

시선추적과 프로토콜 분석을 통한 전문가 수행특성 연구

A Study on Expertise Thru Eye Tracking Analysis and Protocol Analysis - A Case Study of Air Traffic Controllers -

현석훈*, 김경대, 권혁진, 박수애, 손영우, 하성영(연세대학교)

1. 서론

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 관제체제에 첨단 관제 장비가 도입되고 있기 때문에 새로운 관제 환경에 적합한 정보 처리 과정이 등장하고 있다. 과거 레이더가 없는 관제 환경에서는 관제사가 중요한 요인이었지만, 항공기 정보가 레이더에 표시되고 위험한 상황을 사전에 경고해 주는 현대 관제체제에서는 상황인식 및 문제 해결 전략의 비중이 증가하는 추세이다.

본 연구에서는 관제업무의 난이도에 따라 관제사가 상황인식을 형성하는 인지적 과정과 전문성의 관계를 규명 하는 것을 목적으로 한다. 연구자는 '전문성에 따른 관제사의 인지적 과정의 차이'를 규명하기 위해서, 관제 전문가와 초보 관제사의 시각 주의 및 상황인식의 차이를 규명하기 위해서 시선 추적, 발성화법(Think-Aloud) 그리고 프로토콜 분석을 실시하였다.

2. 실험 1

연구자는 '전문성과 항공기 관제 난이도의 함수'로서, 관제사 전문성 수준과 항공기 입항 유형의 복잡성 수준에 따라 관제사가 어떻게 정보를 처리하는지를 규명하는 것을 목적으로 한다.

연구 방법

실험 참가자 현직 관제사 17명이 실험에 참가하였다. 관제사는 전문성 수준을 고려하여 전문가 집단, 중간 집단 그리고 초보자 집단으로 구

분하였다. 전문가 집단은 평균 관제 경력 13년 이상인 4명의 남자 관제사로 구성되었다. 중간 집단은 평균 관제 경력 5.1년 이상인 관제사 8명(여자: 3명, 남: 5명)으로 구성되었다. 초보자 집단은 평균 관제 경력 1년 미만인 관제사 5명(여자: 1명, 남자: 4명)으로 구성되었다.

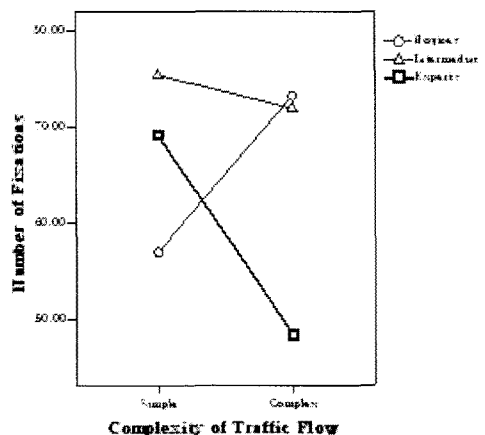
실험 도구 및 절차

실험은 준비단계 및 실행단계로 나누어 진행하였다. 실험에 참가한 관제사는 준비단계에서 시선을 추적하는 장비를 착용하고 시선추적 장비가 작동할 수 있도록 준비한 후, 실험 자극으로 제시된 항공기 관제 화면을 30 초 동안 관찰하였다. 관제 업무 난이도는 단순한 상황에서부터 복잡한 상황까지 총 네 종류로 구성하였다.

결과 및 논의

주시 회수

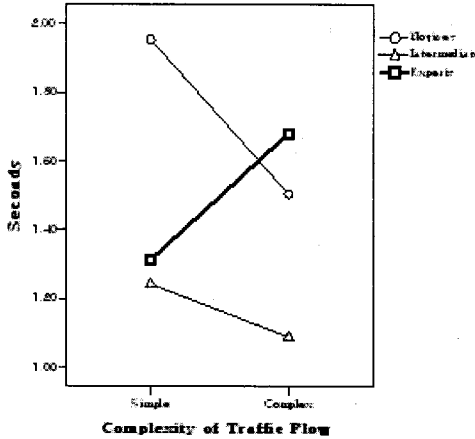
전문성 수준과 항공기 입항 복잡성 사이에 상호작용 효과[F(2,14) = 3.773, p < .05, n2 = .350]가 나타났다.



[그림 1] 항공기 입항 복잡성 수준별 전문가, 중간 및 초보자 집단 평균 주시 횟수

주시 시간

입항 패턴의 복잡성과 관제 경력에 따른 상호작용 효과가 나타났다[$F(2,14) = 6.328, p < .05, \eta^2 = .475$].



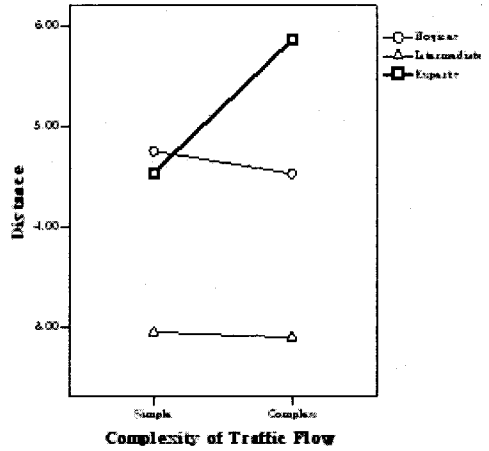
[그림 2] 항공기 입항 유형과 경력에 따른 개별 주시시간의 상호작용

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

주시 대상 간 평균 도약 거리

주시 대상 간 평균 거리는 업무의 복잡성에서는 유의미한 효과가 나타나지 않았지만, 전문성 수준에 따라 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다 [$F(2,14) = 3.452, p = .06, \eta^2 = .330$].

관제 업무 난이도와 전문성 사이에 상호작용 효과가 나타났다[$F(2,14) = 7.148, p < .05, \eta^2 = .505$]. [그림 3]에서 확인할 수 있는 바와 같이, 전문가 집단은 입항 경로가 복잡할 때 주시 대상 간 평균거리가 증가하는 것으로 나타났다.



[그림 3] 항공기 입항 유형과 경력에 따른 주시 대상 간 평균 거리의 상호작용

3. 실험 2

연구자는 관제사들의 상황인식을 분석하여 인지 및 초인지 측면의 전문성을 분석하였다.

연구 방법

실험 참가자

실험1에 참가한 관제사를 대상으로 실시했다.

실험 도구 및 절차

연구자는 실험 1에서 실험 참가자로 하여금 발생 사고(Think Aloud)를 하고, 실험 후 과제에 제시된 상황을 기록하도록 지시하였다. 과제 수행 후, 연구자는 첫째, 우선적으로 처리해야 하는 사항은 무엇인지, 둘째, 어떤 문제해결 전략을 사용할 것인지, 마지막으로 문제해결 전략을 선택한 근거는 무엇인지 질문하였다.

분석 방법

연구자는 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)로 구분된다.

회상과제는 실험 참가자가 기록한 항공기 정보를 원본 자료와 비교하여, 점수를 부여하였으며, 이 점수를 전체 100점 환산 점수로 변환했다.

결과 및 논의

프로토콜 분석

가. 심상모형 분석 결과

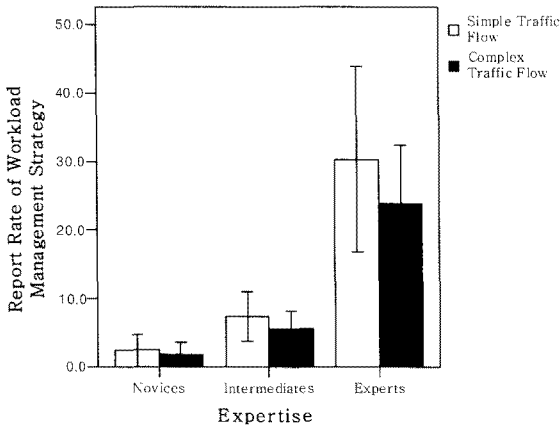
항공기 입항 유형의 복잡성에 따라 관제사가 보고하는 비율이 유의미한 차이가 있었다 [F(1,14)=16.168, p<0.01, η²=.536]. 항공기 입항 유형이 복잡한 경우, 실험 참가자들은 개별 항공기 정보(호출부호, 고도 및 방향 등)보다는 충돌 위험, 진행 중인 상황 등을 언급하는 비율이 높은 것으로 나타났다.

개별 항공기 정보에 대한 프로토콜 비율은 입항 유형의 복잡성 수준에 따라 유의미한 차이가 있었다[F(1,14)=15.760, p<0.01, η² = .530].

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<0.05, η²=.444] 그러나 입항 유형 복잡성에 따른 차이나 전문성 수준과 입항 유형 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

나. 전략모형 분석 결과

계획 수립과 모니터링 전략에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

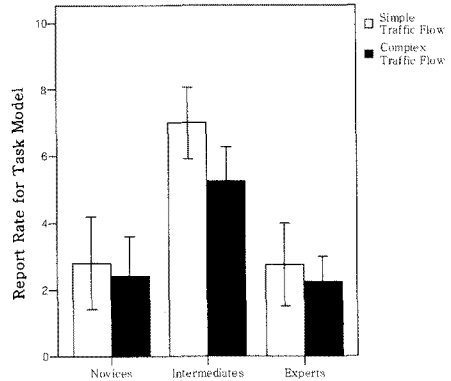


[그림 4] 전문성 수준 별 작업부하 관리전략 보고 비율

그러나 전문성이 높은 집단에서 입항 유형 여부와 관계없이 작업부하 관리전략을 많이 보고하는 것으로 나타났다[F(2, 14)=5.988, p<.05, η²=.461].

다. 과업모형 분석 결과

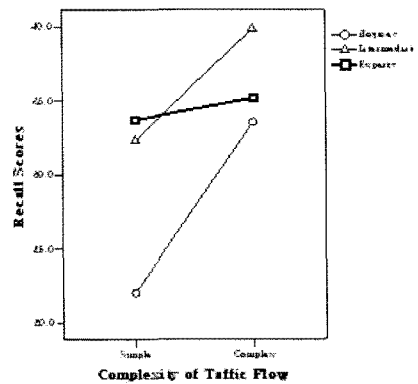
과업에 관한 언급 비율을 분석한 결과, 전문성 수준에 따른 유의미한 차이가 나타났다 [F(2,14) = 4.1404, p < .05, η² = .370]. 중간 집단이 다른 집단에 비해 과업에 대해 언급을 많이 하는 것으로 나타났다.



[그림 5] 전문성 수준 별 상황인식에서 과업비율 보고

회상과제 수행 분석 결과

전문성 수준은 통계적으로 유의미하지 않았지만, 입항 유형 복잡성은 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다[F(1,14) = 9.944, p < .05, η² = .415].



[그림 6] 항공기 입항 유형 별 집단 간 회상과제 수행 평균 점수

입항 유형이 단순할 때보다는 복잡할 때, 회상과제를 더욱 잘 수행하는 것으로 나타났다. 항공기 입항유형이 단순한 경우, 관제사는 주로 항공기가 안전하게 분리되어 있는지를 관찰하기 때문에 항공기 위치 정보를 회상하는 것이 어렵

다. 그러나 항공기 입항유형이 복잡하고 잠재적 위험이 증가하면, 관제사는 관제 상황인식과 더불어 문제 해결 전략을 심층적으로 구상하기 때문에 항공기 위치를 포함하는 정보를 잘 기억하는 것으로 이해할 수 있다.

4. 결론 및 논의

관제사 시선 추적 및 프로토콜 분석을 통하여 관제 전문성 수준이 항공기 입항 유형의 복잡성이 정보 처리 유형이나 전략에 영향을 미치고 있다.

첫째, 전문성은 상황 지각 유형에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 초보자 집단은, 항공기 입항 유형이 복잡해지면, 주시 대상 개수가 증가하고 주시 시간이 짧아진다. 짧은 시간에 많은 항공기에 주의를 기울이고, 개별 항공기 중심으로 상황을 인식하는 것으로 나타났다. 중간 집단에서는 입항 유형의 복잡성이 지각 유형에 영향을 주지 못했다. 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, 전문성은 항공 입항 유형에 따라 상황인식이나 문제 해결 전략을 선정하는 과정에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 중간집단의 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 관계없이 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.

참 고 문 헌

Ware, C. & Mikaelian, H. H. (1987). An evaluation of an eye tracker as a device for computer input. J. M. Carroll & P. P.

Tanner(eds.). CHI + GI 1987 Conference Proceedings, SIGCHI Bulletin, ACM. Special Issue.

Barber, P. J. & Legge, D. (1976). Perception and Information. London: Methuen.

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