

論文

심리학으로 바라본 항공교통관제사 인지능력

권혁진*

A Review of Cognitive Aspects of Air Traffic Controllers from a Psychological Perspective

Hyuk-Jin Kwon*

ABSTRACT

Aviation safety issues have drawn much attention from the international community due to the growing demand for air travel. Although it is a widely accepted fact that human-related factors are closely linked to aviation safety, there is lack of understanding what roles those factors play in aviation, in the field of air traffic control in particular. It has been reported that the role of air traffic controllers significantly affects air safety. This review will discuss cognitive aspects of expertise in air traffic control including time perception, working memory, reasoning, perception, attention, scanning/vigilance, decision making, and planning with examples of how each aspect can be dealt with in performing air traffic control duties. The relevant studies in psychology have also been briefly reviewed in the interest of enhancing understanding of characteristics of air traffic control tasks and the related human factors. This review concludes with a call for more in-depth research into cognitive factors in air traffic control.

Keywords : Air Traffic Controller(항공교통관제사), Cognitive ability(인지능력), Aviation safety(항공안전), Time perception(시간지각), Working memory(작업기억), Reasoning(추론), Perception(지각), Attention(주의), Scanning/vigilance(주사/경계), Decision making(의사결정)

1. 서론

항공교통의 안전은 인적요인을 빼놓고 이야기할 수 없을 정도로 깊은 관련을 맺고 있지만 인적요인에 대한 이해와 연구를 통한 정책적 대안 제시 등 각계의 노력은 아직 초보수준에 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 인간이 수행하는 모든 일에는 인간이 갖는 다양한 인적요인의 한계로

인해 크고 작은 실수와 오류가 발생할 수밖에 없다. 과학계에서 인지는 정신적 능력과 관련된 모든 것을 칭하는데, 주의, 기억과 작업기억, 판단과 평가, 추론과 계산, 문제해결과 의사결정, 이해와 말하기 등을 처리하는 일련의 과정을 뜻한다[1]. 인지는 의식과 무의식, 구체적인 것과 추상적인 것뿐 만 아니라 어떤 말을 떠올리는 직관과 어떤 말을 체계화 하는 개념을 의미하기도 한다[2]. 일반적으로 사람이 갖는 인지능력은 간단한 것에서부터 복잡한 과제를 수행하는데 필요한 두뇌기반기술(brain-based skill)을 말하는데, 이는 사람들이 어떤 과제를 학습하고, 정보를 기억하고 어떻게 문제해결을 해나가는지, 또 어떻게 주

2014년 10월 27일 접수 ~ 2014년 12월 24일 심사완료
논문심사일 (2014.12.19, 1차)

* 국토교통부 항공보안과 주무관(인지공학박사)

연락처, E-mail : jntower@korea.kr

세종시 도움6로 11 6동 국토교통부 항공보안과

의를 기울이는지 등과 같은 일련의 메커니즘과 관련된다. 예를 들면 사람들이 전화를 수신할 때 전화벨소리를 듣고 (지각), 수신여부를 결정하고 (의사결정), 수화기를 들고 (운동기능), 상대방과 대화하고 (언어 능력), 목소리 높낮이를 해석하고 상대방과 적절하게 상호작용하는 (사회적 기술) 모든 행위들이 인지능력에 해당한다. 또한 인지능력은 특정 신경망이나 뇌 구조에 기반하여 이루어지는데 사람의 기억능력은 특히 전두엽과 측두엽 부분에 의존한다[3].

인간이 갖는 여러 가지 인지적 한계는 항공안전 향상에 있어 큰 도전이 되고 있다. Pape 등 (2001)은 미국 교통안전국(NTSB; National Transportation Safety Board)이 보유한 13년간 (1985.1~1997.12)의 안전미확보 자료들을 분석한 결과 관제사들의 주의력 결핍과 기억실패와 같은 인지능력에 기반한 실수가 147건으로 82%를 차지해 가장 일반적인 유형이라고 보고하였다[4].

항공기가 지상활주에서부터 이착륙하는 단계까지 전체 운항과정에 관련된 관제업무에는 항공교통관제사의 주의, 기억 등 다양한 인지과정이 개입된다. 따라서 관제사의 인적요인에 대한 이해를 돕기 위한 인지능력에 관한 연구는 항공안전의 기반을 다지는 데 중요한 의미를 가진다.

본 논문에서는 심리학적 관점에서 항공교통관제업무의 인지처리에 대한 이해를 높이고 필요한 후속 연구를 제안하고자 한다. 항공교통관제전반을 알기 쉽게 설명하고 관제 업무특성에서 나타나는 관제사들의 인지과정을 구체적으로 논하고자 한다. 이에 항공교통관제 업무의 특징들을 소개하고 임무 수행과정에서 나타나는 관제사들의 인지적 특성들을 살펴보고자 한다. 관제사들의 업무를 중심으로 하는 심리학적 연구방법과 개념을 적용한 선행연구가 많지 않은 관계로 항공과 관련된 일반적인 심리학 연구논문들을 중심으로 살펴보고, 관제탑관제, 접근관제, 항로관제 등 관제 분야별 전반적인 내용을 다루었다. 본 논문을 통해 항공교통관제 분야의 인적요인관련 연구에 대한 흥미와 관심이 높아질 수 있기를 바라며 후속 연구에 대한 필요성과 해결 과제 또한 제안하고자 한다.

2. 본 론

항공교통관제분야는 크게 관제탑관제업무, 접근관제업무, 항로관제업무로 등으로 나뉜다. 관제탑 관제사는 활주로, 유도로, 및 공항주변의 항공

기들의 움직임을 주로 시각적으로 확인하면서 관제업무를 수행한다. 레이더 장비를 활용하여 이루어지는 접근 및 항로 관제사의 업무는 레이더 화면에 시현되는 항공기 비행상태에 대한 표시된 정보들을 지각하고 상황을 판단하고 미래상황을 예측한다. 레이더 화면과 관제탑의 시각정보를 지각하고 조작하는 관제업무는 다양한 인지적 능력을 요구하는 과정을 수반한다[5].

이러한 관제사들의 인지능력이 항공안전에 미치는 영향이 커서 선발과정에서 적성검사와 인지능력을 평가하는 것은 필수적인 조건이 되었다 [6, 7]. 항공교통관제사는 항공기 간 최소한의 안전분리와 충돌 방지, 항공기의 이동경로 계획 그리고 상황판단 처리를 통해 안전하고 효율적인 항공교통업무를 수행한다[8]. 또한 그들은 항공기가 이착륙을 위해 움직이는 모든 과정을 모니터링 한다. 아울러, 다른 항공기들의 움직임이나 장애물의 높이와 위치 등 안전에 영향을 줄 수 있는 많은 요소들을 고려하여 의사결정을 하고 안전을 위한 항공교통관리업무를 수행한다[9].

항공교통 안전에 직간접적인 영향을 미치는 것은 관제사들의 상황판단, 미래예측과 의사결정이다. 그들이 제공하는 안전에 대한 의사결정과 그것을 전달하는 언어의 활용은 관제사 개인의 역량과 전문성에 따라 수준이 달라진다. 관제사들은 단순히 하늘과 땅의 항공기들의 움직임에 기계적인 반응을 하는 것이 아니다. 즉 하늘의 기상정보와 활주로 주변의 유지보수공사 등 항공기 운항에 영향을 미치는 다양한 환경변화와 정보들을 이해하고 항공기 안전운항에 도움이 되는 미래상황을 예측하는 것이 핵심이다. 관제사들의 인지능력은 시간지각, 작업기억, 상황추론, 시각 및 청각정보의 지각, 주의, 사주경계, 의사결정, 계획 등 다양한 두뇌기반 능력을 토대로 한다.

2.1 시간지각(Time Perception)

관제사들의 여러 인지적 특성 중에서 시간지각은 항공교통관제사가 갖추어야 할 전문성 중에서 중요한 요소에 하나이다. 이것은 관제사들이 업무환경에서 주어지는 항공교통 정보들을 지각하여 미래상황을 예측하는데 적용하는 인지적 기술이다. 관제사는 항공기에 대한 비행특성과 기상상태가 주는 영향 등 다양한 정보와 함께 시, 분, 초단위의 시간흐름에 대한 양적변화 추이를 가급적 정확하게 지각하여 미래상황을 예측한다. 공간 및 시각 정보의 변화에 대한 감각과 함께 시간적 요소에 대한 감각이 더해져 공간을 뛰어

넘는 미래상황을 정확하게 예측하게 된다[10]. 다시 말해 관제사들은 항공교통상황을 판단하고 예측함에 있어 레이더 화면이 제공하는 항공기 위치, 속도 등의 정보와 공항 내 및 그 주변 항공기에 대한 시각적 상황정보 등을 지각한다. 동시에 미래상황예측에 필요한 시간지각의 적용을 통해 보다 정확한 상황을 추정하고 예측된 상황에 대응하기 위한 실질적 조치를 수행하게 된다. 미래상황에 대한 예측 정확도가 높은 전문성을 갖춘 관제사들은 예측된 상황정보를 바탕으로 보다 명료하게 관제지시를 내릴 수 있다. 하지만 미래상황 예측의 정확성이 떨어지는 초보 혹은 미숙한 관제사들은 의사결정이 늦고 불분명하거나 확신 없는 관제지시로 혼선을 빚게 되는 상황을 야기하기도 한다. 이에 미래상황 예측과 시간지각 전문성은 관제사의 수행능력 수준을 결정짓는 중요한 요소라 할 수 있다.

시간지각의 범위는 관제 분야별로 조금씩 다르다. 관제탑 관제는 활주로와 그 주변 항공기들의 역동적인 움직임을 주로 육안으로 관측해 예측을 수행한다. 공항 규모와 특성에 따라 다르긴 하지만, 예를 들어 착륙단계와 지상 활주단계 항공기들이 해당 과업을 수행하는데 필요한 시간은 보통 3~4분 정도의 짧은 시간이다. 다른 관제업무 영역에 비해 기억과 의사결정 등이 빠르게 이루어지기 때문에 주어진 시간적 제약 내에서 보다 정확한 지각을 필요로 한다.

반면 접근관제와 항로관제는 레이더 화면상에 나타나는 항공기들에 대한 시간지각을 적용하는 것이다. 레이더 관제는 일정한 공역 내에서 움직이는 항공기들을 다루는데 항공기의 비행속도는 빠르지만 이동 범위가 넓고 비행구간의 길이가 길어 관제탑 관제보다는 시간적 여유를 가질 수 있다. 레이더 관제업무 중에서도 업무특성 상 접근관제가 항로관제 보다는 다루는 공역 범위가 좁기 때문에 지각해야 하는 시간단위의 폭은 좁다고 할 수 있다. 일반적으로 접근관제에서 항공기가 공역에 들어와 활주로의 연장선인 최종 접근로까지 비행하는 시간은 10여 분 정도이다. 반면 항로관제에서는 항로구간의 길이에 따라 다르지만 각 관제구역별 비행시간은 20여 분인 경우가 많다.

관제사들은 항공기간의 잠재적 위험을 예측하기 위하여 위치정보를 먼저 살피고 이후 고도정보를 비교한다[11]. 또한 Bouju(1978)는 관제사들의 예측과 관련해서는 수평분리가 수직분리 보다 더 정확하다고 보고하고 있다[12]. 관제사들은 지각된 정보들을 비교분석하면서 시간변화의 추이

를 가급적 정확하게 적용하고 추정함으로써 앞으로의 상황을 예측하게 된다. 다시 말해 관제사들은 항공교통상황을 판단하고 예측함에 있어서 항공기의 위치, 속도와 여러 가지 상황정보 등을 지각하고 동시에 시간지각에 의해 미래상황 예측을 수행한다.

인간의 시간지각은 상황에 따라 다르게 나타나는데 심리적 또는 정보처리 메커니즘을 통해 시간지각에 대한 감각을 이해할 수 있다[13]. 첫 번째 시간경과를 추정함에 있어서 두 사건을 기준으로 두 사건 간에 얼마의 시간이 흘렀는가를 측정하게 되는 경우가 있다. 예를 들면 아침에 알람소리를 듣고 잠에서 깨어나 침대에 앉아 졸다가 침대에서 나온 시간사이에 큰 차이가 있음을 인식하기도 한다. 두 번째는 시간의 동시성과 연속성에 대한 것이다. 동시성과 연속성은 같은 시점이라기보다 하나의 사건에서 다른 하나의 사건이 발생하는 시간을 느낄 때 두 사건이 분리되는 최소의 시간간격 단위가 존재하느냐 하는 것이다. 분리 시간간격이 존재한다면 연속성으로 존재하지 않는다면 동시성으로 보아야 한다. 세 번째는 어떤 것이 처음에 발생하고 그 다음에 발생하는 것이 무엇인지를 차례로 구분할 수 있는, 시간의 피로표를 배분하는 것으로 사건발생 순서 또는 차례를 구분하는 것이다. 네 번째는 주관적인 현재로, 우리가 현재 상황에서 느끼는 몇 초는 현재로 인식하고 나머지는 과거 또는 미래라고 인식하는 것이다. 다섯 번째는 예상이나 계획의 개념으로 사건이 발생하기 전에 사건의 순서를 차례로 정해 인식하는 것이다[13].

인간이 느끼는 시간지각이 다르듯 관제사들의 미래상황에 대한 예측은 시간지각 능력을 얼마나 정확하게 적용하느냐에 따라 차이가 날 수 있다. 따라서 관제 전문성에 따른 관제사들의 시간지각에 대한 특징과 상황, 감정, 피로 등 다양한 요소에 의한 시간지각의 정확도 변화 등 체계적인 연구를 바탕으로 관제분야에 적용할 수 있는 시간지각 전문성 향상 방안을 마련해 나가는 것이 중요하다.

2.2 작업기억(Working Memory)

정보를 지각하고 인출하는 작업기억은 대부분의 의식적 인지활동이 일어나는 저장소이기도 하다[14]. 작업기억은 일시적으로 언어적 또는 시공간적 정보를 보통 15초 정도 저장하는 것으로 보고되었다[15, 16]. 일반적으로 언어적 음성정보 작업기억은 소리, 숫자와 단어를 일반적으로 암

송할 수 있는 기억이다. 항공교통관제사는 조종사로부터 요구사항이나 전달사항을 확인하는데 작업기억의 체계를 사용한다[17]. 따라서 작업기억은 조종사와 항공교통관제사의 상호 무선통신에 중요한 요소이다. 또한 관제사는 비행진행기록지의 정보를 읽고 시공간적 정보인 고도, 속도, 방향, 위치정보를 일시적으로 작업기억에 유지해야 한다. 시공간 작업기억은 항공교통관제사가 공역에 대한 정보를 유지하기 위해 사용된다[18]. 시공간 작업기억은 항공교통관제 레이더 화면 정보를 기억함에 있어 단지 숫자로만 나타나 있는 주요한 정보를 3차원 공간형태로 이미지화해서 저장한다. 복잡하게 변화하는 교통상황 속에서 지속적 상황을 이미지화하는 작업은 아주 중요한데, 이때 여러 가지 필요한 정보를 저장하여 활용하고 판단한 정보를 일시적으로 저장하는 공간으로서 작업기억은 관제사 인지활동에 매우 중요한 역할을 담당한다. 관제사들의 기억능력과 관련한 연구는 관제사의 전문성에 따라 한 개의 정보묶음(chunking)으로 인지되는 시각정보를 단기 기억에 저장했다가 인출하는 과정, 즉 기억해내는 과정에 차이가 있음을 보여준다[19]. 이 연구는 관제전문가와 초보관제사들에게 5초간 레이더 화면을 보여주고 여러 개의 항공기 비행관련 시각정보를 기억하여 인출하도록 하였다. 그 결과 전문가 집단이 초보집단에 비해 단기 작업기억에 저장하여 인출한 정보의 양이 유의미하게 많았으며 정확성도 높았다. 관제전문가들은 단기기억의 정보 묶음을 크게 인지하여 작업기억 처리용량을 크게 하는 것으로 상황인식의 효율성을 높인다는 것을 보여주는 것이다.

항공교통관제 업무환경 개선을 통해 관제사들의 작업기억 능력을 높이는 것이 항공안전에 기여할 수 있다는 측면에서 보았을 때 반대로 작업기억 기능을 방해하는 요소가 무엇인지 탐구할 필요성이 있다. 즉, 어떤 환경에서 작업기억 효율성이 높아지고 혹은 떨어지는가에 대한 연구를 통해 보다 효율적이고 안정적인 관제환경과 시스템 개발이 가능해질 수 있을 것이다. 관제사가 단기적으로 기억하는 정보를 작업기억상에서 잃는 것은 새로운 과제 처리를 위해 주의이동(attention shift)이나 주의분산(distracting) 등이 요구되는 때에 특히 심해진다. 가령 관제사가 컴퓨터 화면에 정보를 입력하거나 비행차트를 보는 일, 다른 관제사와 잡담을 하거나, 안경을 고쳐쓰는 등의 사소한 주의분산 행동이 작업기억의 정보손실을 가속화시킨다. 업무 대부분이 시각정보와 음성정보를 통해 이루어지는 항공교통관제

의 특징을 볼 때 시각정보와 시각정보간, 음성정보와 음성정보간, 또는 그 둘이 혼합된 정보들간의 간섭 등 작업기억 활용을 방해하거나 효율성을 떨어뜨리는 여러 가지 환경에 대한 연구가 필요한 상황이다.

2.3 추론(Reasoning)

추론은 주어진 정보로부터 결론에 도달하기 위한 제반 인지과정으로[20] 의식적 혹은 무의식적으로 행해질 수 있다[21]. 문제해결과정에서 추론은 두 가지 과정을 통해서 이루어 질 수 있는데 연역적 추론은 지식을 토대로 특정 상황과 내용에 일치하는 결론에 도달 하는 것이고[22], 귀납적 추론은 일반적으로 문제나 과제를 비교하여 가설을 수립·비교하고 규칙을 발견하여 결론에 도달하는 것을 말한다[23]. 연역적 및 귀납적 추론은 항공교통관제사 선발을 위한 직무분석에서도 주요한 인지적 속성으로 여겨진다[24]. 항공교통관제사에게 있어 추론은 이미 인지하고 있는 교통 흐름과 상황들을 토대로 새로운 문제해결 또는 의사결정에 도달하는 과정이다. 따라서 항공관제업무에서 추론은 논리적 확충과 지식에 기반해 사전에 인지하고 있는 상황을 미래상황에 적절하게 적용하는 것이다.

특히 공간시각화(spatial visualization)에 대한 추론은 주어진 공간적 형태에서 방향 또는 위치가 바뀔 때 어떤 형태로 나타날 것인지를 결정하는 공간적 정보를 의미한다[25]. 3차원 공간에서 항공기 이동을 고려하여 다른 고도, 속도와 방향 정보를 항공교통관제사가 조종사에게 제공하여 충돌을 방지하는 업무를 수행하기 위한 공간 시각화에 대한 공간 추론은 항공교통관제사가 공간적 정보를 처리하는 데 있어 중요하다[26]. 공간 추론은 항공교통관제사 선발과제, 훈련 및 교육을 위한 기본적인 인지능력으로서 레이더 화면에 전시되는 3차원적 정보를 신속하고 효과적으로 인지하기 위한 요소이다. 차세대 ATM 운영을 위한 시간관리 개념이 포함되어 4차원적 사고가 필요하게 되면서 더욱 더 중요하게 인식되고 있다[27]. 추론은 시간지각과 함께 주어진 정보의 변화추이와 패턴을 고려하여 앞으로의 상황을 예측하는 데 쓰이는 인지기술로 관제분야의 탁월한 전문성을 가지는 사람을 대상으로 그들의 추론 패턴과 특징을 확인해 보는 연구는 향후 관제사 교육 및 훈련방식의 발전을 위해서도 필요하다.

2.4 지각(Perception)

항공교통관제 분야 연구에서 중요한 또 다른 인지 전문성 요소는 지각(perception)이다[28]. 항공교통관제업무를 수행하는 동안 항공교통관제사는 시각 및 청각적 특성을 갖는 정보를 지각함으로써 개개 정보를 구조화하고 응집(chunking)하여 하나의 의미로 처리해 낸다. 관제사들은 보고 듣는 이러한 일차적 지각을 통해 항공교통관제 정보를 이해하게 된다. 또한 복잡한 항공관제업무를 수행하는 항공교통관제사는 시각 및 청각적 정보를 지속적으로 사용한다. 항공교통관제사는 항공기 정보를 시각적으로 확인하거나 조종사와의 무선교신을 통한 청각적 정보를 처리하는 과정을 통해 정보지각, 상황이해 및 미래를 예측하는 복잡한 인지과정을 거쳐 전체적인 교통상황을 인식하고 처리한다[29]. 입력된 다양한 정보에 동시 반응하고 항공기 진로를 계획하기 위한 상황인식을 계속적으로 업데이트시켜 형상화 하는 등 복잡한 항공관제업무가 필요로 하는 인지능력은 인간이 가진 제한된 인지능력 이상을 요구한다. 따라서 관제사들은 다양한 항공관제시스템들로부터 도움을 받아 관제업무를 수행한다. 대부분의 항공교통관제사는 항공관제시스템의 디스플레이 화면에 전시되는 각종 정보를 토대로 업무를 수행하며 이 디스플레이 화면이 항공관제장비와 인간의 상호작용을 위한 의사소통의 기본적인 수단 중 하나이다. 항공관제시스템은 항공교통관제사가 관제업무를 하는 데 필요한 중요한 정보를 제공하고 특히 항공기간 충돌을 사전 예측하고 지정된 경로에서의 이탈 또는 관제시스템 고장 등의 정보를 디스플레이 화면에 시각적으로 표출하거나 경고신호음 등 청각적으로 표출하여 항공교통관제사가 인지할 수 있도록 도움을 주기도 한다.

2.5 주의(Attention)

주의는 특정한 대상을 선택하여 집중하는 인지적 처리과정으로 그 용량이 한계가 있다[30]. 정보는 과제와 관련된 목표에 따라 우선순위가 매겨지고 해당 용량도 할당되어야 한다. 특히 항공교통관제 업무에서는 선택적 주의, 분할 주의 및 지속적 주의가 중요하다[31]. 항공교통관제사는 많은 양의 시각 및 청각정보를 처리하면서 주의를 집중해야 한다. 다양한 형태로 제공되는 정보의 특성상 항공교통관제시스템이 항공관제사의 인지적 능력을 보완해 준다. 항공관제시스템은

급격하게 증가하는 교통량을 처리하기 위해 필요한 정보를 적절한 시기에 항공교통관제사가 인지하고 이해할 수 있도록 제공한다. 또한 시간적 낭비를 줄여 줄 수 있도록 알람 기능 등 주의를 불러일으키는 자극을 보조적으로 제공하기도 한다. 레이더 화면에서 항공기정보에 대한 크기, 모양, 색상 또는 강도의 변화나 점멸 신호 등은 충돌하는 항공기를 지각하고 주의력을 보강하는 데 큰 도움을 준다. 항공교통시스템의 발전과 더불어 여러 가지 인지기능에 대한 자동화 또는 보완 시스템들은 항공교통관제사의 정보처리능력에 과중한 부담을 줄여주고 있다. 하지만 이는 동시에 관제사의 주의력을 저하시키고 자동화에 지나치게 의존하는 행동경향을 야기함으로써, 자동화 시스템의 붕괴와 같은 돌발 상황에서 관제사가 스스로 문제를 해결할 수 있는 능력을 떨어뜨리는 결과로 이어져 무방비 상태에 놓이게 하는 등 안전과 관련한 또 다른 문제점으로 지적되고 있기도 하다.

실제로 현장의 관제사들이 얼마나 오래 주의력을 유지하는지, 또 주의력을 높이는 데 필요한 환경의 요소 등에 대한 연구는 관제사들의 실질적 인력운영과 안전도 향상에 기여할 수 있을 것이다.

2.6 주사/경계(Scanning/Vigilance)

항공교통관제사는 상황을 판단하고 상황인식을 유지하기 위해 지속적으로 정보를 확인해야 하며 발생하는 모든 상황을 감시해야 한다. 특히 레이더 관제사는 대부분의 시간을 레이더 화면을 주시하는 데 사용한다. 항공교통관제에서 주사는 관할구역 내 항공교통관제사의 관제업무 상황인식에 영향을 끼칠 수 있는 시각적 정보를 획득하기 위한 체계적이고 지속적인 활동이다[32] Stein(1992)은 인간의 시각 탐색 및 형태 인식이 순차적이기 때문에 각종 정보로 가득한 화면에서 항공교통관제사가 시각적 주사 과정(visual scanning process)을 순차적으로 수행하는 과정에서 부주의함으로 인해 주요한 정보를 놓치는 결점을 보일 수 있다고 하였다[32]. 특히 훈련되지 않은 초보자의 경우 중요하게 인식해야 할 정보를 포함한 신호를 주사과정에서 간과하는 반면 상대적으로 중요하지 않는 신호를 탐색, 인지하기도 한다. 또한 시각 표집(visual sampling)의 질은 시각적 환경에서 주어진 정보의 양에 의해 제한을 받거나 레이더 화면상에 보이는 시야와 혼잡한 유도로, 계류장 지역에 시야차폐 등에 의

해서 저하된다. 특히 항공관제 시스템의 항공기 경로를 감시하고 예상된 경로로부터 벗어나는 항공기를 중점적으로 확인해야 한다. 따라서 항공교통관제사는 시스템 경고신호에 대한 의식을 강화할 필요가 있다. 피로도와 주사/경계 수준 및 전문 관제사와 초보 관제사를 비교분석하는 전문성 정도에 따른 업무 능력 차이도 보다 심층적 연구를 통해 확인할 필요가 있다.

2.7 의사결정(Decision Making)

의사결정은 두 가지 또는 그 이상의 방법이나 대안이 있는 경우 확실성과 위험 등을 고려하여 하나를 선택하는 인지과정이다[33]. 의사결정은 개인적 경험이나 인지능력 차이에 의해서 영향 받을 수 있고 한 번도 접해보지 않은 상황 혹은 비정상적인 상황에 놓였을 때 어려워 질 수 있다. 예를 들면 가용할 수 있는 데이터가 충분하지 않으면 항공기간 충돌을 결정하기가 쉽지 않다. 항공교통관제에서 대부분의 의사결정은 상대적으로 규칙적인 순서와 방법으로 처리되는데, 항공교통관제사는 현재 상황을 정확하게 인지하고 분류하여 적절한 절차를 선택하여 안전한 방향으로 의사결정을 한다. Klein 등은 경험 있는 의사결정자가 해당 영역에서 더 큰 형태의 패턴과 관련된 반응을 학습하고 유사한 형태의 상황을 더 쉽게 인식하며 적절한 반응을 나타냄을 확인하였다[34]. 따라서 숙련된 항공교통관제사는 불확실한 환경에서 복잡하고 역동적인 다량의 항공기를 유연하게 대처할 수 있다. 이 같은 대처법은 정기적 훈련뿐만 아니라 직무 수행을 통해 습득되는데, 항공교통관제사의 인지적 능력이 훈련과 직무경험을 통해 관제업무에 특화되어 숙련의 단계에 이르는 것이라 할 수 있다. 그러나 이 경우 인간의 정보처리 능력 자체가 반드시 향상되었거나 발전되었다고 볼 수 있는 것은 아니다.

2.8 계획수립(Planning)

항공교통량 증가에 따른 항공교통흐름을 계획하고 관리하는 계획수립은 항공교통관제사의 인지적 능력과 한계를 극복하는데 도움을 주어 관제업무 수행에 있어 반드시 필요한 요소이다[35]. 계획수립은 다양한 인지적 측면에서 예측하기 어려운 상황에 대한 문제해결과 충돌방지에 많은 도움을 준다. 즉 비항공역 내 입출항이 빈번한 공역 수용량의 한계, 심각한 악기상이 발생했거나 예상되는 공역, 공항주변 공역 내 접근 절차

의 형태 등을 고려한 항공교통관제 처리 계획의 수립은 업무능력 향상과 관련한 중요한 요소이다. 이러한 제한 요소들을 미리 고려하여 꼼꼼하게 수립한 계획은 관제사들이 처리할 수 있는 용량의 한계에 이르는 항공기 수의 관제처리와 예상치 못한 돌발 상황에서 항공기들에 대한 효율적인 대응이 가능하게 하는 등 항공교통흐름관리에 도움을 줄 수 있다. 관할공역 내에서 항공기의 경로를 제공하는 업무는 계획수립을 위한 다양한 인지적 요소와 관련된 복잡한 인지과제 수행을 필요로 한다[36]. 계획수립을 돕기 위해 활용되는 컴퓨터가 제공하는 최신 자료들은 예측의 정확성, 신뢰성, 지속성, 타당성 등을 높인다. 예를 들어 복잡한 항로상에서 항공교통관제 시스템이 항공기의 충돌을 사전 탐지한다면 항공교통관제사의 업무 부담을 줄이고 효율적인 교통흐름을 유지할 수 있다. 그러나 이런 보조 장치들로 인해 나타날 수 있는 예측 오류, 오경고 등을 막기 위해서는 관제업무에 대한 올바른 이해와 항공교통관제사의 전문적 기술과 지식 및 경험 등이 중요하다[37].

3. 결 론

항공수요의 증가와 더불어 항공안전에 대한 관심은 높아져 가고 있다. 이에 항공교통관제사들의 역할과 그들의 전문성은 더욱 주목받게 되었으며, 관제사의 전문성을 심리학적으로 접근해 연구하는 것은 의미가 있다.

업무경험이 많은 숙련관제사라 하더라도 신체적, 환경적 변화에 따라 수행능률은 달라진다. 항공관제업무 수행에서도 예외 없이 수행능률은 편차를 보이는데, 일반적으로 전문성이 높아질수록 관제사들 업무수행능력 편차는 줄어들지만 그런 탁월한 전문성을 가지는 수준이 되기까지는 많은 훈련시간과 관제경험이 필요하다.

본 논문은 기초연구 리뷰를 통해 항공안전과 관련한 중요한 연구 분야를 소개하고자 하였다. 다양한 연구필요성과 아이디어 등을 소개함과 동시에 항공분야에 대한 이해를 높임으로써 항공종사자들에 필요한 인지적 적성요소와 전문성 개발·향상 등에 대한 관심을 높일 수 있는 기회가 되기를 바란다. 관제사를 포함하는 항공종사자들에 대한 인지적 특성에 대한 다양한 심층 연구를 통해 보다 적합한 항공종사자 선발 프로그램 개발이 이루어질 수 있을 것이다. 또한 주의, 기억, 피로 등의 요소가 끼치는 영향에 대한 연구를 통

해 관제조직의 과학적인 인력운영을 가능하게 하고 이를 법제화 하는 등 정책적 패러다임의 전환도 필요할 것이다. 또한 국제항공분야의 선도국으로서 ICAO, APEC 회의 등에 항공안전과 관련한 인적요인 연구 결과를 공유하고 국제규정과 시스템 개발 등과 관련하여 주도적 역할을 함으로써 진정한 항공선진국으로서 위상을 높일 수 있을 것이다.

관제업무가 항공기 운항에 미치는 영향은 막대하다. 그런 점에서 관제사들의 인적요인 연구 등 과학적인 접근을 통한 항공사고 예방을 위한 업무환경 개선, 레이더 장비 등 관제 시스템 개선, 훈련 프로그램 개발, 교육 교자재 마련 및 인력운영은 지속적인 관심과 지원이 이어져야 할 것이다. 본 논문이 관제분야 전반에 대한 이해를 위한 설명과 관제업무에 관여된 인지능력에 대한 포괄적인 논의만을 다루어 보다 실증적인 결과를 제시하지 못한 아쉬움은 있으나 항공기 안전운항과 관제분야의 특징 및 개선점을 심리학적인 측면에서 다루었다는 데 대해서는 의미를 둘 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1) Von Eckardt, Barbara., 1996, "What is cognitive science?", Massachusetts: MIT Press. ISBN 9780262720236.
- 2) Blomberg, O., 2011, "Concepts of cognition for cognitive engineering", *International Journal of Aviation Psychology* 21 (1): 85-104. doi:10.1080/10508414.2011.537561.
- 3) Sternberg, R. J., & Sternberg, K., 2009, *Cognitive psychology* (6th Ed.). Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning.
- 4) Pape, A. M., Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A., 2001, "Air traffic control (ATC) related accidents and incidents and incidents: A human factors analysis. Paper presented at the 11th annual International Symposium on Aviation Psychology", Columbus, OH: The Ohio State University.
- 5) Roske-Hofstrand, R. J., & Murphy, E. D., 1998, "Human Information Processing. In M. W", Smolensky, & E. S. Stein (Eds.), *Human Factors in AIR TRAFFIC CONTROL* (pp. 65-114). San Diego, CA: Academic Press.
- 6) Consequences of future ATM systems for air traffic controller selection and Training (CAST), 1998, "Consequences of Future ATM systems for Air Traffic Controller Selection and Training. WP1: Current and Future ATM Systems (AI-97-SC.2029)", Brussels, Belgium: European Commission EC PFIV DGVII Air Transport Project
- 7) Sells, S. B., Dailey, J. T., & Pickrel, E. W., 1984, "Selection of Air Traffic Controllers. Washington, DC: Federal Aviation Administration Office of Aviation Medicine. NTIS#ADA147765.
- 8) Bruce, D. S., 1996, "Physical performance criteria for air traffic control tower specialists", Washington, DC: Federal Aviation Administration.
- 9) Hasse, C., Bruder, C., Grasshoff, D., & Eißfeldt, H., 2009, "Future ability requirements for operators in aviation regarding monitoring", *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*, Vol. 8, pp.159-160.
- 10) Boudes, N., & Cellier, J. M., 1998, "Etude du champ d'anticipation dans le controle du trafic aerien", *Le travail humain*, 6, 29-50.
- 11) Lafon, M. T., 1978, "Observations en trafic reel de la resolution des conflits entre avions evolutifs", Rapport IRIA CO 7802 R.
- 12) Bouju, F., 1978, "Analyse de la prevision de la separation entre deux avions evolutifs convergents", Rapport IRIA CO 7802 R.
- 13) Ernst Poppel., 1978, "Time perception", *Perception handbook of sensory physiology*, Vol. 8, pp. 717-718.
- 14) Baddeley, A. D., 1986, "Working memory", Oxford: Oxford University Press.
- 15) Brown, J., 1958, "Some tests of the decay theory of immediate memory". *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- 16) Peterson, L. R., & Peterson, M. J., 1959, "Short-term retention of individual verbal items", *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.
- 17) Morrow, D., Lee, A., & Rodvold, M., 1993, "Analysis of problems in routine controller-pilot communication", *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 3, pp.285-302.

- 18) Logie R. H., 1995, "Visuo-spatial working memory", Hove, UK: Erlbaum.
- 19) 권혁진, 함성수, 김혜정, 한정원, 손영우, "항공교통관제 전문가와 훈련관제사의 시각정보 처리 차이". 2010, 한국항공운항학회, 제18권 제1호, pp.72-82.
- 20) Thurstone, L. L., 1938, "Primary mental abilities", *Psychometric monographs*, No. 1.
- 21) Johnson-Laird, P. N., 1999, "Deductive reasoning", *Annual review of psychology*, Vol. 50, pp.109-135.
- 22) Riesbeck, C., & Schank, R., 1989, "Inside case-based reasoning", Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 23) Klauer, K. J., & Phye, G. D., 2008, "Inductive reasoning: A training approach. Review of Educational Research", Vol. 78, pp.85-123.
- 24) Aerospace Sciences Incorporated, 1991, "Air Traffic Control specialist pre-training screen preliminary validation", Fairfax, VA: AerospaceSciences, Inc. Report.
- 25) Lohman, D. F., Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Regian, J. W., 1987, "Dimensions and components of individual differences in spatial abilities", In *S. H. Irvine & S. E. Newstead* (Eds.), *Intelligence and cognition: Contemporary frames of reference* (pp. 253-312). Dordrecht, The Netherlands; Martinus Nijhoff.
- 26) Allen, G. L., & Kirasic, K. C., 1985, "Effects of the cognitive organization of route knowledge on judgments of macrospatial distance", *Memory & Cognition*, Vol. 13, pp.218-227.
- 27) Neal, A., Flach, J., Mooij, M., Lehmann, S., Stankovic, S., & Hasenbosch, S., 2011, "Envisaging the future air traffic management system", *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 21, pp.16-34.
- 28) Marr, D., 1982, "Vision", San Francisco: W. H. Freeman.
- 29) Endsley, M. R., 1988, "Design and evaluation for situation awareness enhancement", In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 32, No. 2, pp.97-101). SAGE Publications.
- 30) Anderson, J. R., 2009, "Cognitive psychology and its implications", Worth publishers.
- 31) Taylor, J. L., O'Hara, R., Mumenthaler, M. S., Rosen, A. C., & Yesavage, J. A., 2005, "Cognitive ability, expertise, and age differences in following air-traffic control instructions", *Psychology and aging*, Vol. 20, pp.117-133.
- 32) Stein, E. S., 1992, "Air Traffic Controller Visual Scanning" (No. DOT/FAA/CT-TN92/16). FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION TECHNICAL CENTER ATLANTIC CITY NJ.
- 33) Edwards, W., 1962, "Dynamic Decision Theory and Probabilistic Information Processings", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 4, pp.59-74.
- 34) Klein, G. A., Orasanu, J., Calderwood, R., & Zsombok, C. E., 1993, "Decision making in action: Models and methods", Norwood, NJ: Ablex.
- 35) Gronlund, S. D., Dougherty, M. R., Durso, F. T., Canning, J. M., & Mills, S. H., 2005, "Planning in air traffic control: Impact of problem type", *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 15, pp.269-293.
- 36) Mumford, M. D., Schultz, R. A., & Van Doom, J. R., 2001, "Performance in planning: Processes, requirements, and errors", *Review of General Psychology*, Vol. 5, pp.213-240.
- 37) Hopkin, V. D., 1982, "Human factors in air traffic control", London: Taylor and Francis.