

論文

항공관제 전문가와 훈련관제사의 시각정보처리 차이

권혁진*, 함성수**, 김혜정***, 한정원**, 손영우****

Expert-novice differences in visual information processing in air traffic control

Hyok Jin Kwon*, Seong Soo Ham**, Hye Jeong Kim***, Jung Won Han**, Young Woo Sohn****

ABSTRACT

This study investigated how air traffic controllers (ATCs) perceive the visual information on radar screen and examined quantitative and qualitative differences as a function of expertise. Little research has shown that how much information is processed by ATC visually and perceptually, how ATCs represent the information, and what difference exists between experts and novices. Participants were asked to draw representing visual information on the blank sector map after a 5-second exposure. Data were analyzed by a superimposing method to identify correctly represented information. Results showed that the expert group had much larger size of chunking and their pattern was wider and more accurate than the novice group. The practical application and methodological implications are also discussed for further research.

Key words : air traffic control(항공교통관제사), expertise(전문성), memory(기억), situation awareness(상황인식), representation(표상), chunking(칭킹, 기억그룹화).

1. 서 론

세계의 글로벌화와 함께 항공교통의 수요도 꾸준히 증가해 오고 있다. 인천공항의 경우 2001년 3월 개항 이후 2007년 말까지 매년 평균 약 12%의 교통량이 증가해 오고 있다. 교통량의 증가는 한정된 공역 내 항공기의 비행 수를 증가시켜 항공안전의 위협요인을 증가시키고 있다고 할 수

있다. Pape, Wiegmann 등(2001)은 1985.1~1997.12 기간의 13년간 미국에서 발생한 항공사고기록 중 NTSB에 기록·보관된 110건의 사고와 69건의 준사고 자료를 분석하여 항공관제와 항공사고 및 준사고에 연관성이 드물게 나타났지만 안전미확보 자료들의 분석에서는 관제사들의 주의와 기억실패 같은 기술기반 실수(Skill-based errors)가 82%(147건)으로 가장 일반적인 유형이라는 것을 확인하였다. 항공사고는 재양수준에 가까운 치명적인 결과를 초래하고 국제분쟁으로까지 이어지는 심각하고 민감한 문제를 안고 있어서 언제나 조심스럽고 관심이 많은 분야라고 할 수 있다.

이러한 점에서 관제사들의 전문성은 항공안전의 업무를 최일선에서 담당하고 있는 인적자원으로서 승객안전에 대비한 사회간접자본으로 간주되어 개발되어야 하며 따라서 심리학적 접근가치가 높다고 할 수 있다. 또한 항공과학기술의 급

† 2010년 3월 10일 접수 ~2010년 3월 28일 심사완료

* 연세대학교 대학원 인지과학

** 연세대학교 대학원 심리학과

*** University of Melbourne, Linguistics and Applied Linguistics

**** 교신저자: e-mail: ysohn@yonsei.ac.kr,

연세대학교 심리학과, 서울 서대문구 신촌동 134

속한 발전과 항공수요의 외적 성장만큼 항공분야의 전체를 운영·감시하는 측면에서 항공분야별 전문가들의 인적요인의 연구접근이 절실히 필요한 시점이라고 할 수 있다.

1.1. 관제사들의 전문성

레이더 관제사는 그들의 전문성을 발휘하여 다량의 항공기들의 안전성을 확보하면서 전체 항공교통의 흐름의 경제성과 효율성을 추구하는 목표로 수행된다. 이러한 목표 추구를 위하여 관제사들은 다수의 항공기들을 시각과 청각 감각을 통해 교통상황을 추적하는데 주로 레이더 화면상의 목표 타겟들에 대한 시·각적 그룹화를 통해 (Landry, Sheridan, & Yufik, 2001) 다량의 항공기를 동시에 추적하고 다룰 수 있는 전문성 특징과 능력 갖게 된다. Landry 등 (2001)은 관제사들의 시각정보의 그룹화는 목표 지향적이며 Gestalt효과와 특징을 갖는다고 하였다. Gestalt효과는 인근에 있는 비슷한 자극, 공통적인 움직임의 자극끼리 그룹화 한다는 것을 말한다. 또한 그들은 관제사들의 인지적 시각정보 그룹화가 관제업무수행에 영향을 미친다고 하였다. 그렇다면 관제사들이 레이더 화면상에 움직이는 항공기 타겟들을 추적하고 그룹화하면서 특정 정보끼리 Gestalt효과를 보이며 그룹화한다면 과연 레이더 화면상에 어떤 정보들을 중심으로 정보그룹화의 특징을 보이며 전문가와 초보자 집단에서의 그룹화 정보종류의 차이가 발생할 것인가를 관제전문성 유무에 따른 차이로 생각해 볼 수 있다. 만약에 그러한 특징과 정보의 종류가 다르게 나타난다면 전문성 훈련과목 개발·응용에 도움을 줄 자료가 될 수 있을 것이다.

또한, 관제사들은 여러 방향에서 한꺼번에 접근하는 교통상황을 머릿속으로 상황을 그리면서(심상그림) 앞으로의 상황을 예측하게 되고 이를 바탕으로 현재의 상황을 미래 상황에 유리하도록 지시하면서 이끌어 간다. 관제사들은 시각, 청각, 촉각 등 여러 감각양식을 통해 다양한 지각적 정보들을 받아들이고 작업기억의 메커니즘을 통해 최상의 심상그림을 유지한다(Endsley & Garland, 2002). 이러한 심상그림을 얼마나 유지하느냐는 관제 전문성의 중요한 척도라고 할 수 있다.

또한 관제업무에 있어서 상황인식은 관제전문성 바로 그 자체로 보아야 하고 상황인식은 관제사들에게 성공적인 업무수행을 하게하는 중요한 역할을 하며(Endsley, 1995a) 성공적인 상황인식을 위해서는 제공되는 상황정보들을 작업기억 속에서 얼마나 많이 유지할 수 있는가 하는

것이다. 즉, 입력정보에 대한 단위정보량의 차이와 그러한 정보들을 얼마나 정확하게 인출하여 표상하는지가 관제전문성에 있어 결정적 요소이다(Endsley, 1995b).

Endsley(1995a)는 상황인식의 과정을 단계별로 설명하였는데 1단계에서 주어진 상황적 요소들을 주의 메커니즘과 감각양식을 통해 지각적으로 받아들이고 2단계에서는 지각적으로 받아들인 상황요소들을 종합하여 의미적으로 파악하고 이해한 뒤 3단계에서 앞으로 벌어질 상황에 대한 예측을 하게 된다고 설명하고 있다. 관제사들은 레이더 화면상에 변화하는 시각정보와 관제실 내 주변 관제사들과의 정보교류 등을 통해 모든 상황적 정보들을 여러 감각기관을 동원해 파악하고 정보를 종합하여 앞으로 벌어질 상황을 미리 예측하여 조종사에게 관제지시를 내리고 항공교통의 안전과 효율을 확보하는 업무를 한다. 이러한 측면에서 관제사들이 감각적으로 정보를 받아들이는 1차적인 상황인식의 단계에서 정보량의 차이와 표상범위의 차이를 확인해보는 것은 관제사 전문성 연구에 있어 매우 중요한 시작점이 된다고 할 수 있다.

또한 관제업무는 지속적인 높은 상황인식을 유지하고 미래상황을 예측 판단하기위해 관제사의 기억이 크게 작용한다(Shorrock, 2005). 인간의 기억은 정보를 받아들이고, 인출, 수정, 저장하는 활동을 지속적으로 수행하는 것이라고 하였다(Baddeley & Mehrabian, 1976). 인간의 기억시스템 중에서도 작업기억은 관제사들이 지각시스템을 통해 생성된 표상과 생각의 결과들을 일시적으로 유지할 수 있게 해주며 기능적으로 모든 인지적 정보처리와 관제사들의 관제지시나 반응과 같은 정보들을 생산하는 곳이다(Stein, 1993). 관제사들의 관제업무의 특성상 변화되는 과정의 일시적 정보들을 작업기억에 담고 있으면서 앞으로의 상황을 예측하고 적절한 시점에 필요한 정보를 인출·확인하고 판단해야 하는 과정의 연속이라고 할 수 있다.

작업기억의 처리과정에서 중요한 것은 지각적으로 받아들인 정보들을 하나의 단위로 얼마나 많이 그룹정보로 묶어서 저장하고 처리하는가 하는 문제이다. 이렇게 한꺼번에 묶여서 처리되는 정보량의 크기가 클수록 단위시간당 작업기억이 처리할 수 있는 용량이 커지는 결과를 보이게 된다. 전문성 수준에 따라 차이를 보이는 변수 중에 입력정보량의 크기는 중요한 종속변수라고 할 수 있다. Chase와 Simon(1973)은 체스 전문가를 대상으로 한 체스 판 실험에서 전문가들이 초보자들에 비해 월등히 큰 정보그룹화량의 차이를 보였음을 입증하였다. 체스 전문가와 초보자들에게 시각정보인 체스 판을 5초간 제시하고 순간적으로

로 지각된 정보들은 회상을 통해 해당 체스 말의 위치를 표시하는 과제를 수행하였다. 작업기억 속에 남아 그룹화되어 한번에 표시할 수 있는 말의 정보들을 하나의 지각적 정보단위그룹인 지각적 청킹*(perceptual chunking)으로 정의하였고 전문가와 초보자 집단의 청킹 크기의 차이와 표상범위의 차이를 통해 전문성을 연구하였다. Egan과 Schwartz (1979)은 전기기술자들을 대상으로 전기 회로판 자극을 시각적 자료로 제시하여 전문가들이 초보자들보다 월등히 큰 청킹 사이즈의 표상능력을 가지고 있음을 확인하였다. 작업기억 속에서 청킹은 여러 개의 정보가 하나로 묶여 사용되는 것이며 하나로 묶인 정보는 작업기억에 하나의 단위정보로 저장되어 작업기억의 처리 용량을 늘려주는 결과를 가져온다(Garland, 1999). 본 연구에서는 Chase와 Simon(1973)의 체스판 실험을 응용하여 체스판 대신 레이더 화면을 관제전문가와 초보자, 두 관제사 모집단에 제시하여 두 그룹간 청킹크기의 차이와 특화된 정보의 종류와 정확히 표상한 정보 범위의 차이를 확인하였다.

관제사들도 자신이 가지고 있는 시각 및 청각정보자극을 작업기억 속에 담고 장기기억 심상모형의 지식과 비교를 한다. 또한, 미래상황에 대한 판단을 하는 관제업무 수행의 업무특성적인 측면에서 볼 때 항공교통상황을 예측하고 판단함에 있어서 담당 항공기의 정보를 얼마나 많이 기억하고 정확하게 표상하는 정보의 양은 결국 관제사들이 예측력을 높이고 단위시간당 처리해야 할 항공기의 양을 늘릴 수 있는 수행능력향상과 직접적 연관이 있는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 관제사들의 전문성 유무에 따른 작업기억 내 청킹크기의 차이와 그 차이를 보이는 특정 정보는 어떤 것인지 그리고 지각적 청킹의 표상에 있어 범위는 어떻게 차이를 보이는지 알아보는 것은 관제사들의 구체적인 전문성을 밝혀내는데 중요한 시도가 될 수 있을 것이다. 도출된 실험결과는 관제사들의 훈련정책 방향수립과 훈련 프로그램 제작에도 반영될 수 있으며 관제사들의 전문성 연구에 도움을 줄 수 있을 것이다.

작업기억 내 정보처리의 양을 결정하는 것이 단위 청킹 크기에서 결정이 난다고 한다면 그러한 청킹을 만드는 레이더 화면상 항공기 정보의 종류는 과연 어떤 정보들일까 생각해볼 수 없다. 만약 어떤 특정 항공기 정보를 레이더 화면상에 전시함에 있어 그 특징적인 정보형태가 청킹을 이루는 주요 정보의 차이를 만든다면 청킹을 이루

기 어려운 정보들은 청킹을 이루기 유리한 정보로 전환함으로써 전체적인 작업기억 내 청킹의 크기를 확대할 수도 있기 때문에 레이더 개발사업에서 활용될 수도 있는 결과로 이어질 수 있을 것이다.

관제사들이 관제업무에 사용하는 빈도가 높은 레이더 전시 정보들은 대략 5개 정도로 정리된다. 이들 정보는 Fig. 1에 제시되는 바와 같이, 위치, 비행방향, 고도, 속도, 호출부호가 그 대표적인 정보들인데 각각의 정보마다 표시되는 특징적 차이가 있어 관제사들이 레이더 화면상에 시각정보로 받아들임에 있어 정보의 양과 기억회상 정확도 측면에서 다른 차이를 보일 수도 있을 것이다.

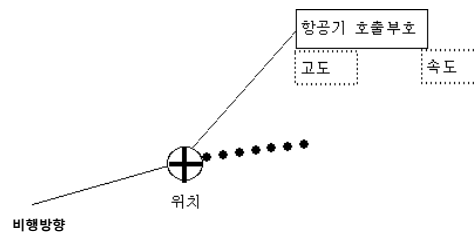


Fig. 1 레이더 시현정보의 배치

정보의 특징을 살펴보면 위치와 비행방향 정보는 단순화된 기호로 표시되는 반면 고도, 속도는 숫자, 호출부호는 알파벳 문자와 숫자의 조합으로 이루어져 표시된다.

지금까지 관제사들의 시각정보인식에 대한 많은 연구들이 있었는데 그러한 연구들은 대부분 상황인식 과제수행 중에 어떤 정보를 얼마나 기억 속에서 회상해내는데 대한 실험들이었다(Means, Mumaw, Roth, Schlager, McWilliams, & Gagne, 1988; Mogford, 1997; Gronlund, Ohrt, Dougherty, Perry & Manning, 1998). Means 등 (1988)은 관제업무 수행 후에 빈 섹터 맵에 항공기의 정보를 표시하는 실험에서 관제사들은 항공기의 위치정보를 회상함에 있어 90%가 넘는 정확률을 보이는 것을 확인하였다. Mogford (1997)는 시뮬레이터 훈련 중 화면을 멈추고 상황인식 정보들을 빈 섹터 맵에 그리는 실험에서 항공기 위치, 비행방향, 고도 정보가 관제사들의 상황인식에 있어 주요정보 요소임을 확인하였다. Gronlund 등(1988)은 항공관제 전문 관제사들을 대상으로 섹터 맵에 그리기와 질문기법으로 회상실험을 수행하여 항공기 위치정보의 회상률이 가장 높은 정확성을 보이는 것을 확인하였다.

관제사들은 실제관제업무에서 레이더화면 시각정보의 화면갱신 간격(레이더 안테나의 회전시간)은 매5초이다.

* 청킹: 제시된 자극에 대해 한번에 그룹화되고 기억에 남아 있는 정보들로서 작업기억 내 하나의 최소정보 단위그룹을 청킹(chunking)으로 정의

관제사들은 매 5초마다 역동적으로 변화·갱신되는 레이더 화면의 시각정보를 받아들이면서 상황인식을 하고 있다. 기존연구들의 상황인식 과제 수행연구에서는 5초마다 연속적으로 변화·갱신되는 레이더화면의 시각정보자극을 이용하여 동적인 상황 속에서 관제사들의 상황인식 수준을 평가 분석한 결과만을 보였다. 하지만 이러한 기존연구를

취득하고 단독으로 근무할 수 있는 자격을 얻은 자들을 전문가 집단으로 구분하였으며, 한정자격을 얻지 못한 훈련관제사들은 초보자 집단으로 하였다.

2.1.2. 실험자극

서울접근관제구역 내 항공기 흐름에 있어 일반적인 교통상황 화면을 Fig. 2의 우측 그림과 같은 파일로 추출하였

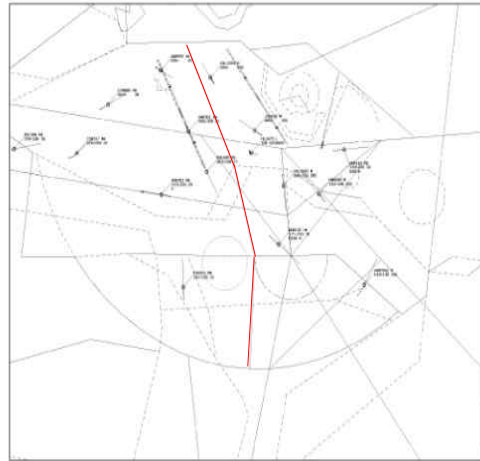
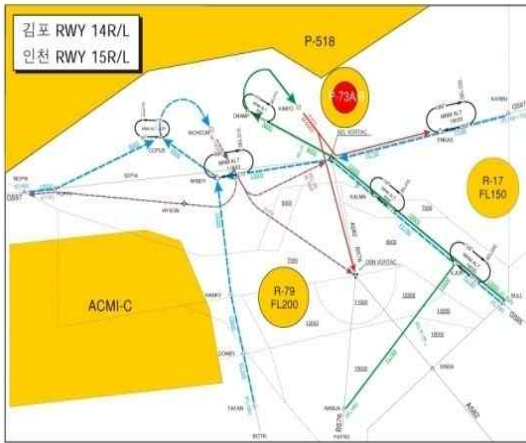


Fig. 2 인천, 김포표준입출항경로(좌측)와 실제레이더화면에서 추출된 실험자극 제시교통상황(우측)

통해서는 관제사들이 레이더화면 시각정보 변화의 최소단위 화면 속에서 관제사들이 레이더 화면정보들을 시·공간적으로 얼마나 받아들이는지 시각정보의 청킹 양의 차이와 청킹 정보의 종류 그리고 표상정보의 정확성으로 레이더화면 정보의 기억 표상범위 차이 등을 밝히지 못해왔다. 따라서 본 연구에서는 실제레이더 화면 하나를 레이더 최소갱신 주기인 5초 동안 관제사들에게 제시한 후 종이 맵에 표상정보를 표기하게 하여 레이더화면의 최소단위를 시·공간적으로 얼마나 받아들이는지를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 연구방법

2.1.1 참가자

서울접근관제실 레이더 관제사들 중 19명의 전문가 관제사(남12명, 여7명)들과 14명의 훈련관제사(남10명, 여4명)들을 대상으로 자발적인 참여에 의해 실험을 수행하였다. 전문가 집단의 관제사들은 레이더 관제업무의 한정자격을

다. Fig. 2의 우측그림에서 중심선(빨간실선)은 동서쪽 섹터를 구분하기위해 서울접근관제소에서 사용하는 구역구분 선이다. 또한 복잡한 교통상황을 배제하기 위해 저고도 시계비행항공기(VFR) 및 고고도 항로 영공통과 비행 항공기 등은 제거하여 서울접근관제소에서 관할하는 항공기 외에 실제 관제업무가 제공되지 않는 타 항공기(Noise)가 제거된 교통상황 화면을 컴퓨터 그림 파일로 추출하였다. 서울접근관제구역 내 총 16대의 항공기가 화면에 제공되었으며 항공기 한 대 당 제시되는 정보를 5가지 종류 정보만으로 한정하였다. 즉, 비행방향, 고도, 속도, 위치, 호출부호의 5가지 종류의 정보만을 제공하였다. 기타 항공기에 배정된 고도와 상승, 강하표시 정보, 항공기종 등은 부가정보로 간주하여 실험제시 정보대상에서 제외하였다. 실험자극 그림의 16대 항공기는 관제사들이 동서구역 별로 범위 내에 얼마나 많은 항공기를 표상하는가하는 구역범위 편중에 대한 양적측정을 위해 동서쪽이 같은 양의(8대) 항공기 수를 임의로 선정하였다. 이상의 레이더화면 자료를 파워포인트 프리젠테이션 기법으로 Fig. 2의 우측 그림인 레이더 화면자극이 5초간 자동시현 된 후 사라지도록 프로그램을 이용하여 자동화하였다. 실험자극과 실험에 대한 설

명은 프리젠테이션 시작과 함께 음성으로 제공 되도록 하여 모든 참가자들이 똑같은 실험설명을 자세히 듣고 실험에 임하도록 하였다. 레이더 화면정보 자료가 제시되는 모니터 화면은 레이더 화면의 크기와 비슷한 크기와 해상도가 높은 21.3인치 크기의 최신컴퓨터 모니터를 이용하였다.

2.1.3. 실험절차

실제 레이더 교통상황 화면에서 추출된 시각정보자료를 대형 컴퓨터 모니터화면을 통해 5초간 짧게 제시한 후 관제사들은 미리 제공된 빈 레이더 섹터 맵(Fig. 3 참조)에 입력된 작업지역 속의 정보를 표상하여 모두 표기 하였다.

5초간 짧게 제시된 레이더 상 항공기 시각정보를 종이 맵에 옮겨 그리는 방법으로 항공기 위치정보는 실제위치에 해당하는 곳을 종이 맵에 X표시를 해서 X표시의 교차 중심점을 항공기 중심위치를 표상한 것으로 판단하였다. 비행방향정보는 항공기가 향하는 방향으로 직선으로 표기하도록 하였다. 호출부호, 고도, 속도 정보는 기억되어 표상되는 정보 그대로 표기하도록 지시하였다. 5초간 제시된 시각정보를 통한 기억 이후 기억에 남은 정보를 정확하게 표상하여 맵에 옮겨 그리는 작업의 과정을 4회에 걸쳐 수행하였다. 매회의 실험은 약 2분 30초 정도의 시간이 소요되었다. 표상된 정보를 표기하는 시간을 관제사들에게 충분히 줌으로서 시간부족으로 발생할 수 있는 시간압박의 오염변인 효과를 없애고자 하였다. 각 시행 회차별로 표기하는 펜의 색깔을 1화-검정, 2화-초록, 3화-파랑, 4화-빨강으로 달리하였고 같은 맵 상에서 표상정보의 회차별 구분은 색깔 펜으로 달리하여 식별이 가능하게 하였다. 4회에 걸친 실험과정 반복을 통해 두 집단 간에 표상위치의 범위가 두 그룹 간에 순차적으로 어떻게 달라지는가를 확인하기 위해 수행하였다.

2.2 자료분석

2.2.1 수집 자료의 정확성 판단방법과 기준

관제사들에 의해 작성된 공역 맵상 측정자료가 옳게 인식되었는지를 판단하는 기준은 Mogford(1997)의 상황인식에 관한 기준을 일부인용 하였고 관제사들이 한 번에 기억해서 표상한 기억자료를 청킹으로 표상한 자료는 각 항공기 정보별 세부측정방법을 이용해 관제사들이 표상한 자료의 옳고 그름을 판단하였다(정보별 판단기준 참조). 전체 수집된 표상자료는 OHP필름(정답화면 OHP)으로 인쇄한

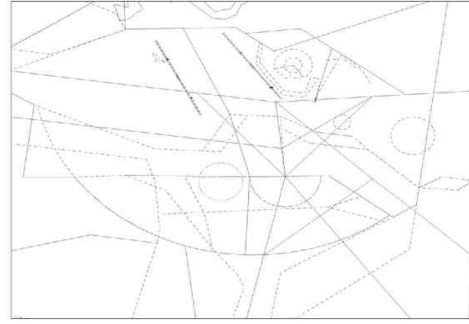


Fig. 3 공역 섹터 맵(관제사 실험 표상용지)

레이더 화면의 실제 정답 그림 자료와 겹쳐보기 방법을 통해 이루어 졌다.

2.2.2 정보별 정확성 판단기준

- 1) 비행방향(heading): 4분면 방위를 적용하여 실제 항공기 비행방향과 기록된 비행방향의 4방위가 같은 한 분 면에 들어간 경우 항공기의 비행방향을 옳게 인식한 것으로 판단하였다.
- 2) 위치: 반경 5마일 범위 내에 위치한 것으로 표시하면 옳게 인식한 것으로 판단하였는데 기존연구인 Means 등(1988)의 연구에서는 10마일을 기준으로 항공기 위치를 측정하였고 Gronlund 등(1998)의 연구에서는 8마일을 기준으로 항공기 위치인지 자료의 정확성을 측정하였다. 하지만 본 연구에서는 접근관제구역 내 필요한 최소안전분리 거리는 국제민간항공기구(ICAO)의 기준으로 항공기간 수평 5마일이므로 실제 표상할 항공기 위치에서 5마일 범위 내로 관제사들이 항공기 위치를 표상한 데이터들만 정확하게 항공기의 위치를 인지한 것으로 측정하였다. 위치정보 측정은 5마일 크기를 가진 둥근 원의 공역을 정답화면 OHP그림에서 올려내고 관제사들이 표상한 종이 맵 자료와 정답화면 OHP그림을 겹쳐 놓고 5마일 스케일 원을 겹쳐진 자료에 놓고 관제사들이 표상한 위치가 정답항공기에서 5마일 범위에 들어갔는지 판단하여 전문성 유무에 의한 자료를 구분하였다.
- 3) 고도: 관제사들에게 항공기고도를 100ft 단위로 표기하도록 지시하였다. 접근관제구역 내 항공기간 분리최소기준은 ICAO기준으로 항공기간 1,000피트이다. 따라서 본 연구에서는 항공기의 고도를 인식할 때 ± 1000 범위 내 자료는 옳게 인식한 것으로 판단하였다.
- 4) 속도: 관제사들에게 항공기속도를 10노트 단위로 표기하게 하였고 측정은 접근관제구역 내 앞뒤 항공기간 분리

유지에 영향을 준다고 관제사들이 일반적으로 판단하는 50 노트를 기준으로 하였다. 따라서 항공기의 속도를 ± 50노트 범위 내에서 표상한 자료는 옳게 인식한 것으로 판단하였다.

5) 호출부호: Mogford(1997)의 연구에서 측정된 기준을 따라 항공기 호출부호의 문자와 숫자표기 중 2개 문자와 숫자표기 중 하나가 맞거나 3개의 영문이나 숫자가 연속으로 맞게 표기한 경우 옳게 인식한 것으로 판단하였다.

2.2.3 표상범위 차이의 분석방법

수집된 참가자들의 색터 맵 종이자료를 컴퓨터 스캔작업으로 모두 그림파일로 전환하면서 각각의 그림파일이 OHP 투명필름처럼 겹쳐보기가 가능하도록 변환하였다. 이후 이들 그림파일 자료를 각 집단 별로 나누고, 집단의 그림을 여러 장으로 복사해 시행 회차별로 나누었다. 나누어진 그림파일들은 각 시행회차에 기록한 색깔을 기준으로 포토샵 프로그램을 이용하여 각 회차에 표상한 색깔 구분 자료만 남기고 모두 지우는 작업을 수행하였다. 결과적으로 각 시행 회차에 해당하는 표상데이터만을 남게 하였다. 그런 다음 관제사들이 표상한 그림파일을 정답화면 OHP필름으로 겹쳐보기를 하면서 각 회차별로 남은 표상데이터들의 정확성을 판별하기 위한 측정기준을 적용하여 기준범위 내에 정보들을 식별하였다. 즉, 정확도 범위 내에서 기록된 자료들을 포토샵의 이미지 파일 겹쳐보기 방법을 수행하여 최종적으로 집단별, 회차 별 정확도의 표상범위의 차이를 비교 분석하였다.

3. 결 과

3.1 시행회수 별 청킹크기 차이

관제전문성에 따른 청킹 크기차이 비교에서 전문가 그룹이 초보자들에 비해 통계적으로 유의미하게 큰 청킹을 가지고 있는 것으로 나타났다(1회, $t(31) = 2.711, p < .05$; 2회, $t(31) = 2.058, p < .05$; 3회, $t(31) = 2.112, p < .05$). 1~4회의 실험시행 동안에 전문가들의 평균 청킹 크기는 최저 6.32개에서 최대 8.95개를 가지고 있었으며 초보자들은 최저 4.50개에서 최대 6.36개의 청킹 크기를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 두 집단은 레이더 화면에서 제시하는 시각정보를 지각적으로 받아들임에 있어 평균 1.82 ~ 2.59개의 시 지각적 정보 처리량의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Chase 등 (1973)의 체스전문가 연구결과

과와 Egan 등(1979)의 청킹연구 결과와 일치하는 결과로서 관제전문성에 있어서도 전문가 집단이 초보집단에 비해 큰 청킹을 구성하고 있는 것으로 확인되었다.

이것은 관제사들이 레이더 화면정보에 의한 상황인식을 할 때 상황인식의 첫 단계에서 전문가와 초보자 간의 차이를 보이는 것으로 이해할 수 있다. 결국 레이더 시현정보에 대해 단위시간당 정보입력과 그룹화, 그리고 기억정보유지와 정보들의 표상의 단계를 거치는 동안 청킹의 크기와 표상의 정확성의 차이를 보이는 것으로 상황인식의 기본단위의 크기가 다른 것이라고 받아들일 수 있을 것이다.

짧은 시간에 레이더화면의 상황을 지각적으로 기억하고 매5초 마다 갱신되는 레이더 화면의 단위 정보들을 전문가와 초보자들은 다른 정보량으로 입력함으로써 교통상황에 대한 전체적인 정보 그룹화와 단위시간 5초당 입력정보의 처리량이 차이가 있다는 것을 확인하였다. 이는 전문가가 될 수록 큰 단위 정보 입력 량으로 전체적인 교통상황을 유지하게 되고 이러한 상황인식을 바탕으로 정보들을 정확하게 표상하면서 교통상황의 처리에 있어 전문가들은 초보자들에 비해 유리한 정보처리 능력을 가지고 있다고 할 수 있다.

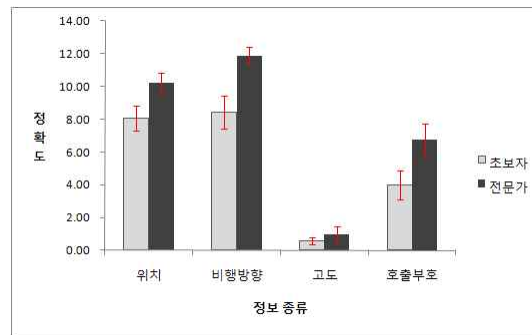


Fig. 4 정보종류별 두 그룹간 정확도 비교

두 그룹 간 정보종류에 대한 비교결과를 살펴보면 우선 속도정보는 두 그룹 모두가 정확하게 기억하고 표상한 결과를 보이지 않아 분석에서 제외시켰다. 속도정보를 제외한 4개의 정보에 대하여 관제전문성에 따른 두 그룹 간 정보별 정확성의 차이를 비교해 보기 위해 변량분석을 해보았다. 그 결과 Fig. 4에서 보여주고 있는 것과 같이 전문가 그룹이 초보자 그룹에 비해 위치, 비행방향, 호출부호 정보에서 유의미하게 높은 표상 정확도를 보였다(위치: $F(1, 31) = 5.013, p < .05$; 비행방향: $F(1, 31) = 10.675, p < .005$; 호출부호: $F(1, 31) = 3.968, p < .05$). 이러한 결과는 위치, 비행

방향, 호출부호 정보는 관계전문가들이 초보자들에 비해 더 잘 기억하고 표상하는 정보라고 할 수 있다. 반면에 고도와 속도는 전체적인 레이더 화면정보를 파악하는데 있어 상대적으로 중요성이 떨어지는 것으로 보인다. 이는 평면적으로 현시되는 레이더 화면상의 여러 항공기들의 움직임을 전체적으로 파악하기 위하여 항공기의 위치와 비행방향정보가 중요하게 되었을 것으로 생각하며 또한 항공기들을 구별함에 있어 호출부호 정보가 필요했을 것으로 생각된다.

3.2 청킹 정보 쌍들의 상관

관계사들은 레이더 상에 시현되는 개별 정보들을 하나 하나의 정보만을 개별적으로 집중해서 기억 표상하지 않고 다른 어떤 정보들을 유사하게 기억 표상하는가를 확인하기 위해 정보들 간에 상관분석을 수행해 보았다. 시행횟수에서 다른 종류의 정보 쌍인 경우를 대상으로 상관분석을 한 결과 위치-비행방향 정보 쌍이 4회 유의미한 결과를 보였으며 상관개수는 .393($p < .05$)에서 .737($p < .01$)의 사이에서 나타났다. 호출부호-고도 정보쌍이 3회 유의미한 상관을 보였고 상관개수는 .370에서 .436($p < .05$)를 보였다. 그밖에 위치-호출부호 정보는 2회 유의미한 상관인 .371과 .420($p < .05$)을 보였고 비행방향-고도 정보는 1회에 -.386($p < .05$)의 음의 상관관계를 보였다. 따라서 위치-비행방향 정보쌍이 다른 정보 쌍들에 비해 매우 높은 상관을 보였으며 일관된 상관의 경향을 보임으로써 다른 정보 쌍들에 비해 청킹과 정보표상에 있어 두 정보 간에 매우 유사한 정보특징 보이고 있다고 할 수 있다.

또한, 전체관계사들을 대상으로 4개 정보들 (위치, 비행방향, 고도, 호출부호)간의 쌍별비교 분석을 통해 정보 쌍별 관계에 대해 실제 유의미한 차이가 있는지 확인해보았다. 그 결과 위치-비행방향의 정보는 상관개수가 .641($p < .001$)이며 유의미한 상관을 보인 반면 다른 정보 쌍들 간에는 유의미한 상관을 보이지 않았다. 결국 위치-비행방향 정보 쌍은 관계사들 전체에서도 청킹과 표상에 있어 매우 유사한 형태의 결과를 보여주는 정보라는 것을 확인 할 수 있었다.

3.3 청킹 정보들의 표상 범위

두 관계사 그룹의 각 회차별 청킹정보들이 표상되는 범위를 분석하기 위하여 서울접근관제구역 내에서 인천공항과 김포공항의 중간구역을 나누기 위하여 동서 경계구역

으로 사용하고 있는 경계선(시행 a~d 비교그림의 중간 빨간 실선 경계선)을 기준으로 동서 범위의 구분을 하였다. 또한 두 그룹의 표상정보 개수를 개인 별, 동서구역 별로 나누어 개인평균 정보표상 개수를 구해서 관계사들이 청킹을 수행하는 범위의 차이를 확인해 보았다. 아래 그림 a~d의 좌측은 초보집단을 보여주고 우측은 전문가 집단을 보여주고 있다.

1회차 그림들을 모두 겹쳐보면 전문가 그룹은 서쪽 구역의 정보가 평균 6.79개의 정보를 표상하고 있고 동쪽구역은 2.21개의 정보를 표상하고 있는 것으로 조사되어 서쪽(인천공항)을 중심으로 청킹정보를 표상하고 있었고 초보자 그룹도 또한 서쪽에 5.86개 동쪽에 0.50개로 서쪽에 치우쳐 청킹 정보를 표상하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 전문가와 초보자 그룹에는 동쪽구역의 정보표상의 양이 2개 정도의 차이를 보이고 있다. 전문가 그룹은 초보자 그룹에 비해 동쪽의 항공기들을 수적으로 더 많은 표상하고 있는 것을 보여주고 있다(Table. 1 및 Fig. 5 (a)그림참조).

2회차 그림에서는 전문가들은 서쪽 3.00개 동쪽 4.26개의 정보를 표상하고 있어 2회차에서는 동쪽의 항공기들을 더 많이 표상하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 초보자들은 서쪽 3.00개 동쪽 1.79개를 표상하고 있어 여전히 서쪽의 구역에 치우친 청킹정보의 표상범위를 보이고 있었다(Table. 1 및 Fig. 5 (b) 그림참조).

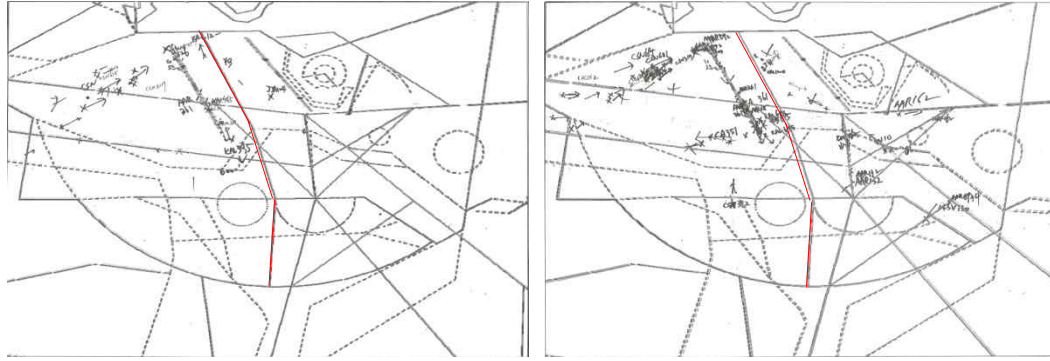
3회차 그림에서 전문가들은 서쪽 3.42개 동쪽 3.84개의 정보를 표상하여 동서쪽의 정보가 거의 비슷한 수를 보이고 있으나 초보자들은 서쪽 1.64개 동쪽 3.79개의 정보를 표상하고 있는 것으로 나타나 이번에는 동쪽에 치우친 표상을 보여주고 있다. 따라서 3회차에서는 전문가와 초보자들 사이에 동서 구분의 표상 범위 균형이 차이가 나는 것을 보여주고 있다(Table. 1 및 Fig. 5 (c) 그림참조).

Table 1 서쪽동쪽구역의 집단별표상정보의 평균갯수

구분	1회		2회		3회		4회	
	서쪽	동쪽	서쪽	동쪽	서쪽	동쪽	서쪽	동쪽
전문가	6.79	>2.21	3.0	<4.26	3.42	≈3.84	3.21	≈3.21
초보자	5.86	>0.5	3.0	>1.79	1.64	<3.79	1.57	<2.93

단위: 개(정보표상 개수)

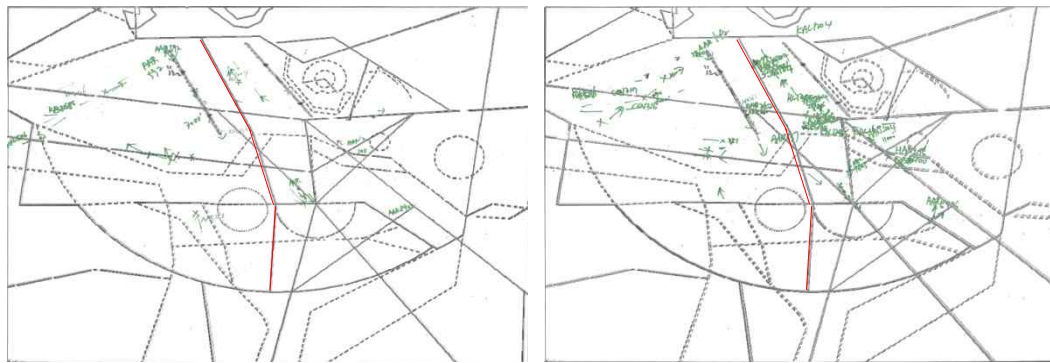
4회 차에서도 전문가들은 서쪽 3.21개 동쪽 3.21개로 완전히 균형잡힌 청킹의 표상범위를 보여주고 있으나 초보자들은 서쪽 1.57개 동쪽 2.93개의 정보를 표상함으로써 초보자들은 4회에서는 동쪽에 치우친 청킹정보 표상을 보여주고 있다(Table. 1 및 Fig. 5 (d) 그림참조). 따라서 Table.



초보집단

전문가 집단

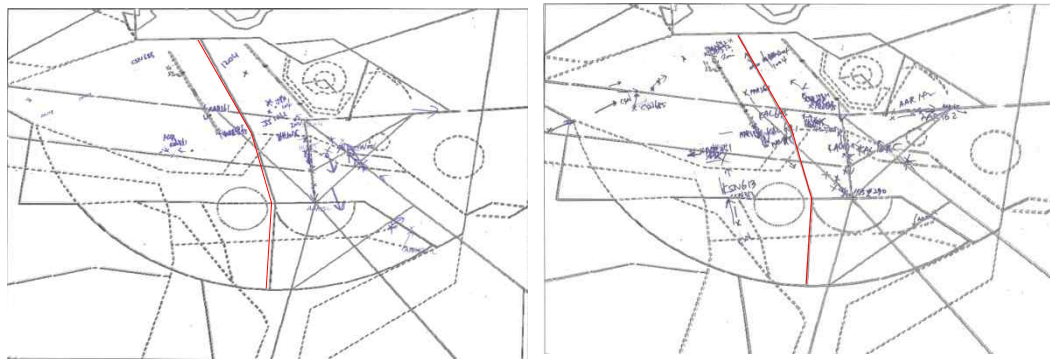
(a) 시행 1회



초보집단

전문가 집단

(b) 시행 2회



초보집단

전문가 집단

(c) 시행 3회

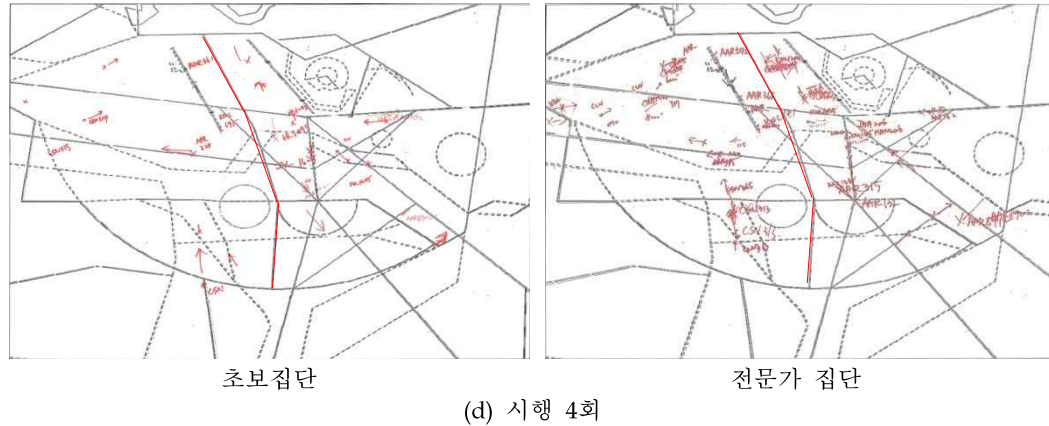


Fig. 5 시행 1~4회(a~d)의 두 집단간 표상범위 비교

1에서 종합적으로 정리해서 보여주고 있는 바와 같이 34회에서는 전문가들은 서쪽과 동쪽의 정보들을 거의 같은 개수의 정보들을 표상함으로써 균형 있게 청킹과 표상을 하고 있지만 초보자들은 동쪽에만 치우친 청킹표상을 보여주고 있어 표상의 범위가 전문가들과는 많은 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

이와 같이 청킹 정보의 표상범위 차이를 확인해본 결과 전문가들은 초보자들에 비해 시행 후반부로 갈수록 양쪽 공항을 더 균형 있게, 더 정확하게 기억 청킹하고 표상하고 있음을 보여주고 있어 청킹 크기에서처럼 표상범위에서도 전문가들이 초보자들에 비해 넓고 안정된 범위를 기억에 담고 표상하고 있는 것으로 확인되었다.

3.4 논의

Chase 등 (1973)의 체스연구와 Egan 등 (1979)의 전기전문가 연구결과와 같이 관계사들도 전문성이 클 수록 청킹 크기가 유의미하게 큰 것을 확인 하였다. 이것은 전문관계사들이 갖는 시각적 정보처리의 유리함을 의미하며 한번에 입력되는 정보량(청킹)과 정보가 표상되는 정확성이 초보자들에 비해 매우 유리한 능력을 가지고 있음을 확인 하였다. 이러한 결과는 Hopkin(1995)의 주장처럼 관계사들이 경험을 통한 규정, 절차, 관계 등에 대한 지식축적을 심상모형을 잘 형성하여 가지고 있기 때문일 것이다. 다시 말해 이미 두뇌 속에 갖추어진 공역구조, 익숙한 항공기 호출부호, 항공교통흐름의 방향과 비행절차, 여러 가지 항공기 정보 등 기본적인 관계업무 환경데이터를 정확하게 보유하고 있어서 인지적 여유를 만들었을 것이고 이에 따라

전형적이고 단순한 패턴의 교통흐름에서는 초보자들에 비해 매우 유리한 정보처리 능력의 장점을 보였다고 할 수 있을 것이다.

결과에서 청킹 정보의 주류를 이루는 정보가 항공기 위치, 비행방향, 호출부호 정보라는 것에서 왜 관계사들은 정보인식의 편중이 생겼고 이러한 표상정보가 편중되는 이유가 무엇일까? 일반적으로 그림은 글자보다 더 잘 기억된다고 하였는데(Biscoe & Sampson, 1970; Bencomo & Daniel, 1975) 관계사들에게 제시되는 레이더 상에 표시되는 정보는 단순화된 픽토그램정보와 문자정보가 주어지기 때문에 이러한 단순한 정보체계의 차이가 기억에 유리한 점을 제공하여 위치와 비행방향정보가 청킹을 만드는 주요 정보가 되었을 것으로 추정하였다. 하지만 호출부호는 문자정보임에도 위치와 비행방향정보와 더불어 관계사들의 청킹에 유리한 정보가 된 것은 반복적인 훈련과 업무수행을 통해 항공기의 호출부호들이 일정부분 장기기억 속에 패턴화 되어있기 때문일 것이다.

이러한 점에서 볼 때 현재의 관계사들의 훈련방법이 용어숙지, 타기관 또는 섹터와 협조체계, 절차숙지, 다양한 지식을 숙지하게 하려는 지극히 외제적 요소에 초점을 맞춘 훈련방식이 관계사들의 실질적인 내제적인 요소인 정보인지 체계와 기억체계 등의 장단점을 고려하지 않고 있기 때문에 효율성을 증대시키지 못할 수도 있음을 생각해 보아야 할 것이다. 물론 외제적 요소가 내제적 요소들과 완전히 별개의 요소들이라고 볼 수는 없을 것이다. 하지만 내·외제적 훈련요소들의 특화된 장점을 고려한 관계사 훈련프로그램을 새롭게 시도해 본다는 것은 관계사들의

전문성 향상에 새로운 패러다임을 제공할 수 있음을 간과하지 말아야 한다. 관제업무에 특장점 요인이 되는 청킹 크기의 증가를 위한 정보인지 훈련 등 새로운 훈련프로그램과 정보제공에 있어 청킹기억에 유리한 정보 형태로 변경하는 등 관제사들에게 제공되는 정보형태의 개선을 통해 새롭게 관제전문성의 발전을 시도해 보는 것은 매우 가치 있는 일이라고 할 수 있을 것이다.

새로운 관제전문성 요인의 개발과 훈련프로그램 등 그동안 다루어 보지 못했던 내재적 요인들을 탐구하기 위하여 이번연구의 방법론 적인 의의는 매우 크다고 할 수 있을 것이다. 왜냐하면 지금까지 관제사들의 시각정보 처리에 있어 기본단위적인 요소를 다룬 연구는 없었기 때문에 관제사들이 갖는 시각정보의 청킹 패턴과 단위시간당 표상 정확성의 차이 등을 정확하고 과학적으로 증명해 보인 본 연구가 의미하는 바가 크다고 할 수 있을 것이다. 추가적인 연구가 가능하기 때문에 앞으로 비정상 상황이나 충돌위험 등 새로운 조작적 자극들에 대한 다양한 연구를 시도해 봄으로써 매우 고무적인 연구결과들을 도출 할 수 있을 것이다. 또한 Shackman 등(2006)의 연구에서 불안초조가 기억에 미치는 영향을 응용하여 청킹에 미치는 새로운 형태의 연구를 시도해보는 것도 매우 의미 있는 연구가 될 수 있을 것이다.

전문가 관제사들은 초보관제사들에 비해 편중되지 않은 표상을 하고 있다는 것을 연구 결과를 통해 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 관제업무에 있어 청킹크기의 차이와 정보처리의 여유를 통해 전문가들이 더 넓고 안정된 정보 기억을 처리하고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있으며 편중되지 않는 정보 표상과 탐색은 항공안전에 절대적으로 중요한 요인이 이라고 할 수 있다. 그 이유는 레이더 상에 주어진 시현 정보들을 탐색하고 기억하고 표상처리하는 일련의 과정에 있어서 편중된 지역에 치우친 정보탐색은 다른 지역의 탐색과 표상에서 비정상적인 교통상황 요인들을 놓칠 수 있는 개연성이 높아지기 때문에 안정적인 관제업무를 제공하기에는 초보자들의 편중된 표상과 범위는 적절하지 않은 요소라고 할 수 있다. 따라서 관제사들의 청킹 크기와 더불어 표상패턴의 안정화를 위한 다양한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

후 기

본 연구는 BK21 사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 대하여 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Baddeley, A. D., & Mehrabian, A. (1976). *The psychology of memory*. Basic Books New York.
- 2) Bencomo, A. A., & Daniel, T. C. (1975). Recognition latency for pictures and words as a function of encoded-feature similarity. *Journal of Experimental Psychology*, 104, 119-125.
- 3) Biscoe, T. J. and S. R. Sampson (1970). "Field potentials evoked in the brain stem of the cat by stimulation of the carotid sinus, glossopharyngeal, aortic and superior laryngeal nerves." *Journal of Physiology* 209(2): 341-358.
- 4) Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- 5) Egan, D. E., & Schwartz, B. J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, 7, 149-158.
- 6) Endsley, M. R. (1995a). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- 7) Endsley, M. R. (1995b). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 65-84.
- 8) Endsley, M. R. and D. J. Garland (2002). "Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review." Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- 9) Garland D.J, W. J. A., Hopkin V.D. (1999). Air Traffic Controller Memory. In S. E. S. Garland D.J, Muller J.K (Ed.), *Handbook of Aviation Human Factors*(pp.455-496).
- 10) Gronlund, S. D., Ohrt, D. D., Dougherty, M. R. P., Perry, J. L., & Manning, C. A. (1998). Role of Memory in Air Traffic Control. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4, 263-280.
- 11) Hopkin, V.D. (1995) *Human factors in air traffic control*. Taylor & Francis.
- 12) Landry, S. J., Sheridan, T. B., & Yufik, Y. M. (2001). A Methodology for Studying Cognitive Groupings in a Target-Tracking Task. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2, 92-100.
- 13) Means, B., R. J. Mumaw, et al. (1988). "ATC training analysis study: Design of the next-generation ATC training system."

Washington, DC: Federal Aviation Administration.

14) Mogford, R. H. (1997). Mental models and situation awareness in air traffic control. *International Journal of Aviation Psychology, 7*, 331-341.

15) Pape, A. M., D. A. Wiegmann, et al. (2001). "Air traffic control (ATC) related accidents and incidents: A human factors analysis. Focusing attention on aviation safety." Proceedings of the 11th International Symposium on Aviation Psychology.

16) Shackman, A. J., Sarinopoulos, I., Maxwell, J. S., Pizzagalli, D. A., Lavric, A., & Davidson, R. J. (2006). Anxiety selectively disrupts visuospatial working memory. *Emotion, 6*, 40-61.

17) Shorrock, S. T. (2005). Errors of memory in air traffic control. *Safety Science, 43*, 571-588.

18) Stein, E. S., & Garland, D. (1993). *Air traffic controller working memory: Considerations in air traffic control tactical operations* (DOT/FAA/CT-TN93/37). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration Technical Center.