

論文

항공관제 전문성 수준에 따른 시각정보 판독과 미래정보 예측 차이

권혁진*

Expert-Novice Differences in Reading and Predicting Visual Information in Air Traffic Control

Hyuk-Jin Kwon*

ABSTRACT

Many studies have shown that having perception of spatial information is important for air traffic control officer (ATCO) since it helps them understand the current situation and predict the situation it leads to. However, little or no research has been done to investigate if there is any difference at the levels of expertise in perceiving spatial information and predicting a prospective situation.

This study investigates the difference between expert and novice ATCO groups in how accurately each group of ATCO perceive spatial information such as position, altitude, speed, and flying direction, and predicting such information they will encounter shortly. In completing a task to watch the movement of airplanes displayed on the computer monitor as a blip, the participants were asked to predict the position, speed, and the altitude of the aircraft in a minute by marking on the sector map.

The results show that the expert group performed better in accuracy and had tendency to overestimate on position and altitude; however, no significant difference was found between the two groups in terms of reading a flying direction. Therefore reading a flying direction may not be a reliable indicator to judge expertise of ATCO. But the expert group shows better predicting performance by perceiving spatial information such as airplane's position and altitude with feeling on time.

The study suggests that it is important to enhance perceptive skills in ATCO training in improving their expertise in predicting accuracy traffic situation, preventing from air collision, and improving productivity for more efficient air traffic flow. A further study on the relationship between the perception of spatial information and the sense of time in predicting future information and effectiveness as an independent factor would contribute to providing more insights into expertise of ATCOs.

Key Words : Air Traffic Control Officer(항공교통관제사), Expertise(전문성), Time perception(시간지각), Situation Awareness(상황인식), Predicting situation(상황예측)

1. 서 론

2015년 09월 02일 접수 ~ 2015년 09월 24일 심사완료
논문심사일 (2015.09.20, 1차)

* 국토교통부 항공보안과

연락처, E-mail : jntower@korea.kr

서울시 도음6로 11, 6동 국토교통부 항공보안과

1.1 항공관제사의 전문성

항공교통 수요 및 교통량의 증가와 더불어 항공기의 안전운항에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한

항공교통 관제사들의 인적요인과 전문성에 의한 항공안전 확보에 대한 역할과 책임도 커져가고 있다. Boeing사에서 2009년 발표한 세계 항공교통량 증가추이는 2028년까지 매년 평균4.9%의 성장을 전망하고 있고 중국을 중심으로 하는 아시아 시장에서는 5.8%의 성장을 예측하고 있다[1]. 항공산업의 외적 성장과 함께 증가하는 교통량에 대비한 안전확보를 추구하고자 하는 노력이 미국·영국 등 선진국을 포함한 세계 여러 나라에서 진행 중이다.

관제업무의 궁극적인 목표는 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 항공기간의 충돌 및 항공기와 장애물 간에 충돌을 막거나 예방하는데 목적이 있으며, 두 번째는 많은 항공기들의 교통흐름과 효율성을 극대화하는 것으로써 시간적 경제적 가치를 높이는 데 목적이 있다. 이러한 목표를 이루기 위하여 관제사들은 관제정보에 대한 지각과 전문성을 최대한 발휘하여 각종 항공기 위치, 고도 등 상태정보의 변화를 추정하면서 미래 상황을 예측하고 적절한 의사결정을 내리는 업무를 한다[2][3]. 관제사 전문성의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것은 상황인식이며 그중에서도 미래상황의 정확한 예측이라고 할 수 있다. Endsley[18]는 주어진 환경 내 정보를 지각하고 지각된 정보들을 이해하고 의미를 파악하게 되며, 앞으로 벌어질 상황을 예측해내는 과정을 상황인식으로 설명하고 있다. Endsley와 Rodgers[8]는 항로레이더 관제사들을 연구한 결과 항공기의 위치, 비행방향, 고도, 속도, 호출부호 등이 관제사들의 상황인식 지각단계의 필수 정보라고 했다. 상황인식은 지각 단계에서 정보를 얼마나 정확하게 지각하는가 하는 것이 중요하다.

관제분야 중에서 레이더 관제업무는 공중의 항공기들 간에 질서 정연한 교통순서를 정하고, 국제기준에 따른 수평 5마일, 수직 1,000피트의 항공기간 안전공간을 확보하여 안전한 교통 체계를 유지하는 데 있다[4]. 항공기간 안전한 분리를 위한 공간확보는 관제사들이 레이더화면을 예의주시하면서 관할 공역 내 항공기 조종사들의 요구사항에 기민하게 판단하고 반응해야 한다. 또한 기상정보, 공항 및 항행안전시설의 운영 상태, 공역 내 군용기의 특수 기동정보 등 안전과 관련한 다양한 정보를 제공하고 항공기간 안전 공간 확보를 위한 비행방향, 고도, 속도 등 적절한 관제지시를 제공하여야 한다[5]. 특히 관제사들은 제한된 시간 동안 항공기간에 안전한 공간을 확보하거나 만들어 내기 위해 레이더 화면에 제공되는 시각정보 자극과 조종사 또는 동료관제사들의 음성언어와 같은 청각정보들에 대해 빠르게 반응해야 한다. 감각을 통해 입력된 정보들은 기억시스템과 정보처리 등 인지

작용을 활용하여 미래 상황을 예측하는 관제전문성이 필요하다[3].

미래상황 예측 전문성에 필요한 기억과 주의 등 관제사의 지각과 인적요인은 항공안전에 치명적인 영향을 주어 왔다. 과거 여러 사건·사고 사례에서 관제사의 감각과 단기기억의 실패와 같은 인지능력 실패와 실수가 사건·사고로 연결된 사례는 종종 발생하고 있다. 1991년 미국 LA공항 관제탑에서 한 관제사가 SkyWest의 소형항공기를 활주로 위에 대기시킨 후 이륙지시를 잊고 다른 항공기에게 같은 활주로에 착륙을 지시함으로써 항공기간 충돌이 발생하여 34명이 사망하는 사고가 발생했었다[6]. 또한, 2009년 9월에는 호주의 관제사가 항공기간 분리 과제수행에 대한 기억의 실패로 B737항공기와 B777항공기간 충돌위기에 빠지는 준사고가 발생하기도 하였다[7].

1.2 관제사의 3차원 정보 예측과 지각

관제사들이 사용하는 레이더 화면의 정보 중에서 항공기가 가지고 있는 위치, 비행방향, 고도, 속도와 같은 3차원 공간정보의 지각과 시간 감각의 전문성은 주어진 현재의 교통상황을 지각하고 정보들을 종합적으로 이해하고, 잠재적 충돌가능성과 경제적이고 효율적인 교통흐름에 대한 앞으로의 상황을 미리 예측·판단하는 데 기반이 된다. 공간정보는 비행방향과 항공기 속도가 항공기의 수평면적(2차원) 위치를 결정하고 여기에 비행고도가 결합되어 3차원 입체 공간 속에 항공기 위치로 레이더 화면에 시현된다. 이렇게 구성된 하늘의 공간 속에 항공기 위치정보는 비행방향, 속도, 고도의 변화량에 의한 결과 값으로 레이더 화면에 나타나 관제사의 미래정보 판단에 활용되는 3차원 공간정보가 된다.

Endsley와 Rodgers[8]는 항로레이더 관제사들을 대상으로 수행한 연구에서 항공기의 위치, 비행방향(헤딩), 고도, 속도, 호출부호 등이 관제사들의 상황인식 1단계의 필수 정보라고 했다. 시뮬레이션을 이용한 상황인식 실험연구에서는 항공기 위치가 관제사들의 상황인식에 필요한 주요 정보라는 것을 공통적으로 밝히고 있다[9][10][11]. 권혁진 등[12]의 연구에서는 관제사들의 주요 지각적 기억그룹(chunking) 정보가 주로 항공기 위치, 헤딩, 호출부호 정보로 이루어지고 있음을 보여주었다. 또한 모든 관제사들은 항공기의 위치, 비행방향 정보 쌍에 높은 상관을 보이는 것으로 나타났으며, 호출부호를 포함한 위치, 비행방향 정보는 관제 전문성 수준에 따라 지각적

기억그룹(chunking)을 이루는 주요정보로서 기억 용량의 차이를 구성하는 주요정보임을 확인해 주었다. 그러나 관제사들에게 공간정보의 지각은 현재 상황의 이해와 미래 예측에 매우 중요한 정보라는 것을 이해하면서도 그러한 정보가 전문성 수준에 따라 차이가 있는지에 대한 연구는 찾아볼 수가 없었다. 특히 시간감각을 적용한 미래상황 예측은 상황인식의 3단계 수준을 연구하기 위한 매우 중요한 변인임에도 불구하고 이에 대한 연구도 찾아볼 수가 없었다.

일반적으로 복잡한 과업수행에서 탁월한 전문가가는 뛰어난 시간감각과 시간관리 능력을 가진 경우가 많다. 관제분야에서도 마찬가지로인데 Yang, Rantanen, 및 Zhang[13]은 시간관리 성향 조사서(TMDI : Time Management Disposition Inventory)를 이용하여 31명의 관제사들의 시간관리 효용성에 대한 성향을 조사하여 두 그룹으로 구분한 뒤 관제시물레이션을 이용하여 상황인식, 상황이해도와 주의(attention)의 공급정도 등을 측정하였다. 그 결과 시간효용이 높은 집단의 관제사들이 주의를 덜 들이면서, 더 자주 주의를 배분·제공하였다. 또한, 관제할 항공기가 많고 적음에 상관없이 상황에 대한 이해력도 더 좋았다. 시간개념과 시간관리 능력이 뛰어난 관제사는 높은 상황인식 능력을 가지고 있음을 보여주었다.

관제사들의 미래 교통상황 예측은 3차원 공간정보의 변화에 대한 지각과 이해를 시작으로 미래 상황 예측에 대한 전문성을 발휘한다. 보통 관제업무에서 항공기가 몰려드는 복잡한 상황이 되면 관제사들은 주로 표준화된 비행절차를 활용하기 보다는 관제사 개인의 기량과 전문성에 의존한 레이더 유도방법의 관제 서비스를 제공하는 경향이 있다. 이때 미래 교통상황에 대한 예측은 주로 항공기의 위치정보와 고도변화를 지각하여 항공기 정보의 미래 상태를 예측하는 것이다. 레이더 화면 각각의 정보에 대한 지각과 종합적인 이해, 가까운 미래 상황에 대한 예측의 3단계 과정을 거치면서 전체적인 항공기들의 교통상황을 안전하고 교통흐름의 시간 경제적 효율성이 높아지도록 의사결정을 한다. 하지만 미래 교통상황 예측에는 시간감각의 정확성을 갖고 있지 않으면 한계가 있을 수밖에 없다.

1.3 시각정보 지각과 시간감각 적용에 의한 위치정보 예측 연구

관제전문성 수준에 따라 시각 정보에 대한 시간개념을 적용하고 미래 정보 예측을 정량적으로 심층 연구한 결과는 아직 없었다. 따라서 본 연구에서는 관제 전문성 수준에 따른 정보 지각의 차

이와 시간감각을 통한 예측능력의 차이를 확인하기 위하여 두 가지 실험을 수행하였다. 첫 번째는 전문성 수준이 다른 두 관제사 집단에게 레이더 화면의 항공기 공간정보인 위치, 고도, 속도 정보를 보여준 후 1분의 시간감각을 적용하여 얼마나 정확하게 미래정보를 예측 하는지 확인하였다. 일반적으로 관제사들은 제한된 시간 동안 다수의 항공기를 처리해야 하는 복잡한 상황에 있기 때문에 직관적이고 감각적인 정보처리에 주로 의존하게 된다. 레이더 화면에 표시되는 시각 정보의 변화와 관제사 개인에 따라 다르게 내재된 시간감각을 적용한 위치, 고도 예측과제를 통해 관제 전문성이 다른 두 집단의 예측 정확성의 차이를 실험을 통해 확인해 보려고 하였다. 두 번째는 관제업무 수행 시에 필요한 비행방향 정보를 감각적으로 읽는 지각적 능력의 차이를 확인하고자 하였다. 비행방향 정보를 읽고 해석하는 능력은 전문가와 초보 집단에게 짧은 시간동안 시각정보로 제공되는 비행 방향을 본 후 각도를 감지하는 정확성의 차이를 보일 것으로 보았다. 전문가 집단이 초보 관제사들보다 제시 자극에 대한 비행방향 각도를 읽는 정확도가 초보자들 보다 나을 것으로 예상하였다.

Rhodes와 McCabe[14]의 연구에서 미식축구 전문가들은 익숙한 미식축구 단어자극에 대해 시간간격을 판단할 때 익숙하지 않은 다른 단어자극에 비해 더 오랜 시간간격으로 판단하지만 초보자들은 모든 형태의 단어자극에 영향을 받지 않았다. 즉, 이들은 가지고 있는 전문성과 일치하는 익숙한 자극에 대해서는 익숙하지 않은 자극에 대해서 보다 더 긴 시간간격을 느꼈다는 것이다. 그렇다면 관제사들도 익숙한 레이더 화면의 항공기 움직임에 보고 전문가와 초보자 집단이 얼마나 다른 시간감각을 가지고 있을지 의문을 갖게 한다. Rhodes 등[14]의 연구결과 대로라면 관제전문가 집단은 초보자 집단보다 레이더 화면에 더 익숙하기 때문에 항공기 움직임에 대해 시간간격을 더 길게 느낄 것이고 이 때문에 가까운 미래에 레이더 화면상 항공기 위치를 예측할 때 전문가 집단이 초보자 집단보다 상대적으로 과소 예측할 가능성이 높다. 다시 말해, 익숙한 자극은 전문가 집단에게 시간지각을 길게 느끼게 하여 단위시간당 느끼는 항공기 움직임이 실제 보다 더 짧게 예측될 수도 있는 것이다.

환경정보의 특징을 잘 지각하고 미래 상황을 예측하여 미리 대비한다는 것은 전문가로서 필수적인 능력이다. 스포츠 분야에서 전문가에 대한 연구가 많이 수행되었는데 단체 구기 종목 선수들은 움직이는 공에 대한 정보를 선택적이고 효율적으로

시각해야 하며[15] 이러한 공의 움직임이나 궤적 등 시각정보들의 특징들 사이에서 관계와 패턴, 의미를 식별하는 능력은 전문성에 있어 필수적인 요소라고 하였다. Abernethy, Baker 및 Cote[16]는 이러한 관련정보를 인지하고 처리하는 능력은 예측능력의 기본적인 요소 중에 하나라고 하였다.

관제 분야에서 Boudes와 Cellier[17]는 관제사들을 대상으로 시간개념과 위치고도 정보 등을 추정한 연구를 수행하였다. 그들은 평균경력 7.2년의 프랑스 항공교통 관제사 전문가들 16명을 대상으로 레이더 시뮬레이션 훈련 도중, 이를 멈추고 2, 5, 9분 후에 항공기 위치와 비행방향(비행궤적), 고도정보를 색터카드에 기록하거나 질문에 답하여 항공기의 위치, 고도, 비행궤적 각도의 미래정보를 예측하도록 하는 실험을 수행하였다. 그 결과 고도변화가 없는 항공기들에 대한 기억은 정확성이 높았지만 상승 또는 강하로 고도변화가 있는 항공기는 거의 예측하지 못하였다. Boudes와 Cellier[17]의 실험은 시뮬레이션을 이용하여 실제와 같은 다양한 상황변화와 복잡한 환경을 제공하고 항공기들의 공간정보 변화에 대한 관제사들의 기억과 시간편차에 의한 미래상황 및 공간정보 예측을 수행한 실험이었다. 시뮬레이션 도중에 멈춘 후 2분, 5분, 9분 후에 항공기 위치, 고도, 비행방향 정보들을 구두로 설명하여 추정하는 방식이어서 실제로 관제전문성의 특징을 확인하기 위한 정확한 양적 연구에는 한계가 있었다. 또한, 이 실험에는 전문가 집단만 참가하였기 때문에 전문성 수준에 의한 차이를 확인하지 못했다. 또한 고도와 위치 정보 예측에만 치중하고 있어 다른 정보에 의한 예측 영향 등은 확인할 수가 없었다.

2. 본 론

2.1 연구방법

2.1.1 참가자

서울접근관제실 레이더 관제사들 중 19명의 전문가관제사(남 12명, 여 7명)들과 14명의 훈련 관제사(남 10명, 여 4명)들을 대상으로 자발적인 참여에 의해 실험을 수행하였다. 관제사 전문가 집단은 보통 2년 정도 훈련을 한 후 인증과정을 통해 레이더 관제업무 한정자격을 취득하는데 한 정자격 취득 후 단독으로 근무할 수 있는 자격이 있는 관제사들을 전문가 그룹으로 하였으며, 한 정자격을 얻기 위해 훈련 중인 관제사들은 초보자 그룹으로 분류하였다.

2.2 실험자료

2.2.1 항공기 위치와 고도예측 과제

서울접근관제실의 시뮬레이션을 이용하여 하나의 항공기가 직선비행을 하도록 Fig 1과 같이 항공기 이동 화면을 추출하였고 5회의 실험을 위하여 각 회에 필요한 레이더 화면을 그림으로 추출하였다. 레이더 화면에 제시되는 항공기 시각정보자극은 위치, 속도, 고도정보가 동시에 제시되도록 하였다.

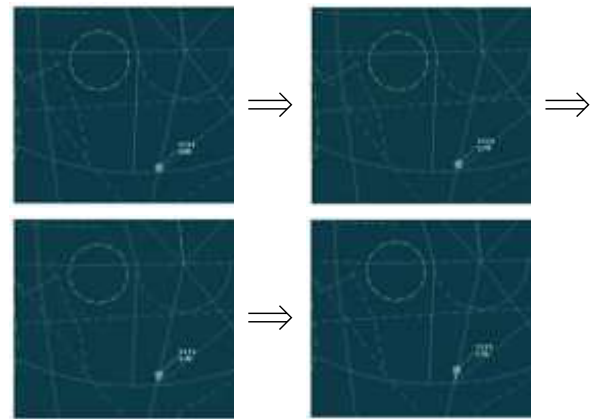


Fig. 1 항공기 이동 자극화면

항공기 속도는 5회 실험에서 각각의 항공기에 180 노트에서 450노트 사이의 5개 속도 값을 다양하게 입력하였으며 항공기에 영향을 미치는 실제 공중의 바람방향 등의 값을 zero로 넣어 바람변수에 의한 영향을 배제하였다. 항공기는 비행방향의 변화가 없는 직선비행 자극으로 구성하였다.

항공기 고도정보는 항공기에 상승 또는 강하하는 고도를 넣고 상승률과 강하율을 다르게 하여 항공기 마다 변화되는 항공기 고도 변화양상이 달라지도록 하였다. 1~5회의 각 실험화면 속에 고도는 13,000피트에서 19,000피트 사이의 5개 고도 값을 초기 값으로 넣었다. 고도정보도 바람 영향 값을 zero로 하여 바람변수에 의한 영향을 배제하였다. 이렇게 시뮬레이터를 이용하여 만들어진 레이더 화면의 항공기 자극을 시각정보로 추출하였다.

2.2.2 비행방향 정보 제시 자료

아래 Fig 2에서 보는 바와 같이 비행방향 읽기 정확도를 측정하기 위한 화살표는 정밀도와 객관성을 유지하기 위하여 Auto CAD2004를 이용하여 등근 원 속에 1도 단위의 각도정보를 가진 화살표를 임의로 설정하여 넣었다. 여러 방향의 다양한 각도가 표시되도록 추출하여 227°, 116°,

306°, 174°, 023°를 가리키는 비행방향 정보를 담은 화살표 5개 그림을 추출하였다. 그리고 마이크로소프트社의 파워포인트를 이용하여 2초간 짧게 표출되도록 제시하였다.

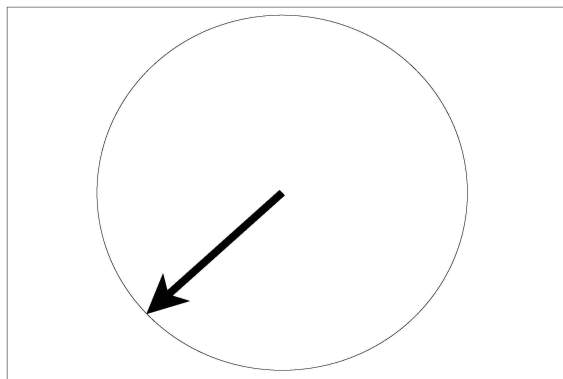


Fig. 2 비행방향 각도 읽기과제를 위한 제시화살표

2.3 실험절차

항공기 위치, 고도, 속도정보에 대한 미래 예측 과제는 제시되는 시각자극의 움직임을 보고 동시에 1분 후의 상태에 대한 여러 개 정보의 변화를 예측하도록 하였다. 비행방향 읽기 과제는 각도 정보가 포함된 화살표 자료를 제시하여 별도의 실험을 수행하였다.

2.3.1 위치, 고도 정보예측 과제

항공기에 대한 위치, 고도, 비행방향, 속도 등 여러 3차원 정보를 동시에 정확하게 예측하는 것은 미래 교통상황을 예측하는 관제 전문성에 있어서 매우 중요한 과정이다. 전문성이 높고 낮은 두 관제사 집단에게 레이더 화면의 항공기 움직임 자극을 제시하였다. 위치와 고도정보 예측은 하나의 레이더 블립(blip) 자극에 대해 위치, 고도 두 가지 정보를 동시에 예측하도록 하였다. 레이더 화면의 공간정보에 대한 예측 실험절차는 다음과 같다.

① 피험자들이 실험절차를 사전에 이해할 수 있도록 실험방법을 설명하였고 아래 ②번에서 설명하고 있는 실험장비를 이용하여 2회의 모의 실험을 통해 과제수행을 연습하였다.

② 시간감각에 의한 위치와 고도정보 예측실험은 시뮬레이션을 이용하여 갱신주기 4.8초 단위로 추출된 4개의 레이더 블립 화면그림을 1,280 × 800해상도의 21.3인치 크기의 모니터를 통해 마이크로소프트社의 파워포인트 2003버전으

로 자동 갱신되어 나타나도록 하여 레이더 화면 상 움직임과 같은 조건으로 표출하였다.

③ 3회 갱신되어 움직이는 레이더 화면 블립 그림을 컴퓨터 화면을 통해 피험자들에게 제시하였다.

④ 컴퓨터 화면에 움직이는 레이더 블립의 그림을 본 후 피험자들에게 1분 후를 예측하여 레이더 블립의 위치와 고도, 속도를 공역 맵에 2초 안에 표기하게 하였다. 관제사들이 1분이라는 시간간격을 미래 정보예측에 적용하여 산술계산 할 수 없도록 하기 위해 속도, 고도, 위치 정보의 예측된 값을 2초 내에 표기하도록 제한하였다.

⑤ 예측된 블립의 위치는 공역 맵에 X표시로 하고 그 옆에 예측된 도달고도와 속도를 숫자로 표기하도록 하였다.

⑥ 레이더 블립의 움직임과 함께 변하는 고도, 속도정보의 변화를 감지한 후 1분이라는 시간간격에 대한 시간감각을 적용하고 1분 후에 예측되는 속도, 고도 값을 공역그림 상에 숫자로 쓰도록 하였다. 속도는 10노트 단위로, 고도는 100피트 단위로 예측한 도달고도를 표기하도록 하였다.

2.3.2 비행방향 읽기 과제

비행방향 정보 읽기 과제 실험은 등근 원의 그림 속에 화살표 자극을 Fig 2와 같은 자극화면을 2초간 제시하여 해당 화살표가 지시하는 각도를 읽게 하였다. 비행방향 정보읽기 과제는 시간감각을 대입할 수 있는 과제가 아니어서 예측실험은 시행하지 않았다. 보통 항공기의 비행방향 선회율은 미국 FAA7110.65 등의 비행절차 규정에 의해 1초당 3도의 표준 선회율을 적용하고 있다. 따라서 1분당 선회율은 180도를 나타내고 1분 후 항공기의 비행방향을 묻는다면 제시된 현재 비행방향의 반대 방향을 가리키는 결과가 되어 시간감각에 의한 예측실험이 적절하지 않았다.

보통 접근관제 레이더 관제사가 조종사에게 지시하는 항공기 비행방향 지시각도의 최저 단위는 10도이다. 하지만 지시각도 읽기의 민감성을 높이기 위해 제시되는 시각정보의 각도 단위를 1도로 하였다. 감각에 대한 수준차이를 확인하기 위하여 읽은 각도는 2초안에 표기하도록 하여 느낀 화살표 각도를 쪽지에 적도록 하였다.

2.4 측정 및 분석

2.4.1. 위치예측 정확도 측정

관제사들은 레이더 화면에 제시되는 항공기 블립(blip) 자료가 3회 갱신되어 움직이는 동안

자극의 정보변화를 감지하고 항공기 위치는 공역 그림에 X로 표기하도록 하여 X의 교차중심선을 예측된 블립 위치로 간주하였다. 관제사들의 계산과 생각을 배제하고 감각적인 위치예측을 수행하도록 하기 위하여 공역 맵에 X 표기하는 시간을 2초로 제한하였다. 실험은 총 5회를 수행하여 평균값으로 집단 간 수준차이를 비교하였다.

위치예측 값의 정확도는 실제항공기 위치차이 거리를 1마일 단위로 측정하였다. 거리측정은 공역 지도에서 20마일짜리 항로부분을 OHP필름으로 오려낸 후 1마일 단위의 스케일 자료 사용하였다. 같은 축적의 거리측정 스케일 자를 적용하여 위치 예측의 오차를 측정 하였다. 위치 오차의 단위는 마일(Nautical Mile)로 하여 예측된 위치의 정확도를 측정하였다.

2.4.2. 고도예측 정확도 측정

고도예측 값은 숫자로 표기되었고 레이더화면에 표기되는 고도단위는 100피트 단위로 표시된다. 예를 들어 5,000피트는 050으로, 10,000피트는 100이라는 숫자로 표기 된다. 따라서 관제사들에게 익숙한 단위로 표기할 수 있도록 예측된 고도정보를 100피트 단위로 표기하도록 지시하였다. 그러나 일부 관제사들은 15,300피트인 경우 153으로 표기하여야 하지만 15,300을 전체를 표기하는 경우도 있어 두 가지 모두를 고도 측정 데이터에 포함하였다.

2.4.3. 속도예측 정확도 측정

속도예측 값은 숫자로 표기되었고 레이더화면에 표시되는 속도는 10노트 단위로 시현된다. 예를 들어 300노트는 숫자 30으로 표기 된다. 관제사들에게 예측한 속도정보를 10노트 단위로 표기하도록 하였다.

2.4.4. 비행방향 각도 읽기 정확도 측정

관제사들은 레이더 화면에 나타나는 항공기 움직임을 비행방향으로 읽는다. 이때 비행방향의 값을 기억하고 항공기들 간의 충돌위험과 관계를 고려해 안전한 진로를 판단하고 의사결정을 한다. 비행방향 정보의 측정은 관제사들이 제시된 화살표 지시 각도의 정보를 숫자로 표기하면 실제 비행방향 값과 오차에 대한 절대값을 자료로 수집하였다. 실험은 5회 수행하여 실제 값과 차이를 보이는 각도의 평균을 구하였다.

2.4.5. 측정값 분석

속도정보는 정보를 추정한 관제사의 수가 적어 분석에서 제외하였다. 레이더 화면 상 항공기 블립의 움직임을 지각한 후 시간감각을 대입하여 예측한 항공기 위치, 고도예측 과제를 통해 수집된 오차 값을 두 가지 방식으로 분석하였다. 첫 번째는 정확도 차이를 확인하기 위해 모든 위치와 고도예측 오차 자료 값을 절대 값으로 수집하여 집단간 평균값으로 비교하였다. 두 번째는 관제전문성 수준에 따라 시간감각을 어떤 다른 특징으로 가지고 있는지에 확인하기 위해 과소추정(Underestimate)과 과대추정(Overestimate)을 구분하여 수집하였다. 과소·과대추정을 확인하기 위하여 피험자 관제사들이 실제 예측한 정보가 실제 값에 못 미치면 “-” 과소추정 값으로 초과하여 예측한 정보 값은 “+”으로 하여 피험자 개인별 1~5회의 값을 합산하였고 합산 값을 각각 평균으로 입력하여 “±” 값이 있는 과대·과소 추정자료를 분석하였다. 분석된 데이터들은 집단간 독립표본분석을 통해 두 집단간 정보지각과 시간감각에 의한 예측 정확도 결과를 비교하였다. 분석된 데이터들은 집단간 독립표본분석을 통해 두 집단간 정보지각과 시간감각에 의한 예측 수행의 결과를 비교하였다.

2.5 실험결과

2.5.1. 위치예측 정확성

위치예측 정확성을 분석한 결과, 전문가 집단은 초보자들에 비해 통계적으로 유의미하게 항공기의 미래 위치정보를 더 정확하게 예측하는 것으로 나타났다($t = -2.449, df = 12.487, p < .05$). 전문가 집단이 1분 후 항공기의 위치를 예측한 결과와 실제 위치의 거리오차는 평균 2.6마일의 오차와 0.8마일의 표준편차를 보였다. 반면, 초보자 집단은 평균 5.9마일의 예측오차와 4.8마일의 표준편차를 보여 1분 후 위치예측 정확성은 전문성이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 평균 3.3마일 정도 더 정확하게 예측하는 것으로 나타났다.

두 집단 간 위치예측의 과소추정과 과대추정 거리오차 자료를 구분하여 분석한 결과, 전문가 집단은 평균 1.6마일의 과대추정을, 초보자 집단은 평균 20.3마일의 과대추정을 하였다. 두 집단간의 과대추정의 편차는 18.7마일로서 전문성 수준에 따른 위치예측의 과대·소 추정 결과에서도 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($t = 2.166, df = 14.537, p < .05$).

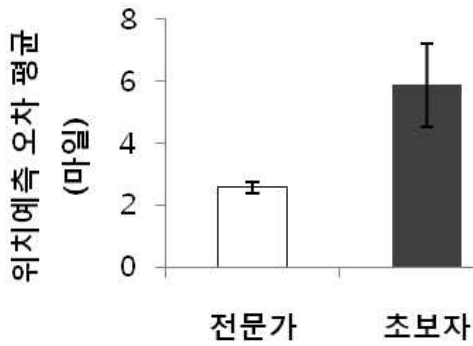


Fig. 3 전문가와 초보자 집단의 위치 오차 차이

2.5.2. 고도예측 정확성

고도예측 정확성 차이의 분석은 Fig. 4 에서 보여주는 바와 같이 전문가 집단은 초보자 집단 보다 통계적으로 유의미하게 더 정확한 예측을 하는 것으로 나타났다($t = -2.074, df = 18.467, p < .05$).

두 집단 간 고도예측의 과대·과소추정에 대한 고도오차 자료를 분석한 결과, 관제사들은 전문성 수준에 상관없이 과소추정을 하고 있었으며 과대·과소추정에 대한 종합분석에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다($t = .080, df = 31, p > .05$). 전문가 집단은 평균 181피트의 과소추정을, 초보자 집단은 평균 157피트의 과소추정을 하였다. 집단 간의 과대추정의 편차는 24피트로서 전문성이 높고 낮음에 따른 고도예측의 과대 과소추정의 결과에는 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

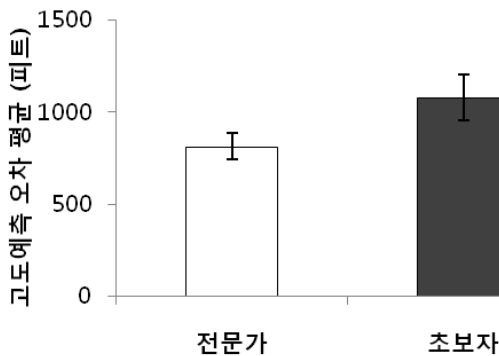


Fig. 4 전문가와 초보자 집단의 고도 오차 차이

2.5.3. 비행방향 각도 읽기 정확성

비행방향 읽기과제는 관제전문성 수준이 다른 두 집단 간 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아서 상황예측에 대한 정보읽기의 정확성 차이는 없었다($t = -.789, df = 31, p > .05$). 비행방

향(헤딩) 읽기 과제에서는 Fig. 5에서 보여주는 바와 같이 전문가 집단은 평균 9.5도의 읽기오차와 3도의 표준편차를 보였고, 초보자 집단은 평균 11.2도의 읽기오차와 8.9도의 표준편차를 보여 두 집단간 비행방향 읽기의 평균 오차는 약 2도 정도의 차이를 보이고 있었다.

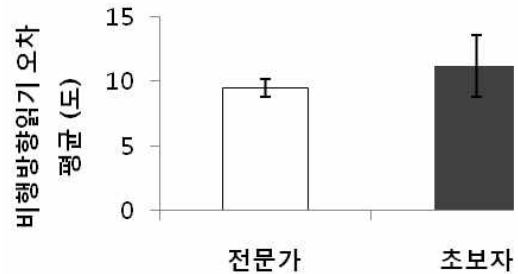


Fig. 5 전문가와 초보자 집단의 비행방향 판독 정확성 차이

3. 결 론

본 실험연구를 통해 위치예측에서 전문가 집단은 초보자들에 비해 항공기의 미래 위치정보를 더 정확하게 예측하는 것으로 나타났다. 두 집단 간 위치예측의 과소추정과 과대추정 분석에서는 전문성이 높을수록 해당분야의 익숙한 자극에는 시간지각을 더 느리게 반응한다는 Rhodes 와 McCabe[14]의 연구결과를 지지하는 결과를 보였다. 3회 갱신되는 레이더 블립의 익숙한 움직임을 자극으로 인지할 때 전문가 집단은 초보자들에 비해 좀 더 느리게 판단하는 경향이 있음을 확인하였다. 이 때문에 위치예측 과제에서 전문가 집단은 초보자 집단보다 과대 추정을 덜 하는 것으로 보인다. 실험결과에서 확인된 바와 같이 전문가와 초보관제사들의 인지적 예측 전문성의 차이는 3.3마일의 미래위치 예측의 정확성 차이는 실제 관제현장에서 나타날 것이다. 이는 항공기간 안전분리를 위한 최소 거리 5마일의 분리에 막대한 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 관제사들은 동시에 여러 항공기들을 관제하기 때문에 더 복잡하고 혼란스런 상황 속에서는 예측능력 차이가 더 크게 나타날 가능성이 있다.

고도예측에서 Boudes 와 Cellier[17]는 관제사들이 상승/강하 중인 항공기의 고도예측을 어려워한다고 했다. 하지만 본 실험의 결과에서는 전문성에 의한 고도예측에 두 집단 간 차이를 확인할 수 있었다. 전문가 관제사들은 위치정보와 더불어 고도정보도 미래 예측정보로 충분히

활용하고 있었으며 이를 통해 항공기간 분리와 안전확보를 위한 미래상황 판단에 적용하는 것으로 보인다. 또한 두 집단 간 고도예측의 과대·과소추정에 대해서는 관제사들은 전문성 수준에 상관없이 과소추정 하는 경향을 보였고 관제현장에서 고도예측은 실제 도달 고도에 미치지 못하는 고도로 예측하는 과소추정의 경향을 보이고 있었다.

비행방향 정보는 전문성 수준에 따라 차이를 보이지 않음으로써 항공기 운항 상황예측과 판단을 위한 인지적 전문성 활성화에 활용도가 떨어지는 정보임을 알 수 있었다.

실험결과에서 위치정보 예측의 정확성은 전문가가 초보자 집단에 비해 높았다. 하지만 비행방향 정보읽기 정확성은 두 집단 간에 차이가 나타나지 않았다. 이로써 관제사들은 정보지각 단계에서 레이더 화면에 나타나는 항공기 위치 예측의 정확성을 높여주는 결정변인으로서 시간감각 변인과 항공기 움직임의 변화 추이(속도)에 대한 감각변인일 가능성이 높은 것으로 보인다. 그 이유는 일반적으로 항공기 위치정보는 항공기의 종적 진행과 비행방향에 의한 횡적 진행의 복합체로 결정되는 정보임을 고려할 때 항공기 움직임에 대한 변화추이에 대해 시간감각을 대입시켜 항공기의 미래 위치를 예측하는 두 관제사 집단 간에 차이가 있었지만 비행방향에서 차이를 보이지 않았다는 것은 항공기 레이더 블립의 움직임과 변화추이에 대한 시간감각이 위치 예측의 결정요인임을 반증하는 결과로 해석되었기 때문이다. 추가 연구를 통해 시간감각이 유발하는 미래 예측정보의 정확성 차이에 대한 조절변인을 확인할 연구의 진행이 필요하다. 시간감각을 향상시킬 것인지 아니면 자극정보에 대한 인지판단의 정확도를 향상시킬 것인지가 결정이 되며 이에 따른 관제 장비개발 및 시스템 투자의 정책방향도 달라질 수 있을 것이다.

또한 관제사들의 미래 상황예측에 도움을 줄 수 있는 관제 전문성 훈련 과제개발이 필요하다. 현재 관제사들을 위한 훈련프로그램은 발음구사 능력, 레이더 장비들을 얼마나 잘 다루는가 하는 것, 다른 기관들과의 협조절차 등 규정 숙지, 항공교통의 흐름을 이해할 비행절차 익힘 등 업무 수행과 관련한 외부적 수행 평가에 치중되어 있다. 하지만 관제사들이 공간정보를 이해하고 예측능력을 높일 수 있는 인지적 전문성을 향상 시킬 프로그램 개발을 통해 인간으로서 관제사들의 내적 전문성 향상에 도움을 주어야 할 것이다. 따라서 관제사의 내·외적인 훈련의 조화를 통해 실제적인 관

제사 전문성 향상에 도움이 될 수 있도록 훈련 프로그램 등의 수정이 필요하다. 즉, 예측능력을 향상시키기 위해서는 훈련 프로그램에 시간감각을 더욱 정확하게 내면화 시킬 수 있도록 시간추정 훈련, 물체의 움직임에 대한 지각과 실제 시간추정에 따른 위치 및 고도예측 훈련 등을 도입할 필요가 있다.

관제사들은 레이더화면 속의 여러 정보들을 동시에 처리하면서 속도 정보를 기억 속에 잘 저장하지 않는 경향이 있음 확인하였다[12]. 하지만 본 실험에서 전문가들은 초보자들에 비해 레이더 화면에 움직이는 항공기에 대한 경향을 읽고 시간감각을 더하여 보다 정확한 위치예측을 하는 것으로 나타났다. 이것은 단순히 숫자형태로 제공되는 속도정보 보다 움직이는 항공기 자체에 대한 변화를 더 잘 감지하는 것이고 시간감각을 통해 항공기 위치예측의 정확성을 높여주는 결과로 해석할 수 있다. 이러한 위치 예측의 정확성을 통해 관제사들은 항공기 운항상황 예측과 항공기 사고 예방을 위한 전문성을 발휘하고 있는 것이다. 전체 교통상황을 예측하는 종합적인 상황 인식에 대한 추가연구를 진행한다면 관제전문성으로 얻을 수 있는 상황예측의 효과를 더욱 명확하게 이해할 수 있을 것이다.

4. 논 의

본 연구를 통해 Boudes와 Cellier[17]의 연구에서 확인되지 않았던 전문가와 초보자간의 집단간 미래정보 상황예측의 수준에 따른 차이를 확인할 수 있었으며 어떤 정보에서 차이가 있는지 특징을 확인할 수 있었다. 또한 관제사들이 상황인식 지각단계에서 위치, 고도, 속도, 비행방향이라는 정보자료를 얼마나 정확하게 지각하고 미래상황 예측을 얼마나 정확하게 하는지를 확인하였다. 정교한 예측능력이 항공관제 전문성과 항공기 안전확보에 핵심인 점을 고려할 때 시각정보 변화에 대한 항공관제사들의 지각과 시간감각의 적용을 통해 나타나는 예측 능력의 차이를 확인한 본 실험은 관제사들의 인지적 예측 전문성을 정량적으로 측정하고 결과를 분석하는 방법론적 측면에서도 연구의 의미가 있다. 반면에 관제사들의 미래 항공기 위치 예측이 시간감각의 정확성 때문인지, 레이더 화면자극에 대한 지각적 민감성 수준 차이인지 아니면 전자와 후자 둘 간의 혼합작용에 의한 것인지 좀 더 명확하게 구분하기 위한 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서는 단순한 레이더 화면에 한 개의 항공기 자극을 제시함으로써 하나의 항공기에서 제공되는 변화자극에 대한 예측을 확인하였다. 하지만 일반적으로 항공교통상황은 한 번에 여러 대의 항공기를 처리해야 하는 복잡한 환경 속에서 이루어지기 때문에 여러 항공기 자극이 제시되는 조건에서 관제사들의 전문성은 어떤 차이를 보일 것인가에 대한 연구를 추가로 진행할 필요가 있다. Pylyshyn과 Storm[19]은 다중물체 중 특정물체들의 불규칙적인 움직임에 대한 시각적 주의 자원을 통한 추적실험 수행하면서 사람들은 다중물체의 추적이 동시에 4~6개까지 가능하다는 결과를 보여주었다. Landry, Sheridan, & Yufik[20]은 관제사들은 한 번에 여러 개의 항공기를 시선 추적함으로써 집단화하고 있음을 제시 했다.

항공관제에서 미래 수행과제에 대한 예측과 더불어 기억에서 미래 수행과제를 적시에 인출하여 적기에 수행하는 능력도 더 없이 중요하다. 관제 전문성 측면에서 미래 수행과제에 대한 기억인출 및 이행에 대한 수준의 차이를 확인하는 연구도 필요하다. 미래과제 수행은 일상생활과 업무에서 다양하게 발생하는데[21] 이러한 미래기억은 보통 시간기반(time-based)과 사건기반(event-based)으로 나뉜다[22]. 사건기반 미래과제 기억을 성공적으로 하기 위해서는 다음의 세가지 과정을 거친다. 첫 번째 과제를 부호화해야 하고, 두 번째 행동의 의사를 유지하고 있어야 하며, 세 번째는 실제 실행되어야 할 때 과제기억을 인출하여 실행해야 한다[22]. 관제분야에서 특징이 무엇인지 확인해 보는 연구도 의미가 있을 것이다.

인간이 갖는 인지적 특성의 차이를 보다 정확하게 확인하기 위해서는 뇌과학 분야와 연계한 심층연구도 필요할 것이다. fNIR분광기는 대뇌혈류 변화를 모니터할 수 있어 심상과제의 부담과 훈련 수준에 민감하게 반응한다. 현장에 배치할 경우 매우 유용하게 연구에 적용할 수 있는 장비이다 [23]. fNIR분광기는 인간내적인 문제를 생태학적으로 평가하는 데 사용할 수도 있다. 그 측정에는 항공관제 분야와 같은 복잡한 인지과제를 수행하는 업무에서 발생하는 전문성 수준의 차이와 훈련시간 동안 나타나는 심적 부담(mental workload) 등 복잡한 인지적 활성화 과정에서 전문성 발전과정도 측정할 수 있다[23]. 보통 항공관제와 같이 업무의 실수가 큰 재난적 손실로 이어질 수 있는 과제에 대한 전문성 연구와 심적 부담(mental workload) 등을 측정하는 것은 안전관리 측면에서 특히 중요하다[23].

참고문헌

- 1) Tinseth, R., Current Market Outlook 2009. http://active.boeing.com/commercial/forecast_data/index.cfm, 2009.
- 2) Abdesslem, S., Boudes, N., Bressolle, M. C., Capsie, C., Corredor, A. F., Leroux, M., et al., Evaluation d'ERATO 1997-1998. Rapport CENA/ R, 98, 842, 1999.
- 3) Stankovic, S., Determinants of conflict detection: A model of risk judgments in air traffic control. *Human factors*, 50(1), 121-134, 2009.
- 4) Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J., Flight to the future: Human factors in air traffic control: Natl Academy Pr., 1997.
- 5) Durso, F. T., & Manning, C. A., Air traffic control. In C. M. Carswell (Ed.), *Reviews of human factors and ergonomics*(4th ed., pp. 195 - .244). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomic Society, 2009.
- 6) National Transportation Safety Board., Aircraft accident report (NTSB/AAR-91/08). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1991.
- 7) Australian Transport Safety Bureau., Breakdown of separation, VH-VXU and A6-EMT, 60 km south-east of Mildura(Aviation Occurrence Investigation A0-2009 - .056. Final). Canberra, Australia: Author, 2010.
- 8) Endsley, M. R., & Rodgers, M. D., Situation awareness information requirements analysis for en route air traffic control. Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 1994.
- 9) Means, B., Mumaw, R. J., Roth, C., Schlager, M. S., McWilliams, E., Gagne, E., et al., ATC training analysis study: Design of the next-generation ATC training system. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 1998.
- 10) Mogford, R. H., Mental models and situation awareness in air traffic control. *International Journal of Aviation Psychology*, 7(4), 331-341, 1997.
- 11) Gronlund, S. D., Ohrt, D. D., Dougherty,

- M. R. P., Perry, J. L., & Manning, C. A., Role of Memory in Air Traffic Control. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(3), 263-280, 1998.
- 12) 권혁진, 함성수, 김혜정, 한정원, 손영우., 항공관제 전문가와 초보자의 시각정보처리 차이. *한국항공운항학회지*, 18(1), 74-84, 2010.
- 13) Yang, J., Rantanen, E. M., & Zhang, K., The impact of time efficacy on air traffic controller situation awareness and mental workload. *International Journal of Aviation Psychology*, 20(1), 74-91, 2010.
- 14) Rhodes, M. G., & McCabe, D. P., Expertise makes the world slow down: Judgements of duration are influenced by domain knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(12), 2313-2319, 2009.
- 15) Williams, A. M., Davids, K., & Williams, J. G. P., Visual perception and action in sport: Taylor & Francis, 1999.
- 16) Abernethy, B., Baker, J., & Cote, J., Transfer of pattern recall skills may contribute to the development of sport expertise. *Applied cognitive psychology*, 19(6), 705-718, 2005.
- 17) Boudes, N., & Cellier, J. M., Accuracy of estimations made by air traffic controllers. *International Journal of Aviation Psychology*, 10(2), 207-225, 2000.
- 18) Endsley, M. R., Design and evaluation for situation awareness enhancement. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceeding 2*, 32, 97-101, 1988.
- 19) Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W., Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism*. *Spatial Vision*, 3(3), 179-197, 1988.
- 20) Landry, S. J., Sheridan, T. B., & Yufik, Y. M., A methodology for studying cognitive groupings in a target-tracking task. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 2(2), 92-100, 2001.
- 21) Dismukes, R. K., Remembrance of things future: Prospective memory in laboratory, workplace, and everyday settings. In D. H. Harris (Ed.), *Reviews of human factors and ergonomics* (Vol. 6, pp. 79 - 122). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 2010.
- 22) Loft, S., Applying Psychological Science to Examine Prospective Memory in Simulated Air Traffic Control, *Vol. 23(5)*, 326 - 331, 2014.
- 23) Ayaz, H., Shewokis, P.A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B., Onaral, B., Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *NeuroImage*. 59, 36-47, 2012.