

# 관제사 수행의 인지적 균형과 불균형의 관계고찰

A comparative study on the Air Traffic Controller's  
performance and cognitive imbalance

신현삼(Shin, H. Sam)

한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

(Prof. Dept. Air Transport,  
Transportation and Logistics,  
Hankuk Aviation University)

- I. 서론
- II. 항공교통업무의 인지체계 고찰
- III. 실증적 상황 모델
- VI. 수행성과의 측정
- V. 결론과 향후과제

## I. 서론

### 1. 연구의 목적과 범위

본 논문에서는 문헌연구를 통해 항공교통업무의 인지적 특성과 인간수행의 제한적 성과요인을 분석하고, 항공교통분리에 관련된 개인수행의 의미와 성과를 고찰하였다. 특히 항공기의 분리와 우선순위부여를 통해 나타난 편향된 지각 표상의 오류와 인지적 부하요인을 관찰하고 개인의 수행성과 측정에 필요한 도구개발의 중요성을 다루었으며, 일반적인 인식의 틀과 관찰결과를 인용하였다.

### 2. 연구의 의의

그 동안 국내 항공사회에서의 항공관제사의 인지적인 특성과 수행을 다룬 연구 논문이 전무한 현실을 고려하여, 본 논문에서는 경험의 실제성과 연구자료의 구성 타당도를 유지하기 위하여 문헌연구조사를 통하여 항공기 분리에 나타나는 관제사의 지각표상과 인지작용의 상관성을 조사하였으며, 관제사의 비행정보 처리 능력과 교통 상황인식과 지각 훈련성과를 조정하기 위하여 수행성과를 측정하는데 고려해야 될 요인을 고찰하고 항공기 비상, 준사고 상황 도구의 투입을 통해 개인 과 집단협동 성과의 조작 과 직무자격 평가 척도의 개선 및 관 제 의 인지 적 능력 향상과 해교통분류의 예측과 해결에 필수적인 각성수준 의 정량적 조정을 제안하였다.

## II 항공교통업무의 인지체계고찰

### 1. 일반적 함의

항공교통관제업무는 항공기 간의 충돌 과 항공기 와 지형지물 간의 충돌을 방지하기 위하여 특정한 기상조건과 지정된 공역범위 내에서의 항공기운항에 필요한 비행방식을 법규로서 지정하고 조종사와의 구두 무선교신을 매개로, 비행활동의 탐색, 분석, 평가, 인가, 통제, 지시 및 조정을 통해 복잡한 항공교통의 안전하고도, 질서있고, 신속한 이동을 관리하는 인간 수행의 활동영역으로서, 일상적인 항공기 분리에 나타나는, 지각, 주의, 학습, 기억, 정보의 처리, 의사전달, 결심, 동기 부여 등. 인간-컴퓨터 인터페이스의 상호작용실패 와 인지부적용으로 인한 인간의 실수가 대다수의 항공기 사고 및 준사고의 추정 및 기여요소로 분류되고 있어 조종사의 비행수행과 함께 항공관제업무의 인지적 측면과 지각표상 구현의 제반 활동은 인지심리학의 기본 틀과 항공 심리학의 변 환구도 내에서 심리학자들의 관심과 연구의 대상이 되어왔다.

항공기분리는 항공기이동활동의 통제와 조정이 관제사의 육안 또는 지각보조 장비인 레이더 전시장비와 비행기록쪽에 기록된 비행정보의 지각을 통하여 항공기의 수평적이고도 수직적인 이동상황을 무선교신에 의하여 청각하고 감지하므로써 인간의 감각기관에 의존하고 있으며, 이러한 지각활동을 통하여 항공교통의 개별적이고도 집단적인 활동을 인지할 수 있다. 그러므로 관제사 개인의 수행이나 근무조의 협동수중 중에 발생하는 항공기의 수평 또는 수직분리의 실패에 의한 항공기 근접조우사례는 이러한 인간의 지각- 인지 활동의 불균형 의 결과로서 인간수행의 실수나 이탈에 대한 내외적인 귀인과 상황귀인이 동시에 가능하다. 마크 모그스 , 리처드 라저스 와 레슬리 모그스 3인은 항로관제소의 섹터 내 관제사의 실수에 대한 연구 수행하였다. (1998.5-dot/faa am-98/14)

가. 관제사의 지각표상에 관한 인지구도의 분류<벌리너, 앤젤, 쉬어러(1964)>

#### 1)지각과정

가) 탐색과 정보수신

- ㉠ 탐색
- ㉡ 점검
- ㉢ 관찰
- ㉣ 판독
- ㉤ 수신
- ㉥ 주시
- ㉦ 감시

나) 목표물의 식별, 조치, 사건

- ㉠ 차별화
- ㉡ 식별
- ㉢ 포착

2) 조정과정

가) 정보처리

- ㉠ 범주화
- ㉡ 계산
- ㉢ 부호화
- ㉣ 보간
- ㉤ 항목화
- ㉥ 도표화
- ㉦ 번역

나) 문제해결과 결심

- ㉠ 비교
- ㉡ 계산
- ㉢ 예측
- ㉣ 기획

3) 의사전달 과정

- 가) 조언
- 나) 응답

- 다) 교신
- 라) 감독
- 마) 지시
- 바) 통보
- 사) 지정
- 아) 요청
- 차) 송신

4) 추동과정

가) 지속적 복합상황

- ㉠ 조절
- ㉡ 장비조율
- ㉢ 규제
- ㉣ 동조
- ㉤ 추적

나) 단순 비연속상황

- ㉦ 작동
- ㉧ 폐쇄
- ㉨ 연결
- ㉩ 차단
- ㉪ 접속
- ㉫ 이동
- ㉬ 압박
- ㉭ 설치

나. 인간의 정보처리 모델

<위켄스(1992), 위켄스, 고던, 리우(1998)>

1) 감각

- 가) 시각

- ㉠ 대조감각성
- ㉡ 색채시각
- ㉢ 야간 시각
- ㉣ 깊이 지각
- 나) 청각
- 다) 후각
- 라) 촉각
- 마) 고유자극수용
- 바) 감촉

## 2) 지각

- 가) 주의
  - ㉠ 초점화
  - ㉡ 분산화
- 나) 장기기억
  - ㉠ 사건의 기억
    - ① 일화적 기억
    - ② 예견적 기억
  - ㉡ 어의적 기억
    - ① 선언적
    - ② 절차적

## 3) 결심과정과 대응선택

- 가) 주의
  - ㉠ 초점화
  - ㉡ 분산화
- 나) 장기기억
- 다) 단기기억
  - ㉠ 신호의 수신 과 통합
  - ㉡ 가설의 생성

- ㉞ 가설의 평가와 선택
- ㉟ 조치방안의 생성과 선택

#### 4) 대응방안의 실행

- 가) 선별적 통제
  - ㉠ 구두/상징 투입
  - ㉡ 음성투입
- 나) 통제의지속

### 다. 인지적 기능

항공교통 상황에서 발부된 비행허가, 지시 와 교통정보는 항공기의 조종사 나 동료 관제사와의 무선주파수 또는 인터-컴, 직통 전화망을 매개체로 하여 의사와 결심의 전달 그리고 송신된 전문의 확인이 극도로 제약된 시간과 공간적인 환경에서 이루어지므로 수행과정에서 다음과 같은 인지적인 기능과 특징이 나타나게 된다.

- 가) 지각(perception)
- 나) 정보의 약호화(encoding of information)
- 다) 정보의 통합( information integration)
- 라) 증거의 감식 (appraisal of evidence)
- 마) 증거의 비중(weighing of evidence)
- 바) 범주화 (categorizing)
- 사) 우선순위 구축 (prioritizing)
- 아) 정보의 저장(storing)
- 자) 정보의 인출(retrieving information)
- 차) 정보의 비교( comparing information)
- 카) 결심- 대안선택(decision making-alternate)
- 타) 논리적 사유(logical reasoning)
- 파) 문제해결(problem solving)

하) 행동조치의 예측, 계획 및 준비(anticipation, planning and preparing of actions)

관제사는 위에 언급한 인지적 기능의 수행 중에도 관제시설, 장비의 운영상태의 점검, 감정표출, 주의배분이나 근무조원 간의 협동을 위한 자기규제를 통하여 정신적 모델을 유지하고 인지적 자원을 동시에 활용할 수 있어야 한다.

## 2. 인지조화 - 인지 부조화

정보처리와 상황인식과 관련된 인간 수행상의 실수는 인지적인 균형과 불균형의 상호작용을 통해 표출되는 지적 갈등의 결과로서 관제사의 항공기 분리과정 상의 실패는 인간-자동화 인터페이스 오류범주에 속하고 있다.

### 가. 관제사의 인지적 실수유형

모리노는 관제사의 실수를 다음과 같이 구분 하고 있다.

- 1) 주의배분의 간과
  - 비행기록쪽지의 착오
  - 비행정보전시의 오류
- 2) 기억의 혼동
  - 조치계획 항목의 누락
  - 비행기록쪽지 기록사항의 누락
- 3) 지각적 실수(perceptual error)
  - 허가, 지시의 복창오류 및 복창내용의 확인오류
  - 항공기 호출부호의 혼동
  - 비행정보의 오독
- 4) 착오
  - 비행진행기록쪽지의 점검미실시
  - 지시, 허가 전달착오
  - 직선루트 비행허가 후 항적감시의 미실시
  - 비상 및 긴급항공기 발생 시 타 항공기 감시소홀



## 5) 위반

- 정확한 표준통화법의 미실시
- 항공기식별부호의 임의 단축
- 절차의 이탈

## 나. 인지적 항공교통분류 유형

## 1) 항공교통분류의 원인

항공교통업무의 수행 중에 발생하는 교통 분류의 원인은 주로 관제사의 경험부족에 따른 상황인식의 결핍과 인지부조화에 기인하며 구성요소는 다음과 같다.

- 가) 인지적이거나 심리적인 부적응
- 나) 장비고장(주파수, 자동화시스템, BRITE/ASDE)
- 다) 환경 또는 물리적 요소(기상, 지형, 활주로)
- 라) 조직적 요소(근무 조, 작업구조)
- 마) 협조절차의 결함
- 바) 비행절차의 결함
- 사) 시설-시설, 근무 석-근무 석 의사전달 통로의 부적합
- 아) 관제사-항공기 무선교신의 두절
- 자) 부적절한 교육 및 훈련

## 2) 항공교통관제 실수의 원인유형

## 가) 자료의 전시

- ㉠ 컴퓨터 자료입력
  - ① 올바르지 않은 자료의 입력
  - ② 올바르지 않은 자료의 최신화(update)
  - ③ 자료의 미숙한 종결처리
  - ④ 기타
- ㉡ 비행진행쪽지
  - ① 준비부족

- ② 최신자료의 미 기입
- ③ 오 기재
- ④ 재 기재 오류
- ⑤ 최신자료 기입 오류
- ⑥ 순서처리 오류
- ⑦ 순서 재처리 오류
- ⑧ 해석 오류
- ⑨ 제거처분 오류

나) 레이더 전시

㉠ 항적의 오식별

- ① 2차 레이더 항적자료 간 상호중복전시
- ② 불완전한 항공기위치정보의 인정
- ③ 항공기 식별선회지시의 부적합성
- ④ 피의항적의 재식별 불능
- ⑤ 레이더 항적의 인수 후 항공기 정체확인 불능
- ⑥ 기타.

㉡ 전시자료의 비적절한 사용

- ① 수평거리 근접경보(CA) 기능
- ② 상황과악(Quick Look) 기능
- ③ 고도전시 모드(Mode C)
- ④ 최저안전고도경고/개량된 최저안전고도경고(MSAW/EMSAW)
- ⑤ 기타

다) 무선교신 실수

- ㉠ 무선통화법
- ㉡ 전문의 선후배열
- ㉢ 오해
- ㉣ 복창
  - ① 비행고도
  - ② 비행허가
  - ③ 항공기식별부호

㉔ 지시, 허가의 수신확인

㉕ 기타

라) 협조

㉑ 항공교통분류 발생지역

① 근무 석-근무 석

② 근무 석 내

③ 섹터구역-섹터구역

④ 관제시설-관제시설

㉒ 타 공역 침범

㉓ 관제사 간 협조 후, 정보 미사용

① 항공기 식별부호

② 비행고도

③ 비행경로

④ 실종항공기에 대한 통신수색(APREQ)

⑤ 허가한계점

⑥ 비행속도

⑦ 특별지시사항

⑧ 기타

마) 근무석 인수인계의 브리핑 결함

㉑ 업무인계 체크리스트 미사용

㉒ 업무인계 시 불충분한 브리핑 실시

㉓ 인수 관제사의 관련자료 숙지상태 불량

㉔ 기타

3) 관제사의 업무량과 실수에 영향을 미치는 요소

<모그포드 외 6인, (1983)>

가) 상승 및 강하항공기의 수효

나) 항공기의 혼합율

다) 교차 비행로의 수효

라) 관제사의 다중임무 및 기능의 정도

마) 군 전술항공활동

- 바) 기타 관련부서와의 협조요구량
- 사) 기상요인
- 아) 중추공항과 지방공항의 연결교통구도
- 자) 항공기의 비행경로 재배정수준
- 차) 섹터공역의 크기
- 카) 특수목적 공역 의 군 항공활동
- 타) 종적분리와 순위배정 요구량
- 파) 무선교신과 레이더 포착범위의 신뢰도
- 하) 무선 주파수 교통량과 평균 항공기 운항횟수량

<슈미트,(1976)>

- 가) 교통유통율
- 나) 항공기분리표준
- 다) 비행경로의 기하학적 요인
- 라) 항공기 속도
- 마) 항공교통유통절차, 도구
- 바) 항로의 교차 각도
- 사) 상한- 하한 고도의 폭
- 아) 전이통과 교통량

<엠프슨-1987, 랭건-폭스 와 엠프슨-1985, 키니 외 6인-1977>

- 가) 공역의 구조
- 나) 절차적 요구
- 다) 교통의 형태
- 라) 수행직무에 대한 통제수준
- 마) 관제사의 주의력
- 바) 관제사의 판단
- 사) 관제사-조종사 무선교신

4) 관제사의 내적 실수요인 모드(IEMS)와 심리적 실수기제 <쇼로크,와

커완:1998-ATM 인지실수의 분석>

가) 내적 실수 요인모드

- ㉠ 청각 단서가 없음
- ㉡ 지연된 청각인식
- ㉢ 조종사 응답의 청취실수
- ㉣ 잘못 들음
- ㉤ 시각적인 탐색 실패
- ㉥ 지연된 시각탐색
- ㉦ 식별불가
- ㉧ 오 식별
- ㉨ 오독
- ㉩ 시각적인 오 지각

나) 심리적 실수기제(PEM)

- ㉠ 기대 편향
- ㉡ 상관편향
- ㉢ 공간적 혼동
- ㉣ 지각 혼동
- ㉤ 지각적인 구별실패
- ㉥ 지각 터넬링
- ㉦ 시야권 외 편향
- ㉧ 자극량 과다
- ㉨ 주의경계 실패
- ㉩ 시각탐색 실패
- ㉪ 감청 실패
- ㉫ 몰입

5) 관제사 외적 실수 모드

가) 무선교신 실수

- ㉠ 불명료한 정보송신
- ㉡ 불명료한 정보기록
- ㉢ 불완전정보 송신

- ㉔ 불완전 정보기록
- ㉕ 부정확한 정보 송신
- ㉖ 부정확한 정보기록
- 나) 규칙 위반
  - ㉗ 비 고의성 규칙위반
  - ㉘ 예외적 규칙위반
  - ㉙ 일상적인 규칙위반
  - ㉚ 일반적인 위반

### 3. 교통분리 와 의사결정

#### 가. 항공교통분리의 기획

항공교통관제사는 조종사, 장비성능, 항공기 성능특성과 시설운영당국과 동료관제사와의 집단역동적인 독립변인 환경과 상호작용하면서 항공기 분리에 필요한 의사결정을 수행하고 있으며, 항공수요의 증가에 따른 교통량의 변화를 수용하게 된 원동력은 항공교통 자동화와 함께 인간관제사의 우수한 의사결정모델에 전적으로 의지하고 있다고 할 수 있다(모지어,1997; 모지어 와 스키프카, 1996) 또한, 의사결정자로서의 관제사는 실수를 저지르게 되는데(리슨,1990), 항공교통업무의 견지에서 위켄스(1997)는 두 가지 형태의 실수를 제시하였다. 하나는 운영 상의 실수이며 다른 하나는 관제사의 실수이다.

운영 의 실수는 공식적인 지정으로서 두 항공기에게 유보된 영역이 중첩되거나 항공기와항공기, 지형장애물과의 안전분리 기준이 부합 되지 않을 때 발생하며, 이 형태의 실수는 비행안전에 있어 심각한 함의를 내포하고 있다. 반면에 관제사의 실수는 위켄스에 의하면, 정보처리과정의 분열에서 초래하는 광범위한 부적합행태 군으로 해석되고 있다. 대다수의 운영 상의 실수는 통합된 레이다/ 레이다 부수기능과 관련, 관제사-컴퓨터 인터페이스의 수행 시 업무수행량이. 혼잡도 면에서 보통에서 상당수준인 경우에 발생한다(레딩, 콰이더, 심스터, 퍼셀 과 캐년, 1991). 본 장에서는 기타 인지과정과의 독특한 상호작용이 수용된 환경구도에서의 항공교통분리의 결심과정과 관련된 기체에 대한 이해를 중점적으로 다루기로 한다.

### 나. 의사결정 인자

개인수행에 나타난 관제사의 결심과정과 교통분리체계의 기획관리는 교통 상황에 대한 개인의 각성인 상황인식과 인간의 기억과의 상호작용에 의하여 영향을 받고 있으며, 결심과 기획은 결심인자, 과업 과 내용의 특성에 의해 결정되어진다. 개인의 결심과 필요한 방략의 효과에 한 브레머(1992)의 선행연구에 의하면 경험자인 집무자격 관제사는 상황처리에 있어 1안 과 대안의 선정에 고심하기보다는 선례를 중시하며, 새로운 결심에 앞서, 결과 및 파급효과를 고려하는 방략을 사용하는 것으로 알려져 있다. 유사한 주장으로서 클레인(1989)은 실제상황에서 집무자격을 소지한 다 경험 관제사는 많고도 다양한 인지 양식과 포괄적인 행동방안 구도에 맞추어 결심을 행사한다고 주장하고 있다. 항로관제업무의 광범위한 인지과업을 분석한 레딩과 공동 연구자들(1991)은 차별화된 기량의 소지자들이 항공교통분리 시 사용하는 결심의 방략의 수효에 주목하였으며, 벡커 와 마이크(1991)는 경험과 관련하여 관제사의 연령에 관심을 보였다. 또한, 휘스크 와 로저스(1997)는 연령과 인지능력과의 관계를 연구하였으며, 많은 연구가 관제사의 연령과 인지와의 관계에 집중되어 실시되어졌다. 한편, 그로멜스키 와 동료 연구자들은 개인수행에서 무료함이 미치는 영향을 연구하였는데 대다수의 관제사는 무료함이 자신의 능력에의 과신 과 주의부족을 조장한다고 믿고 있으며 결심을 취약하게 만드는 요인으로 지적하였다. 기타 연구에서는 피로9홀딩, 1974)와 우울감이 수행성과에 영향을 주는 것으로 밝혀졌다(윌리엄스, 와트, 맥리어드와 매튜, 1988).

### 다. 역동적 의사결정 이론 과 모델에의 접근

의사결정 이론과 관제사의 교통분리 시 사용하는 방략의 연구를 통하여 많은 이론과 모델이 제시되었는데(도허티,1993, 에드워드,1987, 레토,1997, 린쉬츠,1993), 이들 이론은 세 가지 목적을 제시하고 있다.

- 1) 정형적인 모델은 최적의 효율적인 의사결정과정을 특징화하고.
- 2) 규범적인 모델은 관제사의 훈련방법과 결심보조도구의 채용여부
- 3) 서술적 모델은 관제사의 심리적 기제와 결심과정의 식별시도

에드워드(1962,1992)는 자신의 고전적 서술방법을 통해 역동적인 의사결정 환경의 특성을 밝혀냈다.

- 1) 결심의 연속성
- 2) 결심의 비 독립성
- 3) 문제의 성격의 변화 시 조치내용도 자동변화
- 4) 실제 이루어져야 할 결심-후일 추가

해몬드(1980)는 인지 연속이론을 통해 역동적인 결심과정을 직관적인 것과 분석적인 것으로 해석했으며 다음상황의 발생 시 분석적인 모형이 우세하다고 주장하였다.

- 1) 지각적인 단서의 수효가 증가 시,
- 2) 지각적인 단서가 객관적으로 측정될 때,
- 3) 지각적인 단서의 중복도가 낮을 때,
- 4) 과업 구도가 분열될 위험도가 높을 때,
- 5) 확실성이 높을 때,
- 6) 조직원칙이 있을 때,
- 7) 지각적인 단서가 순서적으로 배열될 때,
- 8) 평가기간이 오래 지속될 때

이외에도 페인, 베트만 과 존슨 (1988,1993)도 유사한 이론적 접근을 시도하였고, 운영환경 과 자연적이고 역동적 환경에 대한 집중적인 연구가 이루어졌다(클레인, 오라사누, 칼더우드, 참복,1993, 참복 과 클레인, 1996).-재인식에 바탕을 둔 의사 결정모델<클레인,1989>

#### 라. 관제사의 의사결정 방략

장 프랑수아 다이쉬 와 파멜라 로코는 (2001)관제사의 의사결정 방략과 집단수행에 나타난 개인특성인지역동적인 환경과 결심보조 도구 등을 현장방문 과 설문방식을 통하여 연구하였다.

- 1) 관제석 인수 전 수집정보의 형태
  - 교통분류



- 현재 기상
  - 장비운영상태
  - 항공교통량
  - 활주로 상태
  - 제한운영상황
  - 항공기의 고도
  - 항공기의 기수방향
  - 비정상 상황의 즉각 조치 여부
  - 섹터 내 출입항 항공기
  - 동 고도 항공기
  - 레이더 데이터 블록의 제한적 전시
  - 특별비행활동
  - 항공기의 상승률
  - 항공기 기종
  - 신규 절차의 숙지
  - 최신정보철
- 2) 관제사의 개인적인 기억기술의 방략
- 비행기록쪽지
  - J-RING
  - 데이터 블록 관리(TRAACON/ARTCC)
  - 노트패드에 기록
  - 기억 활성화의 의도적 회피
  - 레이더 보조관제사(D-Side) 또는 조종사
  - 상황인식과 처리방법의 실수에 대한 교훈 과 각오
  - 레이더 화면 주시
  - 사전대비
  - 상황정보 판
  - 임시고도 와 배정한 고도 기입
  - 주의집중

- 대상물의 지적
- 레이더 스크프에 표시
- 해당 비행경로 주시
- 상황을 세분하여 분석
- 컴퓨터의 레이더 전시특성의 재 시현
- 각성활동의 리듬회복
- 우선순위의 설정
- 체크리스트의 활용
- 주입식 기억노력
- 3차원적인 교통상황의 파악
- 발부된 허가의 이상여부의 1차 확인
- 관련 교통정보 및 자료의 이중점검
- 이전 사건기억 인출에 대한 회피시도

### 3) 관제사의 성격특성과 태도유형

- 자신에 대한 확신
- 고요함
- 지적이고 논리적
- 긍정적/공격적
- 직업에 대한 애착
- 타인과의 협동유지
- 조직적인 사고
- 단호함
- 비 독단적인 태도
- 진보적 사고
- 두려움이 없음
- 게으르지 않음
- 자기분석 형
- 노력형
- 다혈질 형

- 4) 교통혼잡 시 항공교통기획관리방략
- 보수지향성-비행안전의 우선
  - 교통의 신속처리
  - 사전조치
  - 교통기획의 강화
  - 조종사-관제사 교신의 효율성 확보
  - 주의 및 각성수준의 증대
  - 표준절차의 활용
  - 모니터가 요구되는 방략의 회피
  - 위험 관리플랜의 활용
  - 고도배정횟수의 증가
  - 동료와의 협동
  - 긴장의 이완
  - 교통순위관리 및 조정
  - 교통상황의 재평가 율 증가
  - 동료관제사와의 불필요한 대화중지
  - 교통분류 탐지노력의 강화
  - 비행제한사항의 발부횟수의 증가
  - 지시허가내용의 반복회피
  - 항공기 수효 증가 시 성급한 결정 회피
  - 항공기 벡터의 정밀성 추구
- 6) 관제사의 결심과정과 교통기획보조 도구유형
- 분류조사 (MSAW/CA/MCI)
  - 기상 정보의 레이더 전시
  - 우수 레이더기능(ARTS-III/ASDE3)
  - 이차 레이더 전시장비
  - 레이더 정보의 전시모드의 컬러 화
  - 전자비행기록쪽지

- CTAS-DA, TMA, FAST
- 데이터 베이스
- 인체공학적인 장비, 도구 와 작업환경
- 공역과 규정의 개선
- 항공기 상황전시 도구(Aircraft Situation Display)

### III. 실증적 상황모델

항공교통업무의 성과는 SHELL 모델의 구성요인 간의 상호작용과 변수간의 상충과 조정의 결과로서 나타나며 항공기간의 근접조우나 유사충돌위험상황은 조종사와 마찬가지로 인간관제사의 지각표상과 인지활동능력의 위험 수위 경계역내에 주로 발생한다고 믿어져 왔다. 그러나 항공기의 이동이 항공관제사에 의한 허가, 지시, 통제에 의한 의도적 개입에 의해 발생하고 있는 사실과 항공교통 수요증가와 시설장비의 자동화구현요인을 감안할 때, 섹터구역의 항공교통수용능력과 장비 특성, 교통환경 과 항공기 성능을 고려 하여 관제사의 수행능력을 측정하는, 현재의 항공교통관제 시설의 직무자격한정 제도의 평가척도와 평가방법은 재 검토와 연구가 요구된다. 또한, 관제사는 항공기 비상, 준 비상 및 돌발 상황에 대한 충분한 훈련단계와 준비를 갖지 못한 채, 주관적 평가에 의해 독립적인 수행지위를 획득함으로써 새로운 인지적 상황에 의 도전과 과다각성에 의한 주의 협소화(tunneling)의 위기를 동시에 경험하게 된다. 이러한 인지적 부적응과 심리적 부담 속에 서의 개인수행은 집단 인 근무조의 협동과 성과수준에 영향을 미치며, 단위 교통공역 내의 항공교통의 안전 과 항공기 운항효율에도 작용한다. 따라서 항공 교통업무의 수행성과를 향상하기 위한 가상적인 교통인지 모델의 개발과 개인 또는 집단훈련의 중요성이 강조되어온 것은 당연하며 미연방항공청과 유러컨트롤은 관제사의 직무자격훈련과 기량을 향상하기 위하여 아래와 같은 모의상황을 개발하여 관제사의 수행수준을 변화시켜 왔다.

## 1. 실증적인 인지모델유형

### 가. 사건 1 - 조류충돌(birdstrike)

#### 1) 종속변인예측

- 가) 항공기의 조종석 윈드쉴드/캐노피파손
- 나) 엔진고장(단발/다발엔진)
- 다) 유압계통의 고장
- 라) 준 비상상황(precautionary approach)
- 마) 이륙포기(aborted takeoff)
- 바) 이륙비행장애의 긴급착륙
- 사) 적합한 비행장애의 착륙
- 아) 비행장 시정의 제약

#### 2) 수용기제

##### 가) ASSIST

- Acknowledge  
비상의 성격을 이해하고 적절하게 응답할 것.
- Separate  
항공기간의 분리기준을 유지할 것.
- Silence  
타항공기에게 무선침묵을 부과하고 불필요한 송신을 억제할 것.
- Inform  
근무조장 또는 관련 섹터나 부처에 통보할 것.
- Support  
비상항공기의 조종사에게 최대한의 지원을 배려할 것.
- Time  
조종사가 당면문제를 해결할 수 있도록 충분한 시간을 배려할 것.

### 나. 사건2-폭탄위협(Bomb Threat)

#### 1) 종속변인 예측

- 가) 항공기의 상승중단
- 나) 수평비행으로의 복귀
- 다) 인근공항에의 돌발적인 착륙
- 라) 항공기의 조기 착륙자세돌입(사용활주로, 활주로 길이, 활주로 상태, 활주로 표고, ILS와 NAV 주파수)
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 인근공역의 항공기 소개
  - 라) 요구되는 비행시간의 요청
  - 마) 착륙 후 탑승객의 철수
  - 바) 탑승교의 필요여부
  - 사) 활주로 이탈지시
  - 아) 항공기 주변 램프, 및 인근 주거지역의 항공기, 주민의 대피 및 보안

#### 다. 사건3-항공기 브레이크 고장

- 1) 종속변인의 예측
  - 가) 조종사의 최장거리 활주로사용요청
  - 다) 타이어 파열
  - 라) 착륙 후 활주로 폐쇄
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 인근지역의 항공기 대피
  - 마) 조종사에게 활주로의 길이, 상태 통보
  - 바) 항공기 예인장비의 대기
  - 사) 항공기 정비기술 지원팀 지원여부

#### 라. 사건3-향로 비행 중 비상강하(Emergency Descent)

- 1) 종속변인의 예측
  - 가) 사전경고 없이 고도강하
  - 나) 트랜스폰더를 7700로 작동할 시간이 없음
  - 다) 산소 마스크 착용으로 최악의 무선 교신상태최악
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 주변 항공기에게 교통조언제공 및 회피조작 지시
  - 라) 가용 주파수로 비상항공기 강하내용의 맹목방송 실시
  - 마) 비상강하 완료 후, 항공기에게 회항여부, 승객의 부상 상태, 항공기 파손 상태의 확인
  - 바) 비상강하 종료 후에도 항공기 우선권의 특별배려

#### 마. 사건4-유압계통의 고장

- 1) 종속변인의 예측
  - 가) 전체 또는 부분적인 비행조종제어장치의 고장
  - 나) 착륙기어의 외부시현, 브레이크, 플랩, 전단부 바퀴 유도단계의 고장
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 2000피트 이상의 고도 층의 봉쇄
  - 라) 위험물질 탑재여부확인
  - 마) 탑승객 수효 확인
  - 사) ATC 요인에 의한 항공기복행의 최대억제
  - 아) 타 항공기 이, 착륙 운항의 억제
  - 자) 당해 고장항공기 착륙지역의 보호
  - 차) 예인장비의 대기

#### 바 사건5 - 항공기 여압장치 고장

- 1) 종속변인의 예측
  - 가) 항공기의 상승시도의 중단
  - 나) 즉각적인 조종사의 강하요청
  - 다) 사전경고 없이 비상고도강하
  - 라) 비상항공기용 트랜스폰더 코드의 비 시현
  - 마) 정상항로 이탈
  - 바) 무선교신상태의 악화
  - 사) 고도의 급격한 변화
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 인접 항공기의 대피

#### 사. 사건6-조종실 내의 화재 및 연기발생

- 1) 종속변인의 예측
  - 가) 조종실내의 스트레스 증가
  - 나) 적합한 최 인접공항 착륙을 위한 유도
  - 다) 무선교신상태의 악화
  - 라) 승객의 대피
  - 마) 활주로 봉쇄
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 위험물질 운송여부 확인
  - 라) 승객의 수효
  - 마) 착륙지역 소개
  - 바) 접근등-활주로등 점등

#### 아. 사건7 - 항공기 엔진고장

- 1) 종속변인의 예측



- 가) 조종석 내의 과중한 업무량
- 나) 표준계기출발절차의 이탈
- 다) 즉각적인 수평비행돌입
- 라) 강하
- 마) 비행코스 이탈
- 바) 여압문제 발생
- 2) 수용기제
  - 가) ASSIST
  - 나) 근무조장에게 통보
  - 다) 착륙비행장에 통보
  - 라) 착륙지역 소개
  - 마) 활주로 연장선으로 항공기 유도
  - 바) 예인장비 대기
  - 사) 마지막으로 알려진 지점과 시간의 기록

#### IV. 수행성과의 측정

미연방공청은 과거 30여 년 동안 관제사의 수행 상태를 측정하기 위한 수단의 개발을 위해 노력 했는데(솔렌버거, 스타인, 로멜스키, 1997), 직무자격 훈련, 평가 및 자격부여에 연구의 초점이 맞추어졌으며 복잡한 역동적인 항공교통 환경에서의 인간수행의 측정의 객관성 확보를 위한 연구가 현재도 진행되고 있다. 프리드(1998)에 의하면“역동적 환경이란 실제로 존재하며, 현실적으로 관련요소간의 상호작용적인 업무가 단일 또는 다중의 목표를 달성하기 위해 대립하는 환경으로 특징 지워지며 전형적으로 시간을 다투는 우선순위 조정, 목표의 변경과 기획 시간섭과 방해가 발생하는 인지적인 과업환경으로서, 역동적인 환경에서의 사건발생은 예측하기 어렵고 결심이 용이하지 않다.” 또한 베일리(1989)가“인간수행을 지정된 표준에 따라 목표를 만족시키기 위해서 수행되는 행동양식의결과”로서 정

의한대로 관제사가 훈련과 경험을 통해 획득한 항공교통환경에의 적응은 과업환경에서시련과 좌절의 인지부조화와 문제 해결을 위한 정신적 모델 (schema)구축을 위한 대결과정으로서 관제사 개인에 대한 직무자격이 부여 후에는 개인수행능력의 객관적인 평가가 용이하지 않다. 그러나 항공관제사가 조직적인 훈련과 실제상황을 바탕으로 구축한 인지적인 정신모델과 기법은 다음과 같은 우수한 정신적 특성을 바탕으로 하고 있으므로 관제사의 수행을 평가하는 척도로 사용해도 무방할 것이다.

### 관제사의 수행우성인자

- 1) 우수한 지각능력과 작성수준 유지
- 2) 생각-결정-조치의 민첩성
- 3) 교통관리기획 과 우선순위처리의 우수성
- 4) 양호한 의사전달능력
- 5) 풍부한 경험
- 6) 상황주시능력
- 7) 인내심
- 8) 우수한 기억력
- 9) 양호한 습관 과 견고한 판단력
- 10) 항공기 성능, 규칙 과 규정의 숙지
- 11) 시간집약적인 수행
- 12) 능숙한 키보드 조작
- 13) 기량의 일관성
- 14) 미세항목에 대한 배려
- 15) 사고와 대응조치의 자동화
- 16) 수용자 입장의 교통분리
- 17) 신중한 임무수행
- 18) 순발력
- 19) 상황분석, 조치, 업무 진행과정의 장악능력
- 20) 업무수행 개선을 위한 창의력
- 21) 우수한 훈련기법

- 22) 항공기 분리에 필요한 모든 대안 보유
- 23) 항공기 비상 시 상황장악 및 결심능력

항공교통업무의 수행은 주로 정보의 획득과 분석 및 상황판단과 결심을 통해 항공교통을 통제하고 관리하는 인지과정으로, 주의와 경계의 배분, 결심과 항공기의 고도변경과 같은 관측 가능한 조치의 예측과 행동방안의 결심에 의존하는 관계로 관제사의 정신적인 과정과 수행간의 관계를 측정하기는 어렵다. 매닝과 동료 연구자들은 관제사의 수행측정수단을 개발하는데 있어 세 가지 문제를 지적하고 있다. 첫째, 복잡한 교통 환경에서는 자격관제사가 획일적이고도 단순한 표준 분리기준을 적용하지 않을 수도 있으며 분리에 필요한 결심도 정적인 교통 환경과 다르다. 둘째, 운영자의 수행에 관해 직접적인 행동측정 의 곤란함 때문에 연구자 주로 관찰에 의존할 수밖에 없다. 세 번째로, 관제사의 조치를 중재하는 내재적인 인지과정을 명시하기 힘들다. 그러므로 복잡하고 과중한 교통 환경을 다루는 관제사의 수행을 지수로 식별하기 위해서는 평가의 유용성, 단순성, 응집성, 이용성, 형평성과 절제를 요구한다.

## V. 결론 과 향후과제

항공교통분리업무의 인지특성은 관제사 가육안으로 확인한 항공기나 또는 레이더 스크린을 통해 식별한 1차 항적이나 2차 레이더항적과 의무선교신을 통하여 항공기의 활동을 지각하고 비행정보를 표상화하고, 인지하며, 그 내용의 수정과 같은 반복적인 의사결정과정에서 있으며 무선교신을 통하여, 항공기간의 수직적이고, 수평적이며, 종적인 분리를 수행하는 데 있어 모든 정보처리를 인간의 기억과 컴퓨터의 정보 처리에 의존하는 데 있다고 할 수 있다. 그러나 과도한 교통량의 처리와 항공기 사고 또는 항공기 간의 근접조우와 같은 비정상적인 상황의 발생은 기억의 포화상태 로 인해 기억된 정보자료의 활성화 내지재인과 인출의 실패, 수직

적이거나 수평적인 항공기의 상황인식의 오류, 가설의 여과과정의 혼란 과 관제사의 확증편향을 통해 형성된 인지적 터널을 따라 형성된 왜곡된 정신적 모형의 산물이라는 사실이 정설로 알려져 왔다. 이러한 견지에서 관제사의 개인 또는 근무조의 집단수행에 나타나는 역동적인 인지작용과 의사결정능력을 극대화하기 위해서는 다음과 같은 인간수행에의 성찰이 요구된다.

1. 관제사의 항공관제상황에 대한 판단의 기초를 제공하기 위한 방략으로서 시뮬레이터, CBT 프로그램과 시청각자료를 활용하여, 개인의 지각 능력 확대와 주의의적 정배분에 의한 상황인식능력을 높이고, 항공교통분류와 준사고 상황에 대한 심리적이고 정서적인 대응훈련모델을 시설집무자격 훈련 프로그램에 포함한다.

2. 관제사의 시설집무자격 평가시, 항공기 분리에 대한 개인 수행의 신뢰성을 높이기 위하여 평가의 척도와 평가항목을 재구성하고, 훈련관제사의 인지활동 과 상황인식능력을 높힐 수 있는 훈련프로그램을 개발한다.

3. 비행장의 활주로 용량이나 ,단위섹터공역 내의 항공기처리용량과 관련하여, 관제사의 개인 또는 집단 수행에 필요한 적정작업량을 산출하여 표준화시킴으로서 인지적인 위험수준을 정량화하여 제도적으로 관리한다.

4. 항공교통 관제업무의 안전관리를 위하여 인간-컴퓨터 인터페이스 수행측정에 적합한 체크리스트 도구를 개선하고 관제사의 역동적인 인지활동의 평가를 위한 도구 활용을 통해 복합적인 환경기제(mechanism)를 조작하여 개인 및 집단수행 성과를 도출한다.

## 참고문헌

1. Human Factors in the investigation of Accidents and Incidents. EUROCONTROL. 25/02/1998
2. Judith Orasanu, Lynne Martin. Errors in Aviation Decision Making; A Factor in Accident and Incident. NASA-Ames Research Center.1998
3. Controller Training in the Handling of Unusual Incidents EUROCONTROL. 29/06/1999
4. Douglas A. Wiegman and Esa Rantanen. Defining the Relationship Between Human Error Classes and Technology Intervention Strategy. ARL, University of Illinois. January 2002.
5. Mark D. Rodgers. Richard H. Mogford. Leslye S. Mogford. The Relationship of Sector characteristics to Operational Errors. FAA ,May 1988
6. Application Research Techniques for Documenting Cognitive Processes in Air Traffic Control; Sector complexity and Decision Making. DOT/FAA/CT-TN94/3 June 1994
7. Rickey. Tomas. Julia Pounds. Identifying Performance in Complex Dynamic Environments. CAMI ,2001 (in press)
8. Mirna Daouk, Air Traffic Control Task Allocation and Decision Process. pp.13-17 MIT PRESS, December 2000

## 초 록

신현삼(Shin, H. Sam)

본 논문에서는 항공교통관제사의 항공기 분리업무 수행중에 나타나는 복합적인 지각표상과 인지작용의 역동과정인 가설 여과와 순위부여의 예측과정을 심층 분석하였으며, 제한된 정보처리와 인지된 교통상황의 확증과정에서 표출된 인식수준의 편향과 교통 분류의 상관관계를 인지 심리학적 관점에서 고찰하였다.

## ABSTRACT

This paper describes generic cognitive aspects of the air traffic controller's performance and perceptive activities unveiled through the past literature study, which underlines mental modelling and mental picture presented in the middle of complicated situational awareness and decision making process when air traffic controller comes to determine the distance between aircraft under control to maintain air traffic in a safe, orderly and expeditious way. It also describes human

limit in terms of human memory in conjunction with relative workloads and environmental factor. In conclusion, It suggest that ATC authority will take into account the qualitative adjustment of training requirement necessary for ATC facility rating and refresher training to allow them more preparedness for better situational awareness and optimal decision making. In this paper controller's behavioral activators affecting their job performance are addressed in perspective of aviation safety.

주제어; 인지(cognition), 지각(perception), 상황인식(situational awareness), 교통분류(traffic conflict), 주의배분(attentional distribution)