Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 4 pp.17-24, November 2007

항공관제 상황인식에서 전문가와 초보자의 시선추적 및 프로토콜 분석

현석훈 · 이경수 · 김경태 · 손영우

연세대학교 심리학과

Eye-Tracking and Protocol Analyses of Expert and Novice Situation Awareness in Air Traffic Control

Suk Hoon Hyun, Kyung Soo Lee, Kyeongtae Kim, Young Woo Sohn

Department of Psychology, Yonsei University, Seoul, 120-746

ABSTRACT

Analyses of eye tracking and think-aloud protocol data were performed to examine novice-expert differences in perceptual and cognitive aspects of air traffic controllers' situation awareness. In Experiment 1, three groups of field air traffic controllers (experts, intermediates, novices) were asked to perceive situations that were manipulated by situation complexity. In Experiment 2, protocol analysis for previous situation awareness tasks was performed to extract different task models and strategy models as a function of expertise. Then delayed-recall task and interviews about air control plans for the recalled situations were also executed. Results showed that expert controllers concentrate only on several critical features and have their own strategies to reduce mental workloads.

Keyword: Expert performance, Situation awareness, Situation complexity, Air traffic control

1. 서 론

항공기 관제는 항공기가 안전하게 운항할 수 있도록 지원하는 것을 최우선 목표로 설정하고 있다. 관제사가 역동적인 상황을 정확하게 진단하고, 위험한 상황으로 발전하기 전에 상황에 적합한 의사결정을 내리는 것이 안전하게 항공기를 관제하는 핵심이라고 할 수 있다.

최근에는 항공 교통량이 급격히 증가하면서 항공기 관제 체제에 첨단 관제 장비가 도입되고 있기 때문에 새로운 관제 환경에 적합한 정보 처리 과정이 등장하고 있다. 과거 레이더가 없는 관제 환경에서는 관제사의 작업기억이 관제의 중요한 요인이었지만, 항공기 정보가 레이더에 표시되고 위험한 상황이 발생하기 전에 경고하는 현대 관제체제에서는 작업기억보다는 상황인식 및 문제해결 전략의 비중이 중요시된다. 다시 말하면, 현재와 같은 작업 환경이 요구하는 과업의 특성은 정보를 일일이 기억하고 이를 기반으로 과업을 수행하기 보다는 시시각각 변화하는 정보를 효과적으로 모니터링하고 빠르게 최적의 의사결정을 요구하는 것이라고 볼 수 있다. 이렇듯 정보를 기억해야 할 부담은 자동화된 시스템이 많은 부분 분담하고 있으며 상황인식과 의사결정 까지도 많은 부분 자동화된 시스템이 담당하고 있지만, 자동화된 시스템에서도 사람은 여전히 핵심 정보 처리 단위로써 그 역할이 더욱 강조되고 있으며, 항공 산업의 양적 팽창으로 인하여 보다 많은 항공기들을 관리해야 하는 부담이 늘어나고 있다.

교신저자: 손영우
주 소: 120-746 서울시 서대문구 신촌동 134번지, 전화: 02-2123-4049, E-mail: ysohn@yonsei.ac.kr

현재와 같은 수행 환경에서 항공기 관제의 수행 성패를 결정하는 핵심적인 요인 중의 하나는 '상황인식'이라고 할 수 있다(Durso & Ground, 1999; Endsley, 1995). 상황인식이란 변화하는 상황에 대한 이해를 의미하는데 이러한 이해에는 현재의 상태에 대한 이해와 미래의 상황에 대한 예측이 포함된다(그림 1 참조). 따라서 올바른 상황인식을 가졌다는 것은 조작자가 현 상황에서의 자신의 위치를 이해하고, 시간의 흐름에 따른 상황 변화를 잘 따라가고 있으며, 다음에 따라올 상황을 예측하고, 현 상황이 조작자의 목표와 어떤 관련이 있는지를 이해하는 것이라 할 수 있다(Durso et al., 1999).

위에서 언급한 상황인식의 정의에서 나타난 인간은 수동적으로 상황인식에 필요한 정보들을 받아들이는 것처럼 보일 수 있지만 사실 인간들은 수동적으로 정보를 받아들이기보다는 현재의 상황인식 수준에 따라 필요한 정보를 적극적으로 찾아가기도 한다. 따라서 조작자의 상황인식은 어디에서 어떤 정보를 어떤 방식으로 찾을지에 영향을 미칠 수 있으며, 올바른 상황인식은 전문가 수준의 관제사가 어떤 정보를 어떻게 처리하는지, 그리고 어떤 문제해결 전략을 구사하는지를 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

본 연구를 위한 선행 조사 과정을 통해 관제 업무를 수행함에 있어 경력과 전문성의 차이에 따라 동시에 관제할 수 있는 항공기의 대수가 차이가 난다는 것을 알 수 있었다. 이는 전문가와 초보자 사이에 상황인식의 수준에서 차이가 난다는 것을 의미한다고 볼 수 있을 것이다. 다시 말해, 관제 업무 경력이 많아 질수록 많은 항공기의 움직임과 정보를 동시에 모니터링 할 수 있으며, 제한된 상황에서도 보다 효과적으로 의사결정을 함으로써 더 뛰어난 관제 업무 수행 능력을 보인다고 할 수 있을 것이다.

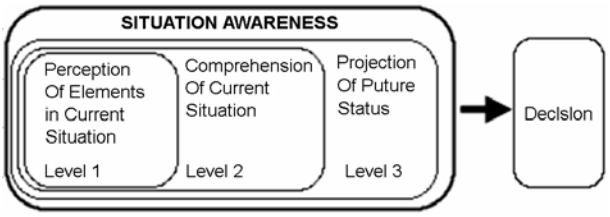

그림 1. 상황인식의 세 가지 수준(Endsley, 1995)

이러한 전문성에 따른 관제사의 수행 능력 차이가 어떠한 이유에서 비롯 되는지를 알아보기 위해서는 전문 관제사의 수행 패턴을 연구하고, 이들의 수행 패턴을 보다 경력이 적은 초보 관제사의 수행 패턴과 비교분석하는 작업이 필요할 것이다. 따라서 본 연구에서는 관제 업무의 난이도에 따라 전문가와 초보자 관제사가 상황인식을 형성하게 되는 과정에서 나타나는 지각적, 인지적, 초인지적 과정의 차이와 전문성의 효과를 규명하는 것을 목적으로 한다.

본 연구를 위하여 사용된 방법은 크게 시선추적과 프로토콜 분석으로써, 지각 측면을 연구하는 목적을 가진 실험 1에서는 시선추적을, 인지 및 초인지 측면의 연구를 위한 실험 2에서는 프로토콜 분석을 수행하였다. 이를 위하여 실험 참가자에게 사진으로 된 레이더 스크린을 자극으로 제시하였으며, 이를 바탕으로 상황인식과 관제 계획을 수립하는 과제를 부여하였다. 상황인식 과정의 안구 움직임은 시선추적 장치로 기록하였으며 참가자의 음성은 프로토콜 분석을 위하여 비디오와 보이스 레코더로 기록을 하였다.

2. 실 험 1

관제사는 관제 업무를 수행하기 위한 대부분의 정보를 시각을 통하여 획득한다. 그러므로 관제사의 시선 움직임은 관제사의 전문성을 지각 측면에서 연구하기 위한 좋은 자료가 될 수 있다. Glenstrup(1995)은 시선추적 자료 분석 결과 참가자의 경력과 시나리오의 상황에 따라 시선 유형의 차이가 나타남을 발견하였고, 이전의 많은 연구에 의하면 시선이 인지 및 초인지 활동에 의해 영향을 받는 것으로 보인다(Groner & Groner, 1982; Inditsky & Bodmann, 1980; Krendel & Wodinsky, 1960; Senders, 1966; Weir & Klein, 1970; Wewerinke, 1981). 따라서 시선추적 자료는 전문가의 지각적 특성뿐 아니라 인지적, 초인지적 특성을 파악하는 데에도 도움을 줄 것으로 예상된다.

실험 1에서는 전문성 수준과 항공기 입항 유형의 복잡성 수준에 따라 관제사가 어떻게 정보를 처리하는지 그 특징을 규명하기 위해서, 전문성과 항공기 관제 난이도의 함수로서 3(관제사의 전문성) × 2(과제 난이도) 설계를 채택하였다. 관제사의 전문성은 경력 수준에 따라 전문가, 보통 수준 및 초보자의 세 집단으로 구분하였고 관제 업무 난이도는 항공기 입항 유형이 단순한 상황과 복잡한 상황, 두 가지로 구분하였다.

2.1 연구 방법

2.1.1 실험 참가자

서울 접근 관제소에서 근무하는 현직 관제사 17명이 실험에 참가하였다. 관제사는 전문성 수준을 고려하여 전문가 집단, 중간 집단 그리고 초보자 집단으로 구분하였다. 전문가 집단은 평균 관제 경력 13년 이상인 4명의 남자 관제사로 구성되었다. 중간 집단은 평균 관제 경력 5.1년 이상인 관제

사 8명(여자: 3명, 남: 5명)으로 구성되었다. 초보자 집단은 평균 관제 경력 1년 미만인 관제사 5명(여자: 1명, 남자: 4명)으로 구성되었다.

2.1.2 실험 도구 및 절차

실험 자극으로는 관제 레이더 화면을 촬영한 사진을 제시하였는데, 관제 업무의 난이도를 단순한 상황에서부터 복잡한 상황까지 총 네 종류로 구성하였다. 단순한 관제 상황은 일본으로부터 한반도 남동쪽 항로를 통과하여 인천공항으로 접근하는 상황으로 구성하였고, 복잡한 상황으로는 항공기가 한반도 남서쪽, 남동쪽 그리고 서쪽 항로를 통하여 동시에 인천공항으로 접근하는 상황으로 설정하였다. 입항 패턴의 복잡성 외에도 관제 업무 수행에 있어 영향을 미칠 수 있는 주요한 요소로써, 관제 대상 항공기의 규모를 조절하였는데, 적은 수량의 항공기를 관제하는 경우는 관제중인 접근 항적이 10대 미만으로써, 8대에서 9대의 항공기를 관제하는 상황이며 많은 수량의 항공기를 관제하는 경우는 14대에서 16대의 항공기를 관제하는 상황으로 시나리오를 구성하였다. 패턴의 복잡성(복잡, 단순)과 관제 대상 항공기 규모(적음, 많음)의 조합에 따라 관제사들은 네 종류 관제 상황을 보고 관제 계획을 수립하였다.

실험은 준비단계와 실행단계로 나누어 진행되었다. 준비단계에서는 실험에 참가한 관제사들이 시선을 추적하는 장비(일본 TAKEI사, TALKEYE2)를 착용하고 시선추적 장비가 작동할 수 있도록 캘리브레이션을 하였다. 실행단계에서는 실험 자극으로 제시된 항공기 관제 화면을 30초 동안 관찰하였다. 정확히 30초 후에 자극을 제거하였기 때문에 실험에 참가한 관제사들은 오직 30초 동안만 자극을 관찰할 수 있었으며, 실험에 사용한 네 가지 자극이 동일한 방식으로 제시했다.

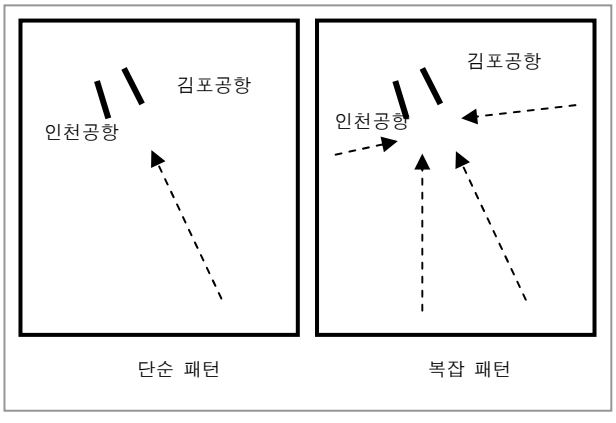

그림 2. 입항 패턴의 복잡성

2.2 연구 결과

관제사 시선을 주시 회수와 주시 시간, 주시 간 거리 등 주시(Fixation)를 위주로 전문성과의 상호작용을 살펴보기 위해 two-way ANOVA를 실시하여 분석하였다.

2.2.1 주시 회수

관제사 전문성이나 항공기 입항의 복잡성이 주시 회수에 미치는 주효과는 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 그림 3에 나타난 바와 같이, 주시 회수에 대하여 전문성 수준과 항공기 입항 복잡성 사이에 상호작용 효과[$F(2,14)=3.773$, $p<.05$, $\eta^2=.350$]를 확인할 수 있다. 전문성이 높은 집단에서는 항공기 입항이 복잡한 상황에서 주시 회수가 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 이와 반대로 전문성이 떨어지는 초보자 집단에서는 항공기 입항이 복잡한 경우에 주시 회수가 훨씬 많은 것으로 나타났다.

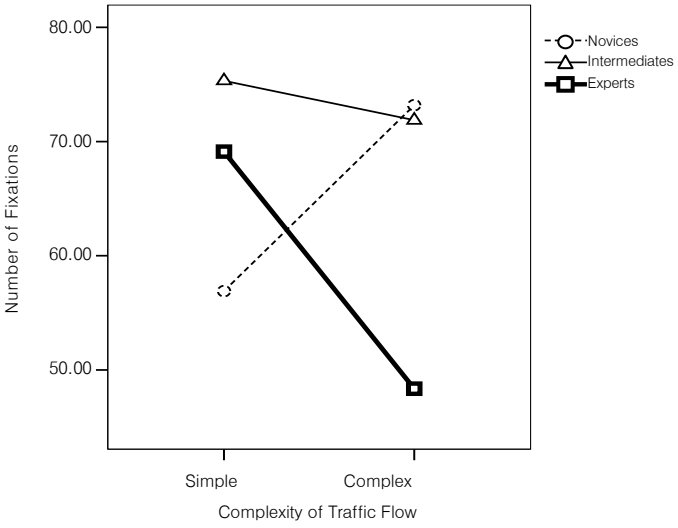

그림 3. 항공기 입한 복잡성에 따른 전문가, 중간 집단 및 초보자 집단 평균 주시 회수

2.2.2 주시 시간

관제사가 각각의 주시에 얼마나 많은 시간을 할애하고 있는지 확인하기 위해 개별 주시 시간을 분석하였다. 평균 주시 시간이 길다는 것은 하나의 대상에 오랜 시간 주의를 기울이며 상황을 분석한다는 것을 의미한다고 해석할 수 있다.

항공기 관제 업무 난이도나 관제 경력에 따른 주시 시간에 대한 주효과는 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 관제 경력에 따라 입항 패턴의 복잡성의 주시 시간에 대한 효과가 달라지는 상호작용을 확인할 수 있었다 [$F(2.14)=6.328$, $p<.05$, $\eta^2=.475$]. 그림 4에 나타난 바와 같이, 전문

성이 높은 집단은, 다른 두 집단과 비교할 때, 항공기 입항 경로가 복잡해질수록 개별 주시에 더욱 많은 시간을 할애하는 것으로 나타났다.

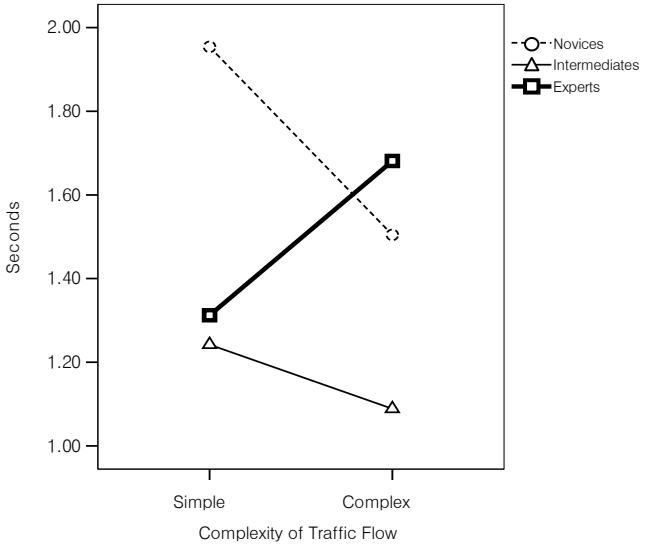

그림 4. 항공기 입항 유형과 경력에 따른 개별 주시 당 평균 주시 시간

2.2.3 주시 대상 간 평균 도약 거리

관제사는 레이더에 표시된 항공기를 주시하고 정보를 처리한 다음 다른 항공기 표시로 이동한다. 이 때 관제사가 주시하는 두 항공기의 거리가 길다는 것은, 상황인식에서 시선의 움직임 폭이 넓다는 것을 의미한다.

분석 결과 주시 대상 간 평균 거리는 전문성 수준에 따라 .05의 유의 수준에서 통계적으로 유의미하진 않지만 어느 정도 차이가 있는 것으로 밝혀졌다[$F(2,14)=3.452$, $p=.06$, $\eta^2=.330$].

그러나 입항 경로의 복잡성에 따른 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 또한, 주시 대상 간 평균 도약 거리에서 관제 업무 난이도와 전문성 사이에 유의미한 상호작용 효과가 나타났다[$F(2,14)=7.148$, $p<.05$, $\eta^2=.505$]. 아래 그림 5에서 확인할 수 있는 바와 같이, 전문가 집단은 입항 경로가 복잡할 때 주시 대상 간 평균 거리가 증가하는 것으로 나타났다.

실험 결과, 전문가 집단은 입항 항로 유형의 복잡성에 따라 상이한 지각 유형을 보여주었다. 다시 말해서 입항 항로 유형이 복잡한 경우, 즉, 잠재적 위험요인이 높은 상황에서는 전문성이 높은 관제사 집단이 다른 두 집단보다 주시 대상 개수가 크게 줄어들고, 동시에 개별 주시 대상 별 주시 시간과 주시 대상 간 평균 거리는 길어지는 경향을 보이고 있다.

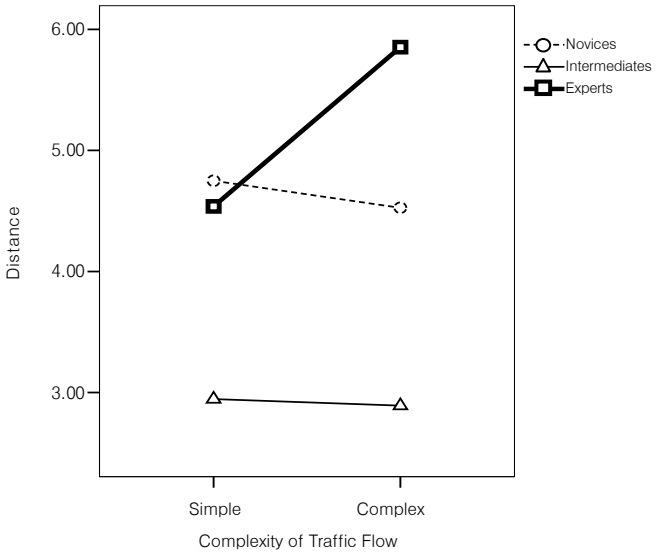

그림 5. 항공기 입항 유형과 경력에 따른 주시 대상 간 평균 거리

실험 후 연구자는 실험에 참가한 관제사와 사후 면담을 실시하였다. 전문가 집단은 항공기 입항 유형이 복잡하여 항공기 이동 간 수렴지점이 많아지고 잠재적 충돌 위험이 높아지는 상황에서, 선택적 주의를 사용하여 잠재적 위험이 높은 특정 대상에 인지적 활동을 집중하는 경향을 보이고 있었다.

3. 실 험 2

실험 2에서는 실험에 참여한 관제사들의 상황인식을 언어적으로 분석하여 인지 및 초인지 측면의 전문성을 분석하였다. 프로토콜 분석은 피실험자들이 생성한 상황인식을 Redding의 관제사 인지모형(Redding et al., 1993), 발성사고(Think Aloud), 회상 및 사후 인터뷰를 통하여 분석하였다.

3.1 연구 방법

3.1.1 실험 참가자

실험 1에 참가한 관제사들이 동일하게 실험 2에 참가하였으며, 전문성 수준을 고려하여 실험 1과 동일하게 전문가, 중간 수준 및 초보 관제사 집단으로 구분했다.

3.1.2 실험 도구 및 절차

실험 1을 진행하는 동안에 실험 참가자들이 발성사고(Think Aloud)를 하도록 하였다. 연구자는 이 내용을 녹음기에 기록하였다. 실험 1에서 설명한 대로 30초가 경과한

후 연구자는 실험 자극을 제거하였고, 실험 참가자는 30초 동안 임의의 숫자를 3씩 줄여서 세는 과제를 수행함으로써 작업기억에 저장된 정보를 제거하였다. 30초가 지난 후에 실험 참가자는 항로가 표시된 빈 종이에 상황인식 과제에 제시된 상황을 기록하도록 하는 회상과제를 실시하였다. 마지막으로 회상과제가 완료된 후 참가자는 다음과 같은 내용의 인터뷰를 하였다. 첫째, 우선적으로 처리해야 하는 사항은 무엇인가, 둘째, 문제해결 전략은 무엇인가, 셋째, 문제해결 전략을 선정한 근거는 무엇인가?

3.1.3 분석 방법

분석을 위해서 녹음기에 기록된 실험 참가자의 프로토콜을 문장 단위로 정리하고, 문장에서 언급된 요소를 Redding (1993)의 관제사 인지모형과 Seamster(1993) 모형을 토대로 분류하였다. Redding과 Seamster의 모형은 정신모형(Mental Model), 업무무형(Task Model) 그리고 문제해결 모형(Strategy Model)으로 구분된다. 정신모형은 상황인식을 유지하는 틀이 되며, 업무모형은 다수의 관제 절차 지식으로 구성되어 있고, 전략모형은 전문가의 직관에 의한 문제해결 전략이나 계획 수립, 모니터링 및 작업부하 관리 전략으로 구성된다.

Redding의 관제사 인지모형이나 Seamster의 모형은 이미 다른 나라 관제사 연구에서 확인되었다. 하지만 이 모형을 우리나라 전문 관제사 2명을 대상으로 검증한 결과, 심상모형과 전략모형은 활용이 가능한 것으로 판단되었지만 과업모형은 적절하지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 실험에 참가한 17명의 관제사 프로토콜의 내용을 분석하여 새로운 과업모형을 만들었다.

회상과제는 실험 참가자가 기록한 항공기 정보를 원본 자료와 비교하여, 실험 참가자가 회상한 항공기 위치가 원본의 위치와 5NM 이내로 차이가 나는 경우에는 정확하게 회상한 것으로 간주하여 1점을 부여하고, 5~10NM 차이가 나는 경우에는 50% 회상으로 간주하여 0.5점을 부여하고, 10NM 이상 벗어나는 경우에는 회상하지 못한 것으로 간주하여 0점을 부여하였다. 그리고 항공기 위치 이외에 추가로 항공기 정보를 기록한 경우에는 0.5점을 부여하였고, 이 점수를 전체 100점 환산 점수로 변환했다.

3.2 연구 결과

실험 참가자의 프로토콜 결과를 ANOVA를 실시하여 분석하였다.

3.2.1 심상모형 분석 결과

관제 구역 내 항공기 진입 상황 보고, 잠재적 충돌 위험 보고, 진행 중인 상황 보고 및 다른 관제사의 요청에 대한 언급 횟수가 전체 프로토콜에서 차지하는 비중을 분석한 결과, 항공기 입항 유형의 복잡성에 따라 관제사가 보고하는 비율이 유의미한 차이를 나타내고 있었다[$F(1,14)=16.168$, $p<0.01$, $\eta^2=.536$]. 항공기 입항 유형이 복잡한 경우, 실험 참가자들은 개별 항공기 정보(호출부호, 고도 및 방향 등)보다는 충돌 위험, 진행 중인 상황 등을 언급하는 비율이 높은 것으로 밝혀졌다. 그러나 항공기 관제 상의 문제점 언급 비율에서 전문성 수준에 따른 유의미한 차이는 발견되지 않았다.

개별 항공기 정보에 대한 프로토콜 비율은 입항 유형의 복잡성 수준에 따라 유의미한 차이를 확인할 수 있었다[$F(1,14)=15.760$, $p<0.01$, $\eta^2=.530$]. 입항 유형이 복잡해질수록 항공기 정보 단위의 프로토콜 비율은 감소하는 것으로 밝혀졌다.

다른 두 집단과 비교할 때, 중간 집단에서는 관제 요소 보고 비율이 낮은 것으로 나타났다. 관제 요소는 공역 내 상황이나 교통량 또는 복잡성 등을 언급하는 것인데, 관제 경력에 따라 유의미한 차이가 나타나는 것으로 나타났다[$F(2,14)=5.586$, $p<.05$, $\eta^2=.444$] 그러나 입항 유형 복잡성에 따른 차이나 전문성 수준과 입항 유형 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

3.2.2 전략모형 분석 결과

실험 참가자 프로토콜을 분석한 결과에 의하면, 계획 수립과 모니터링 전략에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

그러나 아래 그림 6에서 확인할 수 있는 바와 같이 작업부하 관리 전략에서 전문성 수준에 따라 유의미한 차이가 나타났다[$F(2,14)=5.988$, $p<.05$, $\eta^2=.461$]. 전문성이 높은 집단에서는 입항 유형 여부와 관계없이 작업부하 관리전

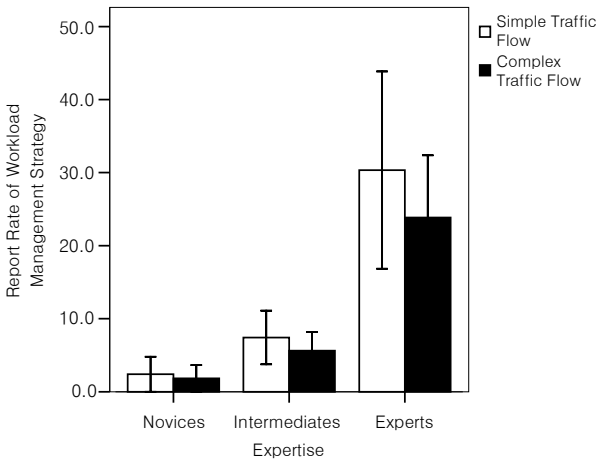

그림 6. 전문성 수준에 따른 작업부하 관리 전략 보고 비율

략을 많이 보고하는 것으로 나타났다. 이 결과는 Seamster 등(1993)의 연구 결과와도 일치한다.

3.2.3 과업모형 분석 결과

과업에 관한 언급 비율을 분석한 결과, 전문성 수준에 따른 유의미한 차이가 나타났다[$F(2,14)=4.1404$, $p<.05$, $\eta^2=.370$]. 그림 7에 나타난 바와 같이, 중간 집단이 다른 집단에 비해 과업에 대해 언급을 많이 하는 것으로 나타났다. 초보자 집단과 전문가 집단이 전체 공역 상황이나 개별 항공기 정보를 중심으로 상황을 인식하는 반면, 중간 집단은 제한된 시간 내에서 상황인식과 수행 과업을 동시에 모색하는 것으로 나타났다.

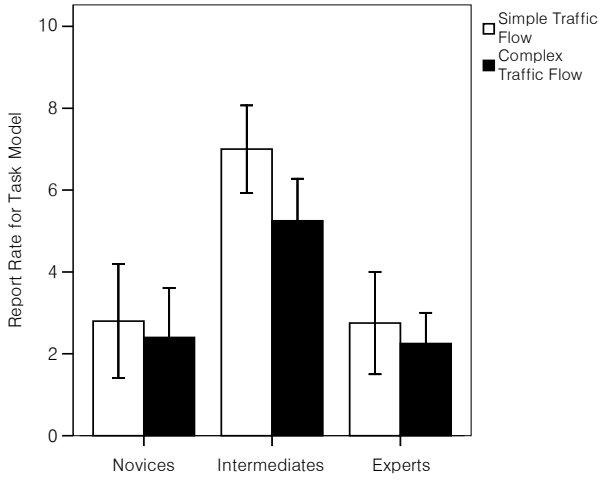

그림 7. 전문성 수준 별 상황인식에서 과업 보고 비율

3.2.4 회상과제 수행 분석 결과

회상과제 수행 수준을 분석한 결과, 전문성 수준 주효과는 통계적으로 유의미하지 않았지만, 입항 유형 복잡성 주효과는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다[$F(1,14)=9.944$, $p<.05$, $\eta^2=.415$].

그림 8에 나타난 바와 같이, 입항 유형이 단순할 때보다는 복잡할 때, 회상과제를 더욱 잘 수행하는 것으로 나타났다. 항공기 입항 유형이 단순한 경우, 관제사는 주로 항공기가 안전하게 분리되어 있는지를 관찰하는 것이 주 목적이기 때문에 항공기 위치 정보를 회상하는 것이 어렵다. 그러나 항공기 입항 유형이 복잡하고 잠재적 위험이 증가하면, 관제사는 관제 상황인식과 더불어 문제해결 전략을 심층적으로 구상하기 때문에 항공기 위치를 포함하는 정보를 잘 기억하는 것으로 이해할 수 있다.

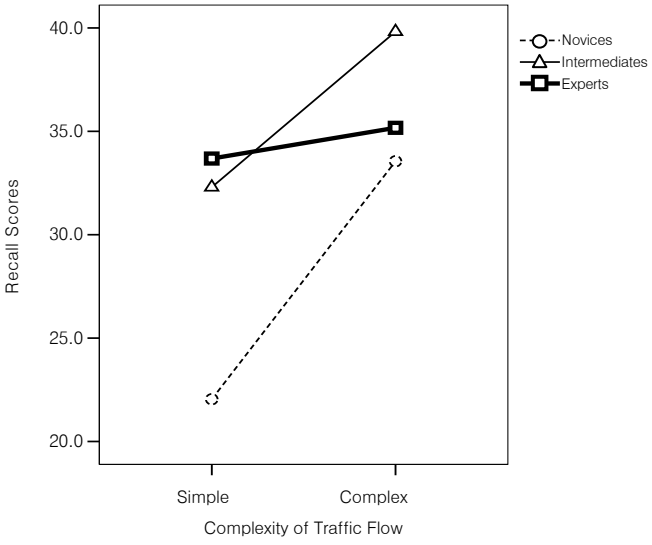

그림 8. 입항 유형 복잡성 별 회상 과제 수행 평균 점수

4. 결론 및 논의

관제사 시선추적 및 프로토콜 분석을 통하여 관제 전문성 수준과 항공기 입항 유형의 복잡성이 정보 처리 유형이나 전략에 어떤 영향을 미치는지 규명하고자 하였다. 지금까지의 연구 결과를 토대로 다음의 결론에 도달했다.

첫째, 전문성은 상황 지각 유형에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 초보자 집단은 항공기 입항 유형이 복잡해지면 주시 대상 개수가 증가하고 주시 시간이 짧아진다. 즉, 짧은 시간에 많은 항공기에 주의를 기울이고, 개별 항공기 중심으로 상황을 인식하는 것으로 나타났다. 중간 집단에서는 입항 유형의 복잡성이 지각 유형에 영향을 주지 못했다. 이들은 항공기 입항 유형과 무관하게 항상 일정한 지각 및 인지적 정보 처리 과정을 사용하고 있었다. 전문가 집단은 항공기 입항 유형이 복잡해지면 주시 대상 개수를 줄이는 대신 각 주시 대상의 주시 시간을 늘렸다.

둘째, 실험 결과와 사후 인터뷰를 종합하면, 전문성은 항공 입항 유형에 따라 상황인식이나 문제해결 전략을 선정하는 인지적 또는 초인지적 과정에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 중간 집단의 상황인식이나 문제해결 전략은 항공기 입항 유형에 의해 영향을 받지 않았다. 중간 집단에서는 항공기 입항 유형의 복잡성과 관계없이 교통량이나 관제의 복잡성과 같은 관제 요소에 관한 언급은 적은 반면 과업에 대한 언급이 많았고, 개별 항공기 정보를 중심으로 상황을 인식하는 것으로 나타났다. 그러나 전문가 집단에서는 항공기 입항 유형과 관계 없이 작업부하 관리 전략에 대한

언급이 많았고, 항공기 입항 유형이 복잡해지면, 상대적으로 충돌 위험이 적은 주변 관제 공역보다는 항공기 충돌과 같은 잠재적 위험이 증가하는 항공기 수렴지점을 중심으로 정보를 처리하는 것으로 나타났다. 다시 말하면, 전문가는 선택적 주의를 통해서 상대적으로 잠재적 위험이 높은 지역에 인지적 자원을 집중하여 사용하는 작업부하 관리 전략을 구사하고 있었다.

본 연구에서 전문가들이 사용하는 것으로 나타난 선택적 주의는 지적 자원 활용의 효율성 차원으로 이해할 수 있다. 인간은 제한된 용량의 작업기억을 가지고 있으며(Miller, 1956), 제한된 상황이나 높은 작업부하가 걸려 있는 상황에서 보다 효율적으로 상황을 인식하고 의사결정을 하기 위해서는 이러한 지적 자원의 효율적 활용이 필수 적이라 할 수 있다(Finkelman & Kirschner, 1980; Kirchner & Laurig, 1971; Wickens, 1992). 다시 말해 지적 자원을 효율적으로 활용할 수 있다면 보다 많은 량의 정보를 보다 효과적으로 처리할 수 있다는 것인데, 전문가 집단의 경우 의도적으로 선택적 주의를 사용하여 정보 처리가 필요한 요소에만 지적 자원을 할당하고 그렇지 않은 부분은 과감히 무시를 함으로써, 제한된 지적 능력에도 불구하고 초급, 중급 관제사 보다 더욱 많은 항공기를 동시에 관제할 수 있는 것으로 보인다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, 실제 관제 환경과 유사한 역동적인 관제 환경을 자극으로 제시하지 못했다는 점과 둘째, 관제사의 전문성을 오직 경력의 차원에서만 분류하였다는 점이다.

위에서 언급했듯이 본 연구에서는 실험 상황의 한계로 인하여 역동적인 관제 상황에서 실험을 진행하지 못하고, 관제 훈련의 한 단면을 실험 자극으로 제시하였지만 관제사 전문성의 역할을 보다 정확하게 이해하기 위해서는 관제 환경과 유사한 역동적인 환경에서 실험을 진행하는 것이 바람직할 것이다. 또한 본 연구에서는 관제사의 전문성을 오직 관제 경력의 차원에서 분류하였는데 관제 전문성은 경력 요인과 더불어 과거 및 현재 관제 능력 등 다양한 차원을 통하여 평가해야 할 것이다.

참고 문헌

Durso, F. T. & Ground, S. D., Situation Awareness. F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumis, M. Chi & S. Lindsay(Eds.), *The Handbook of Applied Cognition*. New York: Willey, 1999.

Durso, F. T., Hackworth, C. A., Truitt, T. R., Crutchfield, J., & Nikolic, D., *Situation awareness as a predictor of performance in en route air traffic controllers*. Technical report, DOT/FAA/AM-99/3. Federal Aviation Administration, 1999.

Endsley, M. R., Toward a Theory of Situation Awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 65-84, 1995.

Finkelman, J. M. & Kirschner, C., An Information Processing Interpretation of Air Traffic Control Stress. *Human Factors*, 22, 561-567, 1980.

Glenstrup, A. J., *Eye controlled media: present and future state*. Unpublished Bachelor, University of Copenhagen, Denmark, 1995.

Groner, R. & Groner M. T., Towards a hypothetico-deductive theory of cognitive activity. In R. Groner & P. Fraisse (Eds.) *Cognition and eye movements*. Amsterdam: Elsevier-North Holland, 1982.

Inditsky, B. & Bodmann, H. W., Quantitative models of visual search. *In Proceedings of the 19th symposium of CIE*. (pp. 197-201). Paris: Commission Internationale de l'Eclairage, 1980.

Kirchner, J. H. & Laurig, W., The human operator in air traffic control systems. *Ergonomics*, 14(5), 549-556, 1971.

Krendel, E. S. & Wodinsky, J., Search in an unstructured visual field. *Journal of the Optical Society of America*, 50, 562-568, 1960.

Miller, G. A., The magical number seven plus or minus two: Some limitations on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97, 1956.

Redding, R. E. & Seamster, T. L., Cognitive task analysis in air traffic controller and aviation crew mining. In N. Johnston, N. McDonald, & R Fuller (Eds.)., *Aviation psychology in practice*. London: Ashgate, 1993.

Seamster, T. L., Redding, R. E., Cannon, J. R., Ryder, J. M., & Purcell, J. A., Cognitive Task Analysis of Expertise in Air Traffic Control. The *International Journal of Aviation Psychology*, 3(4), 257-283, 1993.

Senders, J. W., A reanalysis of the pilot eye-movement data. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, 7, 103-106, 1966.

Weir, P. H. & Klein, R. H., *Measurement and analysis of pilot scanning and control behavior during simulated instrument approaches* (NASA Contractors Report 1535). Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center, June 1970.

Wewerinke, P. H., A model of the human observer and decision maker. *Proceedings of the Annual Conference on Manual Control, 17*, 557-570. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory Publications, 1981.

Wickens, C. D. Virtual Reality and Education. In *Proceedings of the 1992 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 1, 842-847.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 현 석 훈 ❖ seokhoon.hyun@gmail.com
연세대학교 인지과학협동과정 석사
관심분야: aviation psychology

❖ 이 경 수 ❖ klee@yonsei.ac.kr
연세대학교 심리학과 석사
현 재: 연세대학교 심리학과 박사과정
관심분야: expertise, situation awareness

❖ 김 경 태 ❖ adelaide@hanafos.com
연세대학교 교육학과 석사
현 재: 연세대학교 심리학과 박사과정
관심분야: 위험관리, 조종사 선발 및 훈련

❖ 손 영 우 ❖ ysohn@yonsei.ac.kr
일리노이 대학교 심리학 박사
현 재: 연세대학교 심리학과 부교수
관심분야: expertise, safety and human error

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 09월 17일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 10월 18일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 10월 22일