 통합한 후 비교하는 과제를 구현하여 살펴보았다.

실험참가자에게 레이더 화면을 5초간 보여준 후(그림 2의 (a) 참조), 이어서 다른 화면이 5초간 제시된다(그림 2의 (b) 참조). 실험참가자의 과제는 두 개의 레이더 장면을 비교하여(예컨대, 그림 2에 제시된 예시에서 (a)와 (b)를 비교함) 두 번째 제시된 레이더 화면을 인쇄한 답안지에 달라진 지점을 표시한 후 기술하는 것이었다(그림 2의 (c) 참조). 본 과제를 수행하기 위해서는 첫 번째와 두 번째 제시된 화면에 대한 세부 사항들을 지각한 후 재인 및 비교하는 이해 및 통합 과정이 요구된다. 실험참가자는 두 번의 연습시행 후, 무선적으로 제시되는 총 다섯 시행(2장면을 1쌍으로 하여 총 10개의 레이더 장면 제시)에 대한 이해 및 통합 과제를 수행하였다.

향해상황 예측과제

본 과제는 상황인식의 세 번째 수준인 미래에 대한 계획 및 예측을 알아보기 위한 실험

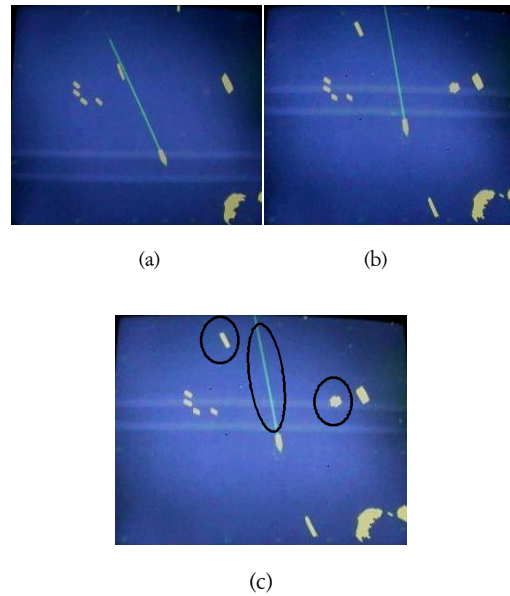
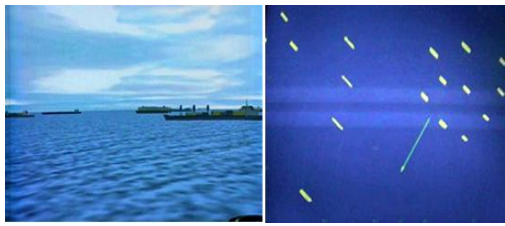


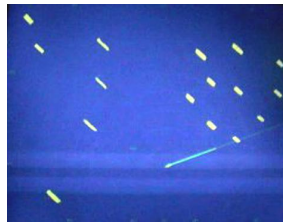
그림 2. 이해 및 통합 과제의 예시. 먼저 제시된 화면 (a)와 이어서 제시된 화면 (b)를 비교한 후, 답안지 (c)에 바뀐 지점을 표기하고 바뀐 사항을 기술한다. 본 예시에서 가능한 답은 좌측 동그라미부터 본선과의 거리 멀어짐 혹은 본선 침로 반대 방향으로 이동, 본선 헤딩 변경, 그리고 레이더 상에 새로운 지형지물 포착 등이다.

이었다. 향해장면과 이에 부합하는 레이더 장면이 3초간 제시된 후(그림 3의 (a) 참조) 응시점이 1초간 제시되고, 그림 3의 (b)와 같은 레이더 화면이 제시되었다. 실험참가자의 과제는 (a)에서 지각하여 이해한 것을 바탕으로 하여, (b)와 같이 제시되는 레이더 화면이 비교적 가까운 미래에 발생할 수 있는지 없는지를 키보드 상에서 yes(키보드의 I) 혹은 no(키보드의 A)로 반응하는 것이었다.

실험 프로그램은 SuperLab Pro 2.0로 구현되었으며, 총 10개의 예측 과제 시행 중 5개는 실제로 가까운 미래에 발생할 수 있는 것이었고, 나머지 5개는 발생하기 불가능 한 것이었다(예컨대, 갑자기 바다 가운데에 방파제가 나



(a)



(b)

그림 3. 예측 과제의 예시. 본 예시에서는 (a)의 레이더 상에서 제시된 상황의 가까운 미래에 (b)와 같은 상황이 발생하는 것이 가능하므로(즉, 본선의 침로방향 변경) yes 반응이 정반응이다.

타나거나, 정박해 있던 여러 선박들 중 두 척만 남기고 모두 사라지거나, 혹은 지형지물과 선박의 위치가 전혀 다르게 배치되는 등). 본 과제를 수행하기 위해서는 (a)에서 지각하고 이해한 것을 바탕으로 하여 (b) 상황을 예측하는 능력이 필요하였다. 실험참가자는 두 번의 연습시행 후, 무선적으로 제시되는 10개의 예측과제를 수행하였다.

종속 측정치

항해상황 재인

신호탐지론을 이용하여 반응 유형을 분석하는 것은 실험참가자의 감각 능력에 기초한 반응의 정확성(민감도, d')뿐만 아니라, 편향된 응답의 정도(반응편향, β)를 수량화 할 수 있다

는 장점이 있다. 손영우와 박수애(2003)가 조종사의 전문성에 따른 상황인식을 민감도와 반응편과 측면으로 나누어 살펴본 바와 같이, 본 연구에서도 신호탐지론을 이용하여 항해 초보자와 전문가의 상황인식을 측정·비교하였다.

본 실험에서는 실험참가자의 “예” 혹은 “아니오” 반응을 신호탐지론에 근거하여 민감도(d')와 반응 편향(β)으로 나누어 분석하였다. 마지막 장면에 대한 재인 민감도는 적중률(hit, 마지막 장면이 보기로 제시 되었을 때 “예”라고 응답하는 비율)과 헛경보율(false alarm, 마지막 장면이 아닌 화면이 보기로 제시되었을 때 “예”라고 응답하는 비율)을 이용하여 계산하였다(Gescheider, 1985). 민감도가 높을수록 정확하게 판단함을 의미한다. 또한 주로 “예”라고 응답하도록 반응의 기준이 정해져 있는지, 혹은 “아니오”라고 응답하도록 내적 기준이 정해져 있는지는 반응편향 점수로 분석하였다. 반응 편향 점수가 양수인 경우에는 상대적으로 보수적으로 반응이 편향되었다는 것을 의미하는 반면, 음수인 경우에는 더 모험적인 방향으로 반응이 편향되었음을 의미한다. 또한 0인 경우에는 반응이 어느 쪽으로도 편향되지 않았음을 의미한다. 민감도와 반응편향을 계산하는 공식은 다음과 같다.

$$\text{민감도}(d') = z(H) - z(FA) \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$\text{반응편향}(\beta) = -[z(H) + z(FA)]/2 \cdot (2)$$

항해상황 이해 및 통합

본 실험에서 실험참가자들은 두 개의 레이더 장면을 비교하여 변화된 부분을 답안지에 표기하고 그 내용을 기술하도록 요구받았다. 실험참가자들의 반응은 정반응과 오반응으로

나누어 채점 및 분석되었다. 정반응은 변화된 지점과 그 내용을 모두 바르게 표기하고 기술한 것이고, 오반응은 헛경보와 오지각으로 나누어 분석되었다. 이 중 헛경보는 레이더 상에서 변화되지 않은 부분을 변화되었다고 잘못 기술한 것이고, 오지각은 변화된 지점을 올바르게 탐지했으나 그 내용이 틀린 경우였다. 예컨대, 본선과 거리가 멀어진 타 선박에 대해서 새로 출현한 선박이라고 기술하면 오지각으로 채점하였다. 총 다섯 시행에서 변화된 부분은 총 15개였으므로 정반응은 15점이 만점이었다.

향해상황 예측

본 과제에서는 정반응과 오반응, 그리고 반응시간이 측정되었다. 본 실험에서 실험참가자들의 과제는 제시된 레이더 화면이 이전에 제시된 화면에 비추어 가까운 미래에 발생 가능한 상황인지 아닌지를 yes 혹은 no로 판단하는 것이었다. 발생 가능한 상황에 대해서 yes라고 반응한 것과 발생 불가능한 상황에 대해서 no라고 반응한 것은 정반응이었고, 발생 가능한 상황에 대해 no라고 반응한 것과 발생 불가능한 상황에 대해서 yes라고 반응한 것은 오반응이었다. 정반응과 오반응의 반응률과 정반응의 반응시간이 분석에 포함되었다.

결 과

향해상황 재인

상황인식의 첫 번째 단계인 외부 자극들에 대한 지각 측면에서 전문가와 초보자 간의 차이를 신호탐지론의 패러다임으로 분석하였다.

ANOVA 분석 결과, 보다 더 정확하고 우수한 반응의 지표인 민감도에서 초보자 하위 집단(M = 1.92, SD = .99)과 초보자 상위 집단(M = 2.66, SD = 1.23)보다 전문가(M = 3.38, SD = 1.17)가 더 우수한 수행을 보인다는 것이 관찰되었다, $F(2, 27) = 4.15, MS_e = 1.28, p < .05$.

그림 4에서 보듯이 전문가는 초보자보다 민감도가 더 높았는데, 이러한 결과는 환경에 있는 요소들의 상태와 속성, 그리고 역학(dynamic)을 지각하는 상황인식의 첫 번째 단계에서부터 전문가와 초보자 간의 차이가 나타남을 시사한다. 또한 환경 속에 존재하는 관련 요소들을 지각하기 위해서는 주의 할당 과정이 필요한데, 이러한 주의 할당이 초보자에 비해 전문가가 보다 효율적이라는 것을 간접적으로 시사하는 결과로 해석할 수도 있다.

신호탐지론에서는 민감도와 반응편향의 측면에서 수행을 비교하는데 반응편향 점수는 전문가와 초보자 간의 판단 기준이 다르거나

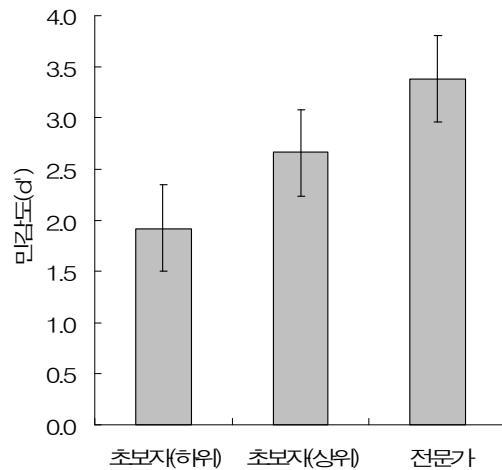


그림 4. 향해 전문성 따른 재인 민감도(d')(막대는 표준오차임).

같은 정도를 알려줄 수 있는 지표이다. 즉, 반응편향 점수는 “예” 혹은 “아니오”라고 반응하는 내적 기준이 보수적인지 모험적인지를 알려준다. 반응 편향 점수는 초보자 하위 집단이 .15, 초보자 상위 집단이 .37. 그리고 전문가 집단이 -.05로 상대적으로 절대치가 낮은 점수를 보임으로써 보수적이든 모험적이든 방향에 상관없이 두 집단 모두 편파가 적었다. ANOVA 분석 결과, 전문가와 초보자 간의 반응편향에는 주효가가 없었다, $F(2, 27) = 1.31$, $MSe = .34$, $p = .29$. 앞서 언급한 민감도 측면과 함께 고래해 볼 때 항해 전문성에 따른 항해상황 재인 수행의 차이는 반응편향이 아닌 민감도에 기인한 것으로 보인다. 이와 비슷한 결과는 손영우와 박수애(2003)가 항공기 조종사의 전문성에 따라서 과제유형과 상황복잡성에서의 수행 차이를 비교한 연구에서도 보고된 바 있다.

항해상황 이해 및 통합

과제의 목표에 맞게 지각된 자료를 이해하고, 이해한 정보를 통합하는 과정은 상황인식의 두 번째 단계에 해당한다. 본 과제에서는 레이더 비교 과제를 통해 지각한 정보를 이해하여 통합하는 측면을 살펴보았다.

그림 5에서 보듯이, 초보자 하위 집단($M = 5.30$, $SD = 1.06$)과 초보자 상위 집단($M = 6.40$, $SD = 1.43$)보다 전문가($M = 7.30$, $SD = 1.57$)의 정반응 수행이 더 우수하였다, $F(2, 27) = 5.35$, $MSe = 1.87$, $p < .05$. 즉, 전문가들은 초보자들보다 레이더 상에 나타난 자극들을 지각한 후 이해하여 이후에 제시되는 자극들과 정확하게 비교하는 통합적인 수행이 우수한 것으로 보인다. 하지만 비교 수행 결과 변화를 잘못 보고하는 헛경보와 오지각 모두 항

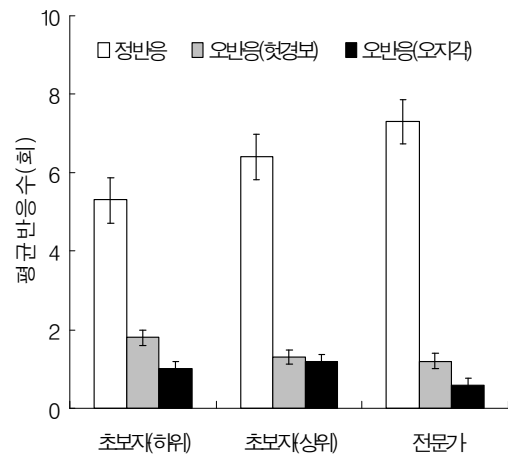


그림 5. 항해 전문성 따른 레이더 비교과제의 평균 반응 수(막대는 표준오차임).

해 전문성에 따른 차이는 관찰되지 않았다, 각각 $F(2, 27) = .75$, $MSe = 1.38$, $p = .48$, $F(2, 27) = .97$, $MSe = .96$, $p = .39$.

이러한 결과는 5초라는 제시 시간이 일반적인 실험심리학 실험의 자극간 간격으로는 상당히 길지만 레이더를 탐지하는 시간으로는 비교는 짧은 시간이므로 실험참가자들에게는 상당히 난이도가 높은 과제로 생각되었을 수 있다. 따라서, 두 개의 레이더 장면을 비교해보아 상대적으로 확실하지 않은 변화에 대해서는 상당히 조심스럽게 반응하여 전문가와 초보자 모두 오반응의 빈도는 상당히 낮았던 것으로 보인다.

항해상황 예측

상황인식의 마지막 단계는 환경속의 요소들에 대한 미래 상태를 예측해 보는 과정으로 상황에 대한 이해를 통해 획득되며, 가용한 심적 자원이나 지식이 불충분하면 상황인식의 최종 단계인 예측에 실패하게 된다. 본 과제

에서는 항해장면에 부합되는 레이더 장면에 대한 이해를 바탕으로 제시된 레이더 화면이 가까운 미래에 발생할 수 있는지 없는지를 예측하게 하였다. 극단값(outlier)을 제외하고 반응시간을 ANOVA로 분석한 결과, 초보자 하위 집단(M = 2259.15, SD = 702.45)과 초보자 상위 집단(M = 2592.47, SD = 885.13), 그리고 전문가(M = 2290.93, SD = 548.00) 집단 간에 차이가 없었다, $F(2, 27) = .64$, $MS_e = 525732.61$, $p = .53$. 그러나 반응시간은 동일했음에도 불구하고 그림 6에서 보듯이 정반응률에서는 차이가 있었는데, 초보자 하위 집단(M = 72.00, SD = 16.87)과 초보자 상위 집단(M = 80.00, SD = 15.63)보다 전문가(M = 89.00, SD = 9.94)의 정반응 수행이 더 우수하였다, $F(2, 27) = 5.35$, $MS_e = 1.87$, $p < .05$. 앞서 기술하였다시피 정반응은 발생 가능한 상황과 발생 가능하지 않은 상황에 대하여 정확하게 예측한 것이었고, 오반응은 발생 가능한 상황에 대해서 불가능한 상황이라고 하거

나 불가능한 상황에 대해서 가능하다고 잘못 응답하는 것이었다. 따라서 정반응과 오반응의 합은 항상 100%였다. 이러한 결과는 전문가일수록 지각한 정보에 대한 이해를 바탕으로 보다 정확하게 미래의 상황을 예측할 수 있는 것으로 판단되며, 예측 능력은 전문가의 가장 두드러진 특징 중 하나로 간주되고 있다.

논 의

선박의 여러 물리적 요소들에 대한 설계와 관련하여 제어, 역학, 통신 분야 등은 그 실용적 함의로 인해 지금까지 매우 활발하게 연구되어왔다. 그러나 실제로 선박을 제어하는 항해사들의 인적 요인들에 대해서는 매우 한정적으로 연구가 진행되어 왔다. 특히 대부분의 선박 사고가 많은 인명과 경제적 손실을 가져올 수 있는 대형 사고라는 점을 감안하면 항해사의 항해 수행 능력에 대한 인간공학적·심리학적 접근은 필수적인 것으로 판단된다.

본 연구는 상황인식의 각 단계별로 항해 전문성에 따라서 수행에 어떠한 차이가 있는지를 검증하고자 실시되었다. 본 실험에서 사용된 세 가지 과제(항해상황 재인과제, 레이더 비교 과제, 그리고 레이더 예측 과제)는 각각 상황인식의 세 수준인 지각, 이해 및 통합, 그리고 예측을 살펴보고자 설계되었다. 해사대학 학생은 초보자 집단에, 현직에 종사하고 있거나 승선 경험이 있는 항해사와 실습선 조교들은 전문가 집단에 할당되어 실험참가자내 조건으로 세 가지 실험을 모두 수행하였다.

본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 상황인식의 첫 번째 단계인 항해상황 재인과제에서 신호탐지론의 패러다임을 적용

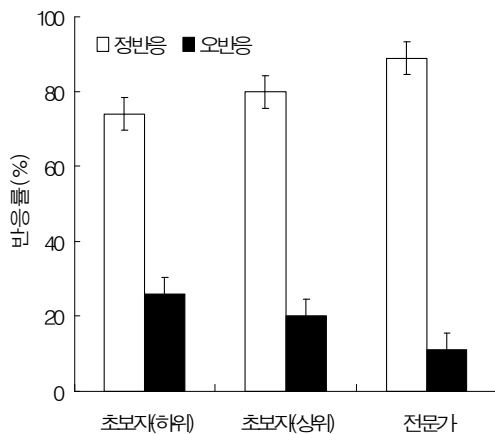


그림 6. 항해 전문성 따른 미래 상황 예측 과제의 반응률(막대는 표준오차임).

하여 분석한 결과, 전문가들이 초보자들보다 더 높은 민감도를 나타내었다. 이러한 결과는 전문가들이 초보자에 비해 더 정확하게 지각하여 재인한다는 것을 실험적으로 검증한 것이다. 둘째, 상황인식의 두 번째 단계인 이해 및 통합은 항해상황에 대한 레이더 비교 과제를 통하여 검증되었다. 전문가와 초보자의 수행을 비교한 결과, 헛경보와 오지각을 포함하는 오반응에서는 차이가 없었지만 정반응에서는 전문가들이 상대적으로 더 우수한 수행을 보였다. 이러한 결과는 초보자들에 비해 전문가들은 지각한 정보를 이해하고 이해한 정보를 통합함에 있어서 더 우수함을 시사한다. 마지막으로, 상황인식의 최종 단계인 예측은 항해상황에 대한 레이더 예측 과제를 통하여 살펴보았다. 이전에 제시된 레이더 장면에 대한 이해를 바탕으로 현재 제시된 레이더 장면이 가까운 미래에 발생할 수 있는지의 여부를 예측하게 한 결과, 예측하기까지의 반응시간은 전문가와 초보자 간에 차이가 없었다. 그러나 초보자들에 비해 전문가들은 현재의 상황에 대한 이해를 바탕으로 더 정확하게 미래에 발생할 상황을 예측하는 것으로 판명되었다.

본 연구를 통해 얻어진 결과는 항공기 조종이나 항공관제, 그리고 처리 제어와 같이 비교적 전문적인 오퍼레이터가 관련되는 영역에서 주로 강조되어온 상황인식의 중요성이 항해라고 하는 또 다른 영역으로까지 확대될 수 있음을 확인시켜 주었다. 또한 대형사고의 위험성과 경제적인 손실 등 실질적으로 인적 요인에 관한 측면이 강조되어야 함에도 불구하고 상대적으로 활발한 연구가 수행되지 못했던 항해 영역에서 전문가와 초보자의 수행을 상황인식의 각 단계별로 비교함으로써, 어떠

한 인적 요인들이 수행의 차이를 가져오게 하는지를 보다 체계적으로 살펴볼 수 있게 하였다.

이와 같은 결과들을 종합하여 궁극적으로는 항해 장면에서 초보자의 상황인식을 증진시킬 수 있는 훈련 프로그램을 계획하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 보인다. 현재 선박 조종 교육 프로그램의 내용을 살펴보면 주로 항해 규칙 습득, 항해 계획, 다양한 해상 환경 하에서의 선박 조종의 특성 이해, 충돌 방지를 위한 피항 및 선위의 확보, 항만 접근 및 접이안 조종 기술 등 주로 실질적인 항해 기술 훈련에만 초점이 맞추어져 있다. 현행 훈련 프로그램에서 항해사의 인적 요인은 긴급 상황에서의 인간 심리와 수행 측면만을 제한적으로 다루고 있는데 이러한 점을 고려해 볼 때, 본 연구의 결과는 보다 인적 요인을 강조한, 특히 항해사의 상황인식 증진에 초점을 맞춘 항해사 훈련 프로그램을 구성할 필요성이 있음을 시사한다.

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. (2006). Expertise and situation awareness. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, and R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp.377-378). New York: Cambridge University Press.
- Gescheider, G. A. (1985). *Psychophysics: Method, theory, and application*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Groctt, D. F. H. (1992). The 21st century navigation situation. *Journal of Navigation*, 45, 315-328.
- Jones, D. C., & Endsley, M. R. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 67, 507-512.
- 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.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Randel, J. M., & Pugh, H. L. (1996). Differences in expert and novice situation awareness in naturalistic decision making. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 579-597.
- 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.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shreshta, L. (1995). Situation awareness in team performance: Implications for measurement and training. *Human Factors*, 37, 123-136.
- Sanderson, P. M. (1989). The human planning and scheduling role in advanced manufacturing systems: An emerging human domain. *Human Factors*, 31, 635-666.
- Transportation Safety Board of Canada(2006). Marine investigation report(No M00M0106).
- 1차 원고접수 : 2007. 10. 10
2차 원고접수 : 2007. 11. 16
최종게재결정 : 2007. 11. 21

The Effect of Navigation Officer's Expertise on Situation Awareness

Bia Kim	Jin-Seok Oh	Sewon Lee	Jaesik Lee
Pusan National University	Korea Maritime University	Pusan National University	

This study aims to investigate the effect of navigation officer's expertise on their situation awareness(SA). For this purpose, the navigation officer's performance of (1) recognizing the previous navigation scenes, (2) comparing of two radar informations, and (3) projecting possible situations based on current context were compared among the officers whose expertise were different in terms of navigation career. The results indicated the experienced navigation officers showed higher recognition accuracy, more sensitive in discriminating the difference between two radar informations, and more correct prediction of future situation than less experienced navigation officers. This study implicated that navigation expertise gained by navigation experience is an important factor in SA of navigation officers who perform multiple and complex tasks involving ship control.

Key words : Officer's situation awareness, Levels of situation awareness, Voyage expertise