

論文

인지과제분석(Cognitive Task Analysis)을 통한 항공교통관제사의 전문성 확인

송창선*, 권혁진†, 김경태**, 김진하***, 이동식***, 손영우****

Exploring Air Traffic Controllers' Expertise through Cognitive Task Analysis

Chang-Sun Song*, Hyuk-Jin Kwon†, Kyeong-Tae Kim**, Jin-Ha Kim***, Dong-Sik Lee*** and Young-Woo Sohn****

ABSTRACT

The purpose of this research was to identify expertise in air traffic control by using cognitive skill analysis for novices and experts in routine and non-routine situations. The result of study was to understand expertise in air traffic control tasks in terms of what cognitive processes are responsible for the expert's high performance levels. The problem solving task was difficult for novices, but performed relatively automatically by experts in a routine situation. The difficulty could indicate the presence of controlled processing. Rather than rules and strategies, novices focused more on environmental factors, which merely increase cognitive load. In a non-routine situation, novices showed that they did not categorize the information consistently and alternative resources were not available for them. Experts, however, performed automatically a task by arranging and organizing information related to problem solving components in contexts without regard to a routine and non-routine situation. Especially experts developed a stable representation and directed alternative resources for air traffic flow and efficiency. Based on the results, cognitive processes of experts could be useful to understand expert performance and analyze the learning process, which imply the necessity of developing expertise systematically.

Key Words : Air Traffic Controller(항공교통관제사), Cognitive Task Analysis(인지과제분석), Expertise(전문성), Cognitive Skill(인지기술)

1. 서 론

항공교통량의 상당한 증가에 따라 21세기의 항

공교통관제업무의 중요한 변화는 항공기가 운항하는 동안 이륙, 순항 그리고 착륙하는 모든 단계에서 항공기가 안전하고 효율적으로 이동하도록 항공교통업무(ATS: Air Traffic Services), 공역관리(Airspace Management), 항공교통흐름(ATFM: Air Traffic Flow Management)를 통합하는 항공교통관리(ATM: Air Traffic Management) 업무를 제공한다[1]. 항공교통관제사의 의사결정, 계획수립, 문제해결, 그리고 시분할 같은 인지적 과정은 논의의 중점에 따라 과정 또는 기술에 의해 나타날 수 있다[2]. 대부분의 인지적 과정과 구조는 단일방향 또는 연속적으로 생각되거나 통계적 고

2014년 10월 27일 접수 ~ 2014년 12월 25일 심사완료
논문심사일 (2014.12.24, 1차)

* 연세대학교 인지과학연구소 연구원

** 연세대학교 행동과학연구소 연구원

*** 연세대학교 대학원 심리학과 박사과정

**** 연세대학교 심리학과 교수

† 국토교통부 항공정책실

연락처, E-mail : jntower@korea.kr

세종시 도움6로 11, 6동 국토교통부 항공보안과

정적 실체(entities)로 여겨지지 않아 이에 대한 이해가 중요하다. 예를 들면 지각적, 인지적 그리고 실행적 계획수립 활동은 상호적, 동시적 그리고 역학적 상태가 강조될 때 더 정확하게 표현된다. 그리고 많은 항공교통관제사의 인지적 활동은 의식적 영역에서 보기 힘든 무의식적, 반복적 활동이다. 이와 같은 이유로 항공교통관제사의 인지적 활동이 어떻게, 언제, 그리고 무엇을 하였는지를 직접적으로 외현화하여 인지적 과정을 확인할 필요가 있다.

항공교통관제사는 항공교통의 불필요한 지연 없이 안전하고 효율적으로 업무를 수행하는 것이 무엇보다 중요하기 때문에 숙련된 기술과 전문성을 요구받고 있다. 특히 오늘날의 환경은 관제관할구역의 세분화, 관제장비와 항공기의 발전, 관제절차의 복잡성 증대, 그리고 항공교통량의 증가에 따른 항공교통관제 상황의 복잡성 증가는 안전하고 효율적이며 경제적인 항공기 운항을 지원하기 위한 항공교통관제사의 전문성 개발이 무엇보다 중요한 문제로 대두되고 있다[3]. 이와 같은 전문성 연구에 대한 가장 중요한 목적은 전문가들의 탁월한 수행력을 발휘하는 원인과 과정을 이해하고, 이를 비전문가에게 효과적으로 전이할 수 있도록 하는 것이다[4]. 그런 의미에서 인지적 수행에 대한 전문성 연구는 초보자와 전문가의 인지적 수행이 어떤 메커니즘에 의해 차이가 발생하는지를 밝히고, 그 차이를 보완하는 방안을 모색하는 데에 의의가 있을 것이다.

2. 본 론

전문성은 어떤 영역에서 특성, 기술 및 지식을 통해 초보자나 경험이 부족한 사람이 할 수 있는 수준을 능가하는 그 이상의 수행 능력을 나타낸다고 한다[5]. 전문가를 해당 영역에서 다른 사람들과 구별하는 주요한 지표는 지식과 기술이다. 특히 지식은 전문가 수행에 있어 인간의 인지능력의 기본적인 구성요소이다[6]. 또한, Charness[7]는 올바른 기술 형태는 복잡한 문제를 풀기 위한 해답을 찾는 노고를 없애 줄 수 있다고 하였다. 전문가의 정보처리시스템은 정확하고 적절한 결정을 할 때 효과적으로 발휘된다[8].

전문성의 인지적 구조에 대해 Glaser와 Chi[9]는 전문가의 특성을 근거로 다음과 같이 설명하였다. 전문가는 관련 영역에서 뛰어난 성과를 나타내고, 유의미한 연관된 패턴을 지각한다. 전문 영역에서 기술을 실행할 때 초보자보다 더 신속

하고 더 정확하다. 게다가 초보자보다 더 뛰어난 작업기억과 장기기억을 가지고 있고, 더 심도 깊은 수준에서 과제관련 문제를 지각하고, 문제를 분석하기 위해 다양한 노력을 하며, 문제를 해결하는 동안 자신의 수행을 확인하고 평가한다. 즉, 기억, 주의 그리고 이해 같은 처리과정을 인지하고 조절한다. 추가적으로 전문가는 업무를 제약하는 조건에서도 문제를 해결하여 최적의 수행과 효율성을 극대화하는 기술을 가지고 있다[10, 11].

정보를 처리하고 반응하기 위한 과정은 질적으로 두 개의 방법으로 자동적 또는 통제적 처리과정으로 이루어진다. 이 처리과정은 전문가와 초보자 관제사 사이에 정보처리과정의 차이와 직접적으로 관련이 있다[12, 13]. 자동적 처리과정에서 전문가는 수많은 수행을 통해 기억에 자극을 체계적으로 표상화한다. 이런 수행은 자극과 반응에 최소한의 노력과 처리과정을 통해 자동적으로 연관성을 발전시키게 한다. 자동적 처리과정은 신속, 수월, 자동적, 병렬적이고 작업기억 용량에 의해 제한을 받지 않는다. 반대로 초보자는 통제적 처리과정에서 느리고, 순차적이고 작업기억 용량에 의존하게 된다. 또한 새롭거나 일관성 없는 정보를 통제적 처리과정을 통해 처리한다. 그리고 초보자는 규칙을 순차적으로 적용하고 전문가에 비해 상당한 노력을 기울인다[14-16]. 예를 들면 전문가 관제사는 시각적으로 각종 장비 배치에 익숙해져 있어서 자동적으로 정보를 찾는다. 화면에 나타나는 특성에 따라 탐색은 경험을 통해 얻어진 관행적인 탐색 전략으로 이루어진다. 하지만 초보자는 필요한 탐색 전략을 가지고 있지 않아 탐색 전략을 사용하지 못한다. 단지 일반적인 탐색 기술에 의존하고 모든 관련된 정보 하나하나에 주의를 준다.

학습이나 과제 수행은 서술적 지식과 절차적 지식을 둘 다 필요로 한다. 전문가는 초보자에 비하여 특정 영역에서 서술적 지식과 절차적 지식을 묶어서 그들의 영역에서 문제를 더 깊은 수준에서 바라보고 표상함에 따라 문제해결을 위해 더욱 적절한 전략을 선택할 수 있게 된다[17]. 하지만 초보자는 서술적 지식을 절차적 지식으로 전환하는 전문성 기술의 발달 단계[17, 18]의 자율단계까지 발전시키지 못한다. 이는 전문가의 의사결정 포인트가 자동적 처리과정인데 반해 초보자는 통제적 처리과정으로 이루어지고 있음을 시사한다. 전문가의 수행 자동화는 일관되고 반복된 자극 반응을 통해 얻어진 까다롭거나 힘들지 않은 하기 쉬운 인지적 절차의 수행이다. 수많은 연습을 통한 절차의 자동화는 신속하게 수

행되고 인지적 노력을 줄이고[19, 20], 복잡한 과제에서 자동화는 통제적 처리가 필요한 의사결정 포인트 수를 줄일 수 있다[21-23]. 전문가는 무의식적으로 자동화된 절차를 쉽게 적용 할 수 있고, 무엇보다도 동시적, 비자동화된 과제에 대해서도 높은 수행능력을 유지한다[24, 25].

전문가는 기술을 통해 과제수행에서 맥락적이고 효율적으로 과제를 수행해 나간다[26, 27]. Bainbridge [28]는 전문가는 복잡한 과제를 처리하는 방법에 대한 기술을 연습과 훈련을 통해 개발하고 있기 때문에 가치가 있다고 하였다. 또한, 전문가의 인지적 기술은 수행을 위한 필요한 지식 체계 및 전략을 경험과 훈련을 통해 획득하며 신속하고 일관되게 효율적으로 사용될 수 있도록 과제수행 과정에서 나타난다[29]. 전문가의 인지적 수행은 일반적으로 자동화 기술, 절차적 기술, 그리고 표상적 기술을 포함하고 있고[30], 이런 3가지의 기술은 일상적인 과제뿐만 아니라 비정상적인 과제를 처리하는 영역에서 전문가 수행[31]과 기술 획득[32]을 알아볼 수 있다. 이런 각 기술에 대해서 알아보면 다음과 같다.

자동화 기술(Automated skills): 자동화 기술은 신속한 실행과 힘들이지 않고 수행할 수 있는 능력의 기본적 요소이다. 항공업무 환경에서 대부분의 과제는 자동화된 기술에 근거하여 수행되는 정확하고 신속한 수행을 필요로 한다. 자동화 기술은 최소한의 멘탈 처리과정과 주의를 필요로 하기 때문에 신속하게 수행된다. 자동화된 기술은 멘탈 자원을 사용하지 않아 병렬 과제에 주의를 기울이게 할 수 있다. 그리고 다양한 과제의 효율적인 실행을 돕고 기술적 업무수행의 토대를 제공한다. 자동화 기술은 상당한 훈련과 연습이 요구되고 일관된 구성요소에 대한 수많은 시행을 걸쳐 이 기술이 습득된다.

절차적 기술(Procedural skills): 직무에서 요구되는 숙달된 수행의 구성요소이다. 자동화 기술과 달리 절차적 기술은 주의와 처리과정이 요구되기 때문에 자연스럽게 이루어지는 수행이 아니다. 특히나 항공업계에서는 표준운영절차를 정확하고 신속하게 수행해야하기 때문에 가장 잘 알려져 있다. 또한 자동화 기술과 의사결정 기술 사이를 연결하는 역할을 할 수 있다. 절차적 기술은 동일한 자극과 상황에서 동일한 반응을 보일 수 없기 때문에 자동화 기술보다 더 복잡한 계획수립 및 문제해결이 포함된다. 기술적 수행의 구성요소이고 예측적 상황에서 수행되는 인지적 활동의 제한적 순서를 알 수 있다. 통제된 처리과정이 필요하여 자동화 될 수 없는 절차적 기술은 빠르

게 수행되지만 동시 과제수행에서는 이용할 수 없다.

표상적 기술(Representational skills): 표상은 일반적으로 상황 또는 문제를 처리하기 위해 운영 시스템을 단순화시켜 작업기억을 덜 사용한다. 경험 있는 운영자는 주요한 과제를 수행 할 때 더 효과적인 표상을 사용하여 작업기억을 관리하는 표상적 기술을 사용한다[33]. 이는 운영자에게 업무처리 과정을 더 효과적인 방법으로 수행 할 수 있도록 해 주고 처리과정에서 효율적인 수행을 위한 멘탈 모델의 구성요소이다. 항공분야에서 수행을 향상하기 위한 특별한 실체(entities)로 과제를 기반으로한 표상적 기술은 항공분야 같은 운영적 환경에서 특히 유용하다[34]. 시스템, 과제 또는 과정을 이해하는데 관제사, 조종사, 정비사 등은 표상적 기술을 사용한다. 표상적 기술은 수행을 실행하기 위해 요구되는 작업기억의 부하량을 줄이기 위해 한 가지 이상의 하위과제에서 사용될 수 있다. 이를 통해 경험있는 운영자는 새로운 조건에서 과제를 효과적으로 수행한다[35]. 특히나 초보자나 중급자는 이 표상적 기술이 전문가에 비해 덜 최적화되어있다.

Table 1. 전문성의 특성

전문성	
인지적 구조	· 최상의 수행과 효율성 극대화
자동화 기술	· 신속하고 힘들이지 않는 수행
기술	· 빠르게 수행되지만 동시수행 불가
절차적 기술	· 효율적 수행의 멘탈모델
표상적 기술	· 효율적 수행의 멘탈모델

인지적 과제수행에서 나타나는 전문가의 인지적 과정을 알아보기 위해 초보자와 전문가에게 항공교통관제 상황별 정상상황 과제와 비정상상황 과제를 제시하여 초보자의 인지적 과정과 비교하여 어떤 인지적 과정이 전문가에게 나타나는지 알아보려고 하였다. 전문가는 수행을 위해 필요한 지식 체계와 기술을 경험과 훈련을 통해 획득하여 과제수행에서 맥락적이고 효율적으로 과제를 수행해 나갈 것이다. 무엇보다도 전문가의 특성은 비정상상황 과제에서도 전문성이 과제를 해결하기 위해 신속하고, 효율적이고 일관된 수행과정이 보여질 것이다. 이런 전문성은 멘탈 모델에 기반을 둔 장기기억과 과제관련 정보를 신속하게 작업기억의 부하 없이 정보의 지각, 이해 그리고 상황의 예측을 제공하고, 반복된 수행을 통해 자동화되어 수월하게 인지적 처리과정을 도울 것으로 예상할 수

있다. 본 연구는 인지적 과정을 알아보기 위해 Seamster, Redding과 Kaemph[36]이 활용한 자동화, 절차적, 표상적, 의사결정 그리고 전략을 확인하기 위한 CTA 연구모델 사용하여 시나리오 문제해결 과제를 구성하였다. 본 연구에서는 CTA 방법은 주요사항을 평가하기 위해 자동화 기술, 절차적 기술 그리고 표상적 기술의 3가지 기술에 대한 주요사항을 확인하기 위해 구조화 인터뷰 문항을 포함하고 있다.

2.1 연구참여자와 연구설계

Seamster 등[36]의 CTA 연구모델에서는 기술 분석을 위해서는 6 ~ 8 명의 연구참여자를 통해 CTA 분석을 확인하여 인천국제공항공사 소속의 항공교통관제사 14명이 본 연구에 참여하였다. 계류장관제업무의 한정자격을 획득하고 최근 6개월간 매월 40시간 이상 실무근무와 함께 5년 이상의 경력 항공교통관제사를 전문가(9명)로 그 외의 항공교통관제사를 초보자(5명)로 구분하였다. 초보자 집단은 근무경력이 평균 1.7년(SD = 0.6), 전문가 집단의 근무경력은 평균 10.7(SD = 2.9)년이었다. 연구는 연구참여자 집단을 전문성 정도(초보자/전문가)로 나누어, 연구참여자에게 상황별(정상/비정상) 문제해결과제 시나리오를 제시하여 구조화 인터뷰를 실시하도록 설계하였다.

2.2 도 구

인지적 과정을 확인하기 위해 CTA 방법 중 문제해결과제 시나리오를 구성하여 구조화 인터뷰 문항에 따라 진행되는 질적 연구방법을 사용하였다. 연구는 노트북에 연결된 25인치 모니터로 해상도는 1920 × 1200 픽셀로 두 대의 최신형 모니터를 사용하여 현재 지상관제에서 사용하는 항공기 위치와 이동을 표시하는 공항 지상감시 레이더(ASDE: Airport Surface Detection Equipment) 정지화면과 입출항 항공기 편명과 항공기 이동 상황 등 전반적인 운항 정보가 포함되는 전자비행정보기록지로 사용하고 있는 비행정보관리시스템(FIMS: Flight Information Management System) 정지화면을 사용하였다. 구조화 인터뷰에서는 구체적으로 정해진 일련의 질문 문항, 문항의 순서 등이 제시된 1차와 2차 인터뷰 문항지에 따라 개방형 질문과 후속 질문을 통해 연구참여자의 인지적 과정을 확인하였다. 정상상황 또는 비정상상황 문제해결과제 시나리오는 감독관 관제

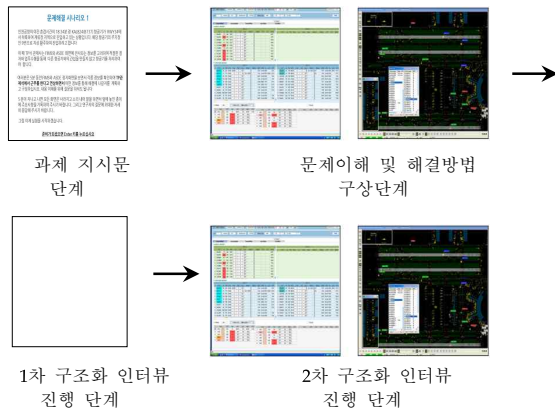
사 5명에게 각 정지화면의 상황을 5점 척도에 따라 정상상황과 비정상상황으로 표시하도록 하여 그 결과에 따라 정상상황과 비정상상황 시나리오로 구분하여 정지화면을 제시해 주었다.

시나리오 구성은 연구참여자들이 관제탑에서 지상관제업무를 담당하고 있어 그들에게 중요한 정보로 여겨지는 지상활주 경로(taxi route)와 배정된 주기장(assigned gate) 정보를 중심으로 시나리오를 구성하였다[37]. 정상상황은 입항하는 항공기의 배정된 주기장에 다른 항공기가 점유하고 있어 입항 항공기를 적절한 위치에 대기시키는 과제로 수립하였고, 문제해결을 위한 입항항공기가 다른 항공기에게 양보하거나 적절한 위치에 대기하는 상황이 발생하도록 하였다. 비정상상황은 배정된 항공기의 주기장이 지상활주하는 도중 갑작스럽게 변경되지만, 변경된 주기장에 다른 항공기가 점유하고 있어 적절한 위치에 대기시키는 과제로 구성하여, 복잡한 상황 속에서 후속 항공기를 효율적으로 이동시키도록 과제를 설계하였다. 각 기술을 확인하기 위한 문항은 Seamster 등[36]의 CTA 개발 절차에 따라 교관급 3명의 SME와 함께 3가지 기술을 확인하기 위한 적합한 구조화 인터뷰 문항을 만들고, 인터뷰 문항지를 1차와 2차 인터뷰 문항지로 나누어 절차에 따라 사용하였다. 문제해결과정에서 나타난 표상적 기술을 나타내는 표상적 모델을 알아보기 위해 과제도형법 양식과 구성요소평정표를 도구로 사용하였다. SME와 논의하여 문제해결을 위한 구성요소는 9가지로 정하였고, 개념적으로 유도도로(A, R1, R2, R3, R7), 장비(ASDE, FIMS), 대기장소(H825), 인접관제기관(SAA_Tower)으로 분류하여 구성요소에 따라 과제도형법 양식을 작성하고, 문제해결과정에서 나타나는 구성요소를 2개씩 짝을 지어 직접 그 유사성을 묻는 구성요소평정표를 구성하였다. 구성된 인터뷰 문항에 따라 SME와 함께 예비 연구를 수행해 본 결과, 시나리오를 통해 3가지 기술에 대한 인지적 과정을 확인하기 위해서는 목표 과제를 멘탈 처리과정이 필요한 즉, 의사결정과정이 포함된 하위과제와 구성요소를 분석해야만 구체적으로 3가지 인지적 기술을 확인 할 수 있다고 확인이 되었다. 이를 위해 Rothwell와 Kazanas[38]의 방법에 따라 하위과제와 구성요소를 정상상황과 비정상상황 시나리오에서 추출하였다. 본 연구에서는 문제해결을 위한 의사결정 과정이 포함된 하위과제에 대해서만 문제해결과제(정상/비정상)로 보고 연구참여자(초보자/전문가)와 1차와 2차 구조화 인터뷰 문항에 따라 인터뷰를 시행하여 질적

연구를 수행하였다.

2.3 연구절차

연구참여자는 인터뷰에 대한 설명을 듣고 모니터에 제시된 과제에 따라 1회 연습을 실시하여 문제해결 과제에 대한 이해를 돕게 해주었다. 인터뷰는 우선 연구참여자들이 정상상황 과제 시나리오를 읽고, 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항지상감시 레이더(ASDE) 화면에 나타나는 각종 정보를 확인하여 문제를 이해하고 해결방법을 구성할 수 있도록 하였다. 이때 새로운 정보를 확인하기 위해 필요한 5분을 계획할 시간으로 주었다. 연구참여자의 요청이나 5분이 지나면 모든 화면을 사라지게 하고 연구참여자는 소리 내어 문제해결 과정을 말하면서 앞에 놓인 종이에 진행과정 주요사항을 기록하도록 하였다. 이후에 연구자는 하위과제에 대한 1차 구조화 인터뷰 문항을 사용하여 최대한 자세히 응답하도록 개방형 질문으로 인터뷰를 수행하였다. 구조화 인터뷰의 각 문항(예, “문제를 해결하는데 첫 번째 실행은 무엇입니까?”)은 각각의 기술을 확인 할 수 있도록 구성되어 자동화 기술, 절차적 기술 그리고 표상적 기술을 확인 할 수 있도록 하였다.



1차 구조화 인터뷰 문항에 따라 인터뷰가 끝나면 동일한 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항지상감시 레이더(ASDE) 화면을 다시 모니터에 표시시켜 연구자와 함께 보면서 2차 구조화 인터뷰 문항에 따라 인터뷰를 1차 구조화 인터뷰와 동일하게 진행하였다(Fig. 1). 이때 모든 인터뷰는 연구참여자의 동의를 얻어 녹음하였고, 이와 같은 방식으로 두 번째 비정상상황 과제 시나리오에 대한 인터뷰를 완료 후 구성요소의 유사성

을 확인하는 구성요소평정표를 작성하도록 하였다.

2.4 자료분석

본 연구에서는 자료 분석을 위해 인터뷰 과정에서 녹음된 자료는 모두 문서로 전사하여 분석 자료로 활용하였다. 분석 절차를 살펴보면, 각 기술에 해당하는 문항의 인터뷰 내용들끼리 묶어 초보자와 전문가로 분류하여 Table 2의 CTA 결과 분석방법을 사용하여 각 인지적 기술의 주요사항을 중심으로 인지적 과정을 알아보았다.

Table 2. CTA 결과 분석방법

기술	주요사항
자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> 정의: 통제적 처리가 아닌 자동적 처리과정을 통해 나타나는 기술 분석 요소 초보자와 전문가의 의사결정 포인트 차이 과중한 업무부하에서 일관된 정보 또는 맥락 유지
절차적 기술	<ul style="list-style-type: none"> 정의: 수행과정의 단계 또는 절차에서 어떻게 해야 하는가에 대한 지식 분석 요소 문제해결의 정확성 정보지각 정확성 대안 실행 여부
표상적 기술	<ul style="list-style-type: none"> 정의: 멘탈 시뮬레이션을 통해 실행의 결과를 예상하기 위해 사용하는 과정 분석 요소 구성요소 활용과 연결 내용 표상적 모델

2.4.1 자동화 기술

자동화 기술은 통제적 처리가 아닌 자동적 처리과정을 통해 나타나는 기술로 초보자와 전문가의 서술적 지식과 절차적 지식을 통해 나타난다 [39]. 자동화 기술의 분석은 초보자와 전문가의 수행능력을 비교하여 전문가 수행능력에서 나타나는 자동적 처리과정을 알아보기 위해 전문가의 절차적 지식과 초보자의 서술적 지식을 확인하였다. 자동화 기술은 신속하고 최소 또는 무의식적 주의를 요구하기 때문에 전문가 수행능력을 확인하기 어렵고 전문가가 말로 표현하고 설명하기 어렵다. 따라서 초보자 수행능력이 느리고 더 많은 노력을 들이기 때문에 전문가 수행능력과 비

교를 통해 쉽게 발견된다. 이를 확인하기 위해 2 단계를 거쳐 자동화 기술을 알아보았다. 1단계는 하위과제 또는 구성요소를 해결하기 위한 해결과정을 확인하고, 초보자와 전문가의 각 해결과정에 대한 의사결정 포인트를 확인하였다. 이 의사결정 포인트 차이 분석은 서술적 지식과 절차적 지식을 통해 알아 볼 수 있었다. 주어진 의사결정 포인트에서 전문가는 어려움이 없지만 초보자에게 나타난다면 이는 전문가의 자동화 기술이다. 2단계에서는 과중한 업무부하에서 초보자와 전문가에게 난관을 주는 과제를 구성하여 일관된 정보 또는 맥락을 유지하는지 확인하였다.

2.4.2 절차적 기술

절차적 기술은 과제를 수행하기 위해 일반적인 수행 과정의 단계 또는 절차에서 어떻게 해야 하는가에 대한 지식으로서 기술을 말한다[17]. 문제 시나리오에 대한 해결과정에서 인터뷰를 통해 어떤 실행이 발생하기 위한 전조(Precursor) 단계, 절차의 요소를 포함하는 실행(Action) 단계, 결과(Result) 단계로 구분하고, 그 결과를 토대로 해석(Interpretation) 단계에서 문제해결과 정보지각의 정확성을 확인한다. 그리고 과제에 대한 전조와 해석 자료를 통해 인지적 맥락을 확인한다. 본 연구에서는 1차 구조화 인터뷰 문항에서 전조, 실행 그리고 결과 단계를 확인하고, 2차 구조화 인터뷰를 통해 해석단계를 알아보았다.

2.4.3 표상적 기술

멘탈 시뮬레이션을 통해 실행의 결과를 예상하기 위해 사용하는 과정 또는 시스템의 역동적인 멘탈 모델을 표상적 기술이라 하였고 이런 확인을 통해 수행을 향상시킬 수 있는 기술이다 [30]. 요구되는 행동을 예측하기 위해 사용되는 표상적 기술 즉, 멘탈 모델을 알아보기 위해 과제도형법 양식에 기록된 문제해결 구성요소 활용과 순서를 화살표로 연결하여 확인하였다. 문제해결 구성요소의 유사성을 알아보기 위해 구성요소평정표를 사용하여 5점 척도(1=전혀 비슷하지 않다, 5=매우 비슷하다)에 따라 2개씩 짝을 지어 평가 하도록 하였다. 평가에 의해 얻어진 점수가 높을수록 대상이나 개념 간의 유사성이 높으며 표상적 거리는 가까워진다. 즉, 표상적 거리가 가까우면 가까울수록 유사성은 커지지만 반대의 경우이면 상이성(dissimilarity)이 증가한다. 이를 분석하기 위해 유사성에 대한 관계를 다차원 공간에 표현하여 멘탈 표상을 나타내는 다차원 척도

(MDS: Multi-Dimension Scaling)기법을 사용하였다[40].

3. 연구 결과

CTA 방법으로 인지적 과정을 알아보기 위한 구조화 인터뷰가 이루어졌고, 자료 분석을 위한 녹음 자료의 인터뷰 시간은 각 연구참여자마다 평균 한 시간이었다. 인터뷰는 연구자가 직접 수행하였으며, 본 연구에서는 질적 연구의 내적 타당도를 검증하기 위해 연구자가 도출한 예비 단계의 분석과 임의적 결론을 3명의 SME에게 제공하여 그 결과가 타당한지를 평가해 주도록 하였다. 그리고 초보자와 전문가의 수행을 알아보기 위해 연구 결과를 토대로 원활한 이동이 필요한 항공기의 이동시간을 변인으로 보고 수행을 알아보기 위해 시뮬레이터를 활용하였다. 초보자와 전문가의 수행은 정상상황에서는 목적 항공기를 동일한 수행과정을 통해 이동시켜 2분 54초가 소요되었지만, 비정상상황에서는 초보자는 전문가에 비해 목적 항공기를 지연시켜 초보자는 평균 7분 35초가 걸렸고 전문가는 평균 4분 23초가 소요되어 비정상상황에서 초보자의 수행이 저하됨을 확인 하였다.

3.1 정상상황 : 초보자와 전문가의 자동화 기술

초보자와 전문가의 의사결정 포인트를 확인해 보기 위해, 어떤 문제를 해결해야 하고, 어떻게 해결해야 하는지에 대한 과정을 소리 내어 말하도록 한 질의의 응답을 통해 해결과정을 분석해보았다. 정상상황과 비정상상황에서 초보자와 전문

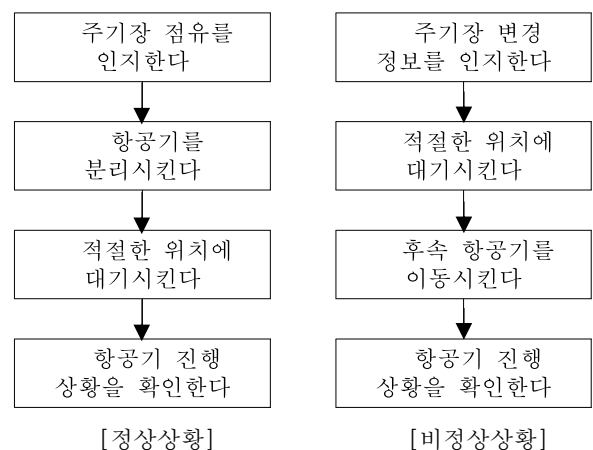


Fig. 2 문제해결과정

문가는 동일한 해결과정을 보여주었다(Fig. 2). 초보자와 전문가는 동일한 해결과정을 보여 모두 문제해결을 위한 기본적인 체계 또는 무엇을 해야 할지 아는 서술적 지식[26]이 동일하다는 사실을 확인하였다.

3.2 비정상상황 : 초보자와 전문가의 자동화 기술

자동화 기술을 확인하기 위한 2단계에서 과중한 업무부하의 상황은 복잡성으로 업무부하가 발

Table 3. 정상상황 과제에 따른 초보자와 전문가의 자동화 기술 인터뷰 사례

초보자	전문가
<ul style="list-style-type: none"> “입항항공기 주기장이 점유되어 있어서 항공기를 양보시키면서 이동시킵니다...” (서술적 지식) “R7과 R8의 항공기간 순서를 정하는데 고민을 했습니다. 추가적인 정보로 경로중첩 항공기의 분리를 위해 속도가 필요합니다.” “항공기를 분리해야 하니까 천천히 가게해서 웬만하면 트래픽(traffic)을 줄여서 최대한 다른 항공기에 피해가 없도록...” (통제적 처리) 	<ul style="list-style-type: none"> “주기장이 상점유된 태에서 지연이 예상되므로 양보하면서 진행하는...” (서술적 지식) “점유 정보로 어디에는 홀드(hold)해야 하고 예상되는 시간 몰라서 무리하지 않게 (다른 항공기)들어가는데 지장 없는데...” “후순위로 가게 하는 거죠 가서 기다리나 여기서 기다리나 마찬가지로...” (자동적 처리)

해결과정은 두 집단이 동일하였지만, 정상상황의 해결과정 ‘항공기를 분리시킨다’에서 초보자는 항공분리를 위해 항공기간 순서를 고민하거나 경로중첩에 따른 충돌방지 등을 해결하기 위해 어려움을 나타냈다. 하지만 전문가는 이런 어려움이 인터뷰 내용에 포함되어 있지 않았다(Table 3). 이는 전문가는 의사결정 포인트에서 신속하고 무의식적 주의를 통해 자동적 처리과정이 이루어졌고, 초보자는 느리고 더 많은 인지적 노력을 들여 통제적 처리과정이 이루어졌다[18]. 특히, 의사결정 포인트에서 초보자는 서술적 지식을 가지고 있음에도 불구하고 전문가는 고려하지 않는 항공기간 속도, 경로중첩 등의 다른 요소 수준을 고려하여 과제수행의 어려움을 나타냈다. 이는 과제를 수행하기 위한 원칙과 전략을 선택하고 적절한 해결방법을 찾아가는 연합단계 수준에만 그치고 자동단계에 도달하지 못 했음을 의미한다.

생하는 비정상상황이므로 비정상상황 과제를 통해 확인 하였다. 해결과정 ‘적절한 위치에 대기시킨다’에 대해 초보자와 전문가는 새로운 정보를 토대로 항공기를 처리하기 위한 조치로 대기지시를 발부하였다. 하지만 문제해결을 위한 조치가 초보자는 상황이 변경되어 당황하여 대기시켰지만, 전문가는 새로운 정보를 토대로 문제해결을 위한 계획수립을 위해 대기시켰고, 대기과 함께 항공기가 효율적으로 이동 할 수 있는 우회경로에 대한 계획을 수립하여 다른 항공기와의 간섭을 최소화하기 위해 노력하였다(Table 4).

이는 변화하는 상황에서 초보자는 관련된 정보를 지각하고 구성요소와의 관계를 이해하는데 있어 많은 정보를 일관된 형태로 분류하거나 처리하지 못했다는 점을 보여준다. 이런 결과들은 전문가는 자동적 처리과정을 통해 인지적 자원의 부하 없이 정보를 확인하고 처리하여 효율적인 의사결정 과정을 보여주었음을 의미한다. 무엇보다도 비정상상황 과

Table 4. 비정상상황 과제에 따른 초보자와 전문가의 자동화 기술 인터뷰 사례

초보자	전문가
<ul style="list-style-type: none"> “Hold in position 지시를 우선 당황해서 주구요. R1 블락(block)되어 있다는 정보와 견인항공기랑 인바운드(inbound) 항공기를 분리하기 위해서 고민을 했어요.” “짜증나게 정말, 대기 지시를 하구요. R1 이동할 수 없어서 견인항공기를 우선 빼어내고, 아니다 인바운드(inbound) 항공기도 있었지...” 	<ul style="list-style-type: none"> “대기 지시를 합니다. 16번 인바운드(inbound) 들어가야 하고, 가지고 있는 동선 활용해서 해소 할 수 있게...” “R1전 대기를 하고 관제탑에 트래픽(traffic) 없고 동선 이동 흐름 효율적으로 하기 위해 A로 보내죠.”

제에 대해 전문가는 변경된 상황에 적응하고 어떻게 대처해야 할지에 대한 계획을 수립하여 문제를 해결하는 뛰어난 적응력을 갖고 있다고 볼 수 있다.

3.3 정상상황 : 초보자와 전문가의 절차적 기술

정상상황 과제의 절차적 기술에 대한 1차 구조화 인터뷰 결과, Fig. 3과 같이 초보자는 하위 과제의 ‘항공기를 다른 항공기와 분리한다’라는 문제에 대해 전문가와 동일한 실행과 결과단계를 보여주었지만, 실행의 전제조건인 전조단계에서 두 집단의 차이가 발생하였다.

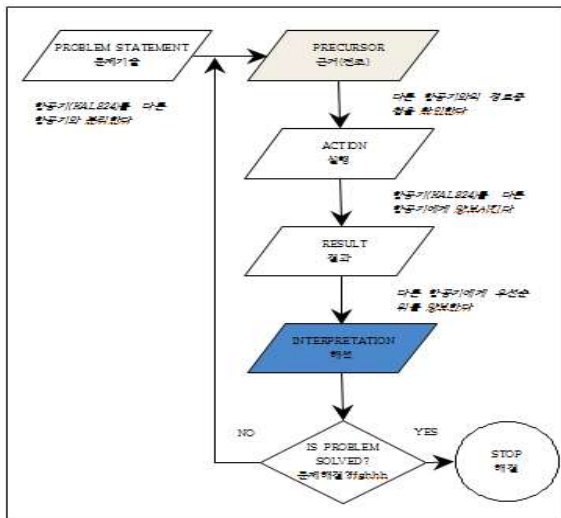


Fig. 3 정상상황 초보자의 절차적 기술 분석

전문가는 Fig. 4에서 ‘배정 주기장 점유로 우선순위 최하위’라는 원칙에 따라 어려움 없이 쉽게 항공기를 분리시켰지만 초보자는 과제해결을 위한 원칙보다는 주변 환경적 요소로 ‘다른 항공기와 경로 중첩 방지’를 고려하여 어떤 항공기에게 우선순위를 주어야 하나 고민을 하고 실행을 하였다. 이런 전조단계의 차이는 다시 동일한 두 정지화면을 보면서 진행하는 2차 구조화 인터뷰

문항에서 초보자는 해석단계에서 1회씩의 수정을 통해 다시 해결하였지만 여전히 전문가가 보여준 ‘우선순위 최하위’라는 원칙을 따르기 보다는 환경적 요소를 전조단계에서 고민하여 정확성이 떨어졌다(Table 5). 이는 초보자는 항공기 분리에만 주의를 집중하여 문제해결에 대한 분석을 전반적으로 하지 못하고 있다는 것을 의미한다.

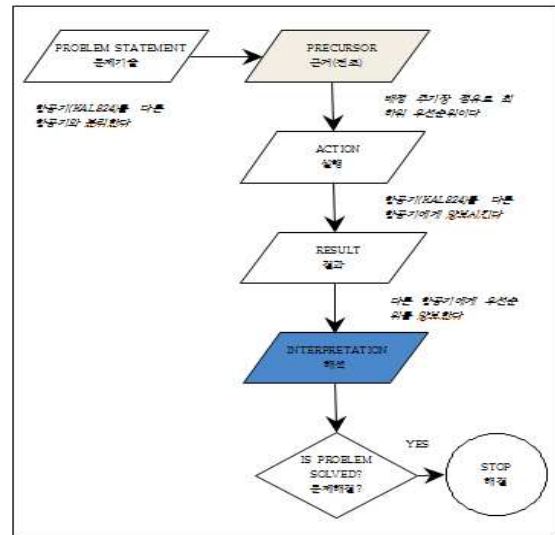


Fig. 4 정상상황 전문가의 절차적 기술 분석

3.4 비정상상황 - 초보자와 전문가의 절차적 기술

비정상상황 과제에 대한 인터뷰 분석결과(Table 6), 하위과제에서 전조단계의 차이가 초보자와 전문가에게 나타났다. 비행정보관리시스템(FIMS)과 공항 지상감시 레이더(ASDE) 정지화면을 기억하여 문제해결과정을 진행하였을 때 초보자는 작업기억 같은 인지적 자원의 과부하로 문제해결을 위한 항공기의 위치, 유도도 등의 정보를 개별적으로 기억하고 분석하여 고민하였지만 수행결과의 정확성은 떨어졌다. 예를 들면 연구자가 하위과제에서는 항공기를 현 위치에 대기시켜도 항공기 입항경로에서 약 150m 이상 떨어

Table 5. 정상상황 과제에 따른 초보자와 전문가의 절차적 기술 인터뷰 사례

초보자	전문가
<ul style="list-style-type: none"> “아, 항공기가 저 위치에 있었네요. 둘이 분리해야 하나 까 R7/R2 전에 대기시키며 했어야하고...” “다르게 판단 할 수 있겠네요. 이동하는 속도가 정확히 얼마인지 몰라서 R3전 대기를 했어야 될거 같아요.” 	<ul style="list-style-type: none"> “(화면 보고)잘 했네요. 거리상 항공기 위치상으로 봐도 R3대기는 주기장 변경하면 이동 할 수 도 있구요.” “(배정 주기장에)가지도 못 하나까. 기다리면서 상황을 봐야죠.”

Table 6. 비정상상황 과제에 따른 초보자와 전문가의 절차적 기술 인터뷰 사례

초보자	전문가
<ul style="list-style-type: none"> “별로 이런 경우가 없어서 어렵네요. 그 상황에서 너무 당황해서 홀드(hold) 지시만 했을 겁니다. 갑자기 주기장이두 번 바뀌어서 지금 생각해도 어렵구요. 항공기랑, A6, 위치가... 잘 모르겠지만, 앞으로 이동해서 인바운드(inbound)항공기 들어갈 수 있도록 해요.” (1차 구조화 인터뷰) “그냥 뒤도 되는거네요. 다른거 신경쓰다 보니까 저는 A6유도로를 막고 있는 줄 알았어요.” (2차 구조화 인터뷰) 	<ul style="list-style-type: none"> “자주는 아니지만 많이 일어나서 어떻게 해야할지 답이 나오죠. 항공기 현위치 대기, (주기장)바뀌어서 새로운 문제 해결하기 위해 정지, 새로운 플래닝(planning)필요하고 후에 주기장 825번으로 이동...” (1차 구조화 인터뷰) “생각은 한 100m 차이 날거라구 생각했는데 더 많이 나네요. 그리고 (B-737)비행기도 작잖아요.” (2차 구조화 인터뷰)

지고, 해당 기종 B-737 길이가 33m로 문제가 없도록 문제를 설계하였지만, 초보자는 대기 위치를 선정함에 있어 입항하는 항공기가 진행하는 경로를 막고 있다고 기억하여 앞으로 더 진행시킨 후 항공기를 대기시킨다고 1차 구조화 인터뷰에서 응답하였고, 2차 구조화 인터뷰에서는 두 정지화면을 보면서 입항항공기 이동이 지장이 없다는 정보를 정확히 확인하여 실행을 수정하여 문제를 해결하였다. 반면에 전문가는 동일한 하위과제에서 문제해결을 위해 경험을 통해 획득한 해결방법을 알고 있고 이동경로에 간섭이 발생하지 않는다는 전조단계를 토대로 해결하여 해석단계에서 다시 문제를 해결하는 과정이 발생하지 않았다. 이 결과는 비정상상황에서 초보자는 정보를 기억하고 분석하기 위해 작업기억의 과부하로 수행결과의 정확성이 떨어졌고, 전문가는 정보를 하나씩 따라 나뉘어서 기억하기보다는 패턴화하여 기억하였을 것이고, 풍부한 경험을 통해 어떤 해결방법을 수행해야하는지 알고 있기 때문에 정확하고 수월하게 문제를 해결하였을 것이다

소(H825)로 이동시켰다. 여기까지는 두 집단 간에 차이가 없었지만, 초보자는 이동경로상의 혼잡도 증가와 복잡한 교통상황을 해결하기 위해 인접관할구역의 자원을 활용하지 못하고 다른 항공기가 이동할 때까지 대기한 후 R1유도로(R1 TAXIWAY)를 통해 이동시켜 수행이 저하되었다. 반면에 전문가는 항공기의 지연방지와 흐름을 유지하고 교통 혼잡과 무선통신 교신을 줄이기 위해 인접관제시설 관계탑(SAA_TOWER)과 협의하여 관할구역외의 A유도로(A TAXIWAY)를 이용해 항공기 교통흐름을 효율적으로 처리하였다.

3.5 초보자와 전문가의 표상적 기술

문제해결 과정을 말하면서 진행과정과 주요사항을 기록한 내용과 인터뷰 내용을 확인하여 각 문제해결 구성요소를 화살표로 연결하여 초보자와 전문가의 표상적 기술을 과제도형법을 통해 확인해 보았다. 정상상황 과제에서는 초보자와 전문가가 동일한 문제해결 구성요소를 토대로 과제를 수행했지만, Fig. 5의 비정상상황 과제에서 과제도형법 결과를 보면, 첫 번째로 비행정보관리시스템(FIMS) 화면의 정보를 통해 상황을 이해하고, 공항 지상감시 레이더(ASDE) 화면에서 항공기 위치를 확인해 R1유도로(R1 TAXIWAY)와 R7유도로(R7 TAXIWAY)에 항공기를 우선 대기시키고, 주기장이 변경된 항공기는 다시 대기장

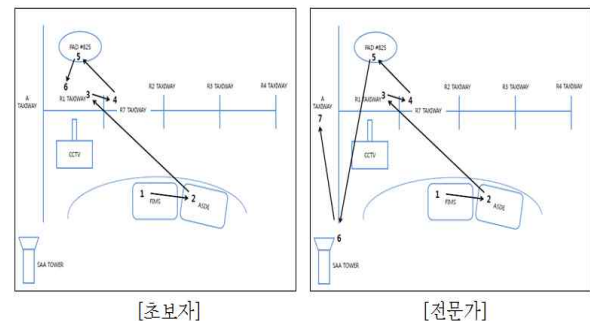


Fig. 5 비정상 과제의 과제도형법 결과

구체적으로 두 집단의 표상적 모델을 알아보기 위해 SPSS를 사용하여 구성요소평정표의 MDS 분석결과를 확인해 보았다. 신뢰성 및 타당도 검증과 관련하여 데이터에 대한 최대 반복계산수는 30회로 설정하였으며 최소 스트레스 값이 0.005로 떨어지면 반복이 멈추도록 설정하였다. 5회 반복(초보자)과 15회 반복(전문가)으로 얻어진 위치표시가 얼마나 잘 되었는지 나타내는 최종 스트레스 값은 0.07985(초보자)와 0.09226(전문가)로 계산되어 스트레스 값이 0.05 ~ 0.1 이면 양호[41]하고, 적합도를 나타내는 R2의 값은 0.96884(초보자)와 0.97123(전문가)로 적합도가 매

우 높은 것으로 분석되었다.

공통적 차원들의 명칭을 결정하는 일은 쉽지 않으며 대단히 주관적이다. MDS는 각 차원에 명칭을 부여하기 위한 절차를 포함하고 있지 않아 연구자가 멘탈 표상 차원을 유추했다. 즉, 각 구성요소에 대한 연구참여자의 평정과 문제해결과정에서 나타난 구성요소의 특성 그리고 사용여부를 나타내는 과제도형법 결과를 참조하여 해석하였다. Fig. 6에서 9개의 구성요소를 종합하는 차

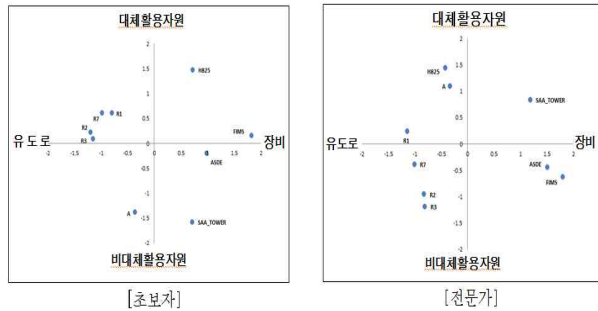


Fig. 6 표상적 모델

원의 축 명칭은 구성요소를 통제하여 일직선상에 정렬하는 기준으로 정의될 수 있다. 따라서 표상적 위치의 X축은 유도로 대 장비(유도로 vs. 장비)로 구분할 수 있다. 그리고 구성요소의 표상적 위치(차원 2)의 Y축은 해석을 용이하게 하기 위해 구성요소의 상대적 위치에 영향 없이 회전시켜[42] 대체활용자원에 따라 양(+)의 영역은 대체활용자원으로 음(-)의 영역은 비대체활용자원으로 명칭을 정할 수 있다. 초보자와 전문가는 유도로와 장비의 개념적 구성요소에 대해서는 유사하게 구분하지만 혼잡한 상황을 해결하기 위한 대체가용자원에 대해서 전문가는 관찰구역을 벗

어나는 지역까지 대체가용자원(A 유도로)으로 활용하는 최적화된 표상적 모델을 형성하지만 초보자는 비대체가용자원으로 인식하는 표상적 모델을 보였다. 이는 비정상상황 과제에 대한 문제해결 구성요소에서 A유도로를 활용하는 전문가의 문제해결 능력을 설명 할 수 있다.문제해결, 의사결정, 주의 등의 인지적 과제를 수행하는 항공교통관제사의 전문성이 어떠한 메커니즘을 통해 나타나는지를 3가지 기술에 대한 주요사항을 CTA 방법을 통해 알아보았다. Table 7은 이 연구를 통해 분석된 3가지 기술에 대한 전체 분석 결과를 정리하였다. 특히 집단 비교를 통해 주요한 특징은 과제수행과 관련된 전문가의 작업기억은 초보자보다 훨씬 더 관련 정보를 명확하게 확인하여 수행을 향상시켰다. 이런 특징은 자동화 기술, 절차적 기술, 그리고 표상적 기술에서 나타났다. 전문가는 자동적 처리로 작업기억 같은 인지적 자원을 거의 사용하지 않거나, 정보를 패턴화하여 기억하거나, 잘 발달된 표상적 모델을 통해 복잡한 상황에서 무의식적으로 책략과 절차를 수행하여 작업기억에 영향을 주지 않았다. 이는 전문가가 관련된 업무를 수행할 때 작업기억에 부하를 주지 않거나 멘탈 모델을 기반으로한 장기 기억을 통해 인지적 과정을 처리한다는 것의 의미한다.

4. 논 의

인터뷰 분석 결과, 초보자와 전문가는 과제관련 수행에서 인지적 과정의 차이가 나타나 전문성이 문제해결과 의사결정 과정에서 이루어지는 인지적 수행에 주요한 역할을 하고 있음을 확인

Table 7. 전체 기술 분석 결과

기술	평가내용	정상상황		비정상상황	
		초보자	전문가	초보자	전문가
자동화 기술	(의사결정 포인트) 자동적 처리과정을 보여 주었습니까?	×	○	×	○
	(업무부하) 일관된 정보를 유지하여 문제를 해결하였습니까?	○	○	×	○
절차적 기술	(해결의 정확성) 문제를 정확하게 해결하였습니까?	×	○	×	○
	(정보 지각 정확성) 문제 관련 정보를 정확히 인식하였습니까?	○	○	×	○
표상적 기술	(과제도형법) 문제해결을 위한 다양한 구성요소를 활용하였습니까?	○	○	×	○
	(표상적 모델) 인접관할구역 자원을 대체활용자원으로 사용합니까?	×	○	×	○

하였다. 또한, 정상상황 과제에서 두 집단 간 수행결과는 차이가 없었지만 비정상상황 과제에서는 초보자 집단의 수행결과는 전문가 집단보다 저하되어 나타났다.

연구를 통해 알아본 결과를 확인해 보면, 초보자 집단과 전문가 집단은 정상상황일 때 과제수행 결과는 차이가 없어 두 집단이 표면적으로는 동일한 인지적 과정을 보였을 거라고 여겨지지만, 초보자는 문제해결을 위한 의사결정 포인트에서 절차적 지식수준에 이르지 못해 통제적 처리과정을 거쳐 어려움을 나타내고, 전반적인 상황보다는 주변의 환경적 요소에 더 집중하여 인지적 부하가 발생하였다. 비정상상황 과제에서는 초보자 집단의 수행 결과는 전문가 집단에 비해 현저한 수행 저하를 보여 주었다. 이런 수행 결과의 차이는 초보자 집단은 불안이나 스트레스로 인지적 부담이 크게 발생하여 과제해결을 위한 필요한 계획도 수립하지 못하고 각 정보를 개별적으로 기억하여 일관된 정보로 범주화 하지 못하였다. 그리고 MDS 분석 결과는 초보자 집단이 인접관할구역의 자원을 대체가용자원으로 활용하지 않고 있음을 확인하였다. 반면에 전문가 집단의 인지적 과정은 정상상황 과제에서 자동적으로 관련된 문제해결 구성요소를 연계하여 수월하게 맥락적으로 수행하였다. 특히나 전문가는 비정상상황에서 변화하는 상황을 어떻게 대처해야 할지에 대한 원칙에 따라 계획을 수립하고, 정보를 패턴화하여 인지적 자원의 부하를 줄여 책략과 전략에 주의를 기울였다. 그리고 원활한 교통흐름과 효율성을 추구하는 책략과 전략을 사용하는 전문가는 가용할 수 있는 대체적 자원을 유연하게 활용하였다.

이상의 결과에서 나타난 초보자와 전문가의 인지적 과정의 차이를 몇 가지로 설명해 볼 수 있겠다. 첫째는, 전문가는 초보자에 비해 관계상황에 대해 보다 추상적이며 정교한 체계를 형성하여 비정상상황에서도 보다 심도 높은 상황에 대한 이해를 할 수 있었다는 점이다[43]. 그 뿐만 아니라, 전문가는 습득한 정보들을 정확하고 빠르게 지각하고 해석하는 기술이 있어 새로운 문제를 해결하고 추론하는데 요구되는 인지적 부담을 감소시켰다고 볼 수 있다[44]. 또한, 예기치 못한 상황에서 불안이나 스트레스 같은 정서가 발생하여 인지적인 자원을 침범하는 경우라도 전문가는 안정된 문제해결과정을 할 수 있다는 것을 보여준다. 하지만, 초보자는 비정상적 상황에서 인지적 부담이 크게 작용하여 관계상황을 인식하는데 많은 인지적 자원을 사용하여 필요한

자원을 제공받지 못했을 것이다.

두 번째는, 전문가는 학습된 상황과 환경에 대해 작업기억의 제한을 회피하는 멘탈 모델과 도식 형성과 같은 장기기억을 사용하였을 것이다. 이러한 메커니즘은 정보의 통합과 이해, 그리고 미래 사건에 대한 예측을 제공하고, 정보처리과정의 제한을 극복하기 위한 많은 특성을 가지고 있다[45]. 문제해결을 위한 정보처리과정에 있어 특정 원칙에 기반을 둔 구조를 통해 관련 원칙을 어떻게, 언제 사용해야 하는지에 대한 방법을 전문가는 복잡하고 중요한 과제에서도 적합한 지식과 정보 유지를 위한 효과적 기술로 관리하고 조직화하여 수행한다[46]. Bellenkes, Wickens와 Kramer[47]은 전문가가 아마도 더 발전된 멘탈 모델과 역동적인 관련 정보를 더 세심하게 적용하면서 초보자보다 더 유연하게 스캔 패턴을 조절할 수 있다고 하였다. 예를 들면 공항 지상감시 레이더(ADSE) 화면과 비행정보관리시스템(FIMS) 화면을 잠시 동안 스캔하면서, 항공기의 위치, 방향 그리고 경로 등을 관제사의 멘탈 표상에 포함시킨다. 공항의 전체 이동경로 지도 같은 비시각적 정보에 대해서는 장기기억에 저장되었거나 경험한 정보를 토대로 표상화시킨다[48].

세 번째로, 비정상상황에 대해 전문성은 습득한 각종 정보들을 정확하고 빠르게 지각하고 해석하고 추론하는데 요구되는 인지적 부담을 감소시켜 줄 수 있었다는 점이다[18]. 비록 주어진 비정상상황이 이전에 경험해보지 못한 상황이었다라도 높은 정보처리의 자동성이 비정상적인 상황을 인식하는데 가용할 수 있는 인지적 자원을 제공해 줄 수 있었을 것이다. 이렇게 가용할 수 있는 인지적 자원이 많다는 것은 실제 관계상황에서 예기치 못한 상황에서 적용하기 위해 불완전한 정보를 확인하는데 필요한 제한적 인지적 자원을 확보하여 여전히 안정된 수행을 보일 가능성이 많다는 것을 의미한다. 반면에 초보자는 정상적인 상황을 인식하는 데에도 인지적 부담이 크게 작용되어 보다 많은 인지적 자원을 요구하는 비정상상황을 인식하는데 필요한 여유 자원이 제공되지 못했을 것이다. 이런 특성들은 실제 관제업무 시 미미한 정서적인 충격에도 인지적 과정이 쉽게 방해 받을 수 있고 따라서 수행이 불안정해 질 수 있다는 것을 의미한다.

항공교통관제사는 독립적으로 의사결정을 할 수 있고, 각 상황에 적절한 결정과 관리 방법을 적용할 수 있어야 한다. 항공교통의 불필요한 지연 없이 안전하고 효율적으로 업무를 수행하는 것이 무엇보다 중요하다. 실제로 이는 고도의 복

잡한 직무로 훈련, 연습과 경험을 통해 얻어진 특별한 기술과 전문성을 요구한다[49]. 전문성에 대한 심도 깊은 이해를 할 수 있다면, 더 효과적인 교육과 훈련을 통해 더 적은 시간 내에 전문성 개발을 촉진할 수 있을 것이다. 관제사 훈련 프로그램 개발과 평가 관리에 있어서도 비정상 상황을 경험할 수 있는 시뮬레이션을 관제사에게 경험하게 한다면 그들의 관제 전문성을 확인하고 대처능력을 학습할 수 있는 기회를 제공해줄 수 있을 것이다. 시뮬레이션을 통해 가상 또는 실제 업무 환경에 기반해 일반적인 업무환경에서 경험하기 어려운 비정상상황에 대한 훈련과정은 필요한 지식과 기술을 적은 시간 내에 개발하기 위한 효율적인 방법을 제공 할 것이다. 그리고 수행 평가에 있어서도 우선적으로 정상상황에 대해서는 실무 업무를 수행하면서 평가하고, 비정상상황에 대해서는 서술적 지식 평가와 더불어 시뮬레이션을 활용하여 인지적 과정을 포함하는 전반적인 해결 능력을 평가해야 할 것이다.

끝으로 본 연구는 두 대의 관제시스템 장비만을 통해 인지적 과정을 확인한 한계를 지닌다. 이런 조건에서 과제를 수행하게 되면 상황을 파악할 수 있는 현실적인 정보가 부재하는 상황이 발생되고 전체적인 관제시스템 장비를 통한 정보를 획득하기 어려워 초보자의 수행이 더 낮아지는 결과가 나왔을 수도 있을 것이다. 그렇기 때문에 이런 연구결과가 현실적인 상황에서도 확인할 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것이다. 그리고 시나리오를 통해 문제해결 과정의 인지적 기술을 확인하기 위한 CTA 방법으로 초보자와 전문가의 전반적인 문제해결 과정을 확인하지 않았다. 이에 비상상황, 계획수립, 의사결정, 업무관리 등의 다양한 문제해결 구성요소를 포함하는 시나리오를 통해 인지적 과정을 확인 할 수 있다면 전문가의 기술을 구체적으로 더 발견할 수 있을 것으로 여겨지고, 이러한 연구결과를 토대로 전문가의 기술발달에 대한 구체적인 확인과 인지적 구성요소를 알아보기 위한 실험연구를 진행하여 추가적으로 확인하는 것이 필요할 것이다.

참고문헌

- 1) Hasse, C., Bruder, C., Grasshoff, D., & Eißfeldt, H., Future ability requirements for operators in aviation regarding monitoring. *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*, 8, 159-160, 2009.
- 2) Roske-Hofstrand, R. J., & Murphy, E. D., Human Information Processing in Air Traffic Control. In Smolensky, M. W., & Stein, E. S. (Eds.), *Human Factors in Air Traffic Control* (pp. 65-114). San Diego, CA: Academic Press, 1998.
- 3) 권혁진, 함성수, 김혜정, 한정원, 손영우, "항공교통관제 전문가와 훈련관제사의 시각정보 처리 차이". *한국항공운항학회 제18권 제1호*, 2010, pp.72-82.
- 4) Ericsson, K. A., Recent advances in expertise research: A commentary on the contributions to the special issue. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 233-241, 2005.
- 5) Ericsson, K. A., An Introduction to The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance: Its Development, Organization, and Content. In K. A. Ericsson, N. Charness, R. R. Hoffman, & P. J. Feltovich (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp.3-19). New York: Cambridge University Press, 2006.
- 6) Lewandowsky, S., Little, D., & Kalish, M. L., Knowledge and expertise. In F. T. Durso (Ed.), *Handbook of applied cognition 2nd ed.* (pp. 83-110). England: John Wiley & Sons, 2007.
- 7) Charness, N., Expertise in chess: The balance between knowledge and search. In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 39-63). New York: Cambridge University Press, 1991.
- 8) Charness, N., & Schultetus, R. S., Knowledge and expertise. In F. T. Durso, R. S. Nickerson, R. W. Schvaneveldt et al. (Eds.), *Handbook of Applied Cognition* (pp. 57-81). Chichester: John Wiley & Sons, 1999.
- 9) Glaser, R., & Chi, M. T. H., Overview. In M. T. H. Chi, R. Glaser, & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 15-28). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- 10) Ceci, S. J., & Liker, J. K., A day at the races: A study of IQ, expertise, and cognitive complexity. *Journal of Experimental Psychology*, 115, 255-266, 1986.
- 11) Masunaga, H., & Horn, J., Expertise and age-related changes in components of intelligence. *Psychology and Aging*, 16(2), 293 - 311, 2001.
- 12) Fisk, A. D., Ackerman, P. L.,

&Schneider, W., Automatic and controlled processing theory and its applications to human factors problems. In *Human factors psychology* (pp. 159-197). North-Holland Publishing Co., 1987.

13) Kahneman, D., & Treisman, A., Changing views of attention and automaticity. In R. Parasuraman and D. A. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. New York: Academic Press, 1984.

14) Logan, G. D., Attention in character-classification tasks: Evidence for the automaticity of component stages. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107(1), 32, 1978.

15) Schneider, W., & Fisk, A. D., Degree of consistent training: Improvements in search performance and automatic process development. *Perception & Psychophysics*, 31(2), 160-168, 1982.

16) Schneider, W., & Shiffrin, R. M., Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, 84(1), 1-66, 1977.

17) Anderson, J. R., *The architecture of cognition*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1983.

18) Fitts, P. M., & Posner, M. I., *Human performance*, Belmont, CA: Brock-Cole, 1967.

19) Schneider, W., & Shiffrin, R. M., Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1 - 66, 1977.

20) Shiffrin, R. M., & Schneider, W., Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127 - 190, 1977.

21) Anderson, J. R., *Cognitive Psychology* (4th edn.). New York: W. H. Freeman & Company, 1995.

22) Blessing, S. B., & Anderson, J. R., How people learn to skip steps. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(3), 576 - 598, 1996.

23) Logan, G., Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 583 - 598, 1988.

24) Brown, S. W., & Bennett, E. D., The role of practice and automaticity in temporal and

nontemporal dual-task performance. *Psychological Research*, 66, 80 - 89, 2002.

25) Logan, G. D., & Cowan, W., On the ability to inhibit thought, and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*, 91, 295 - 327, 1984.

26) Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C., Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual review of psychology*, 47, 273-305, 1996.

27) Proctor, R. W., & Dutta, A., *Skill acquisition and human performance*. Thousand Oaks, CA: Sage, 1995.

28) Bainbridge, L., Analysis of verbal protocols from a process control task. In E. Edwards & F. P. Lees (Eds.), *The Human Operator in Process Control*. Taylor and Francis, 1974.

29) Alberdi, E., Sleeman, D. H., & Korpi, M., Accommodating surprise in taxonomic tasks: The role of expertise. *Cognitive Science*, 24(1), 53-91, 2000.

30) Seamster, T. L., Redding, R. E., & Kaempf, G. L., *Applied cognitive task analysis in aviation*. Aldershot: Ashgate, 1997.

31) Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual review of psychology*, 47(1), 273-305.

32) Proctor, R. W., & Dutta, A., *Skill acquisition and human performance*. Sage Publications, CA, 1995.

33) Gott, S. P., Lajoie, S. P., & Lesgold, A., Problem solving in technical domains: How mental models and metacognition affect performance. In R. F. Dillon & J. W. Pellegrino (Eds.), *Instruction: Theoretical and applied perspectives* (pp. 107-117), Praeger Publishers, New York, 1991.

34) Schumacher, R. M., & Czerwinski, M. P., Mental models and the acquisition of expert knowledge. In R. R. Hoffman (Ed.), *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI* (pp. 61-79). Springer-Verlag, New York, 1992.

35) Regoczei, S., The psychology of expertise and knowledge acquisition: comments on the chapters in this volume. In R. R. Hoffman (Ed.), *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI* (pp. 297-313). Springer-Verlag, New York, 1992.

- 36) Seamster, T. L., Redding, R. E., & Kaempf, G. L., Applied cognitive task analysis in aviation. Aldershot: Ashgate, 1997.
- 37) Koros, A., Della Rocco, P., Panjwani, G., Ingurgio, V., & D'Arcy, J. F., Complexity in air traffic control towers: A field study. Part 2. Controller Strategies and Information Requirements (DOT/FAA/CT-TN03/14). Atlantic City International Airport, NJ: DOT/FAA William J. Hughes Technical Center, 2006.
- 38) Rothwell, W. J., & Kazanas, H. C., Mastering the Instruction Design Process, San Francisco, CA, Jossey-Bass Publishers, 1992.
- 39) Eggemeiger, F. T., Fisk, A. D., Robbins, R. J. & Lawless, M. T., Application of automatic/controlled processing theory to training tactical command and control skills: II. Evaluation of a task analytic methodology. In Proceedings of the Human Factors Society 32nd annual meeting (pp. 1232-1236). Santa Monica, CA: Human Factors Society, 1988.
- 40) Giguère, G., Collecting and analyzing data in multidimensional scaling experiments: A guide for psychologists using SPSS. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 2(1), 27-38, 2006.
- 41) Kruskal, J. B., & Wish, M., Multidimensional scaling. Sage University paper series on quantitative applications in the social sciences. Beverly Hills, CA: Sage, 1978.
- 42) Steyvers, M., Multidimensional scaling. In M. Steyers (Ed.), *Encyclopedia of cognitive science* (pp. 1-5). London, UK: Nature Publishing Group, 2002.
- 43) Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A., Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208, 1335 - 1342, 1980.
- 44) Anderson, J. R., Acquisition of cognitive skill. *Psychological review*, 89, 369-406, 1982.
- 45) Salthouse, T. A., Theoretical perspectives on cognitive aging. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991.
- 46) Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F., Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68, 569-579, 1997.
- 47) Cannon-Bowers, J. A., Tannenbaum, S. I., Salas, E., & Converse, S. A., Toward an integration of training theory and technique. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 33, 281-292, 1991.
- 48) Kosslyn, S. M., The medium and the message in mental imagery: A theory. *Psychological review*, 88, 46, 1981.
- 49) Palukka, H., & Auvinen, P., "Ilmailuvuorovaikutus - lentäjä ja lennonjohtajien yhteistoinnalliset työkaluyhteistyöt", Final report (in Finnish), available at www.tsr.fi/files/TietokantaTutkittu2002/102064loppuraportti.pdf (accessed 15 August 2013)