

관제사의 위험상황 인식구조에 관한 연구

A study on Air Traffic Controller's Cognitive Structure of Dangerous Situation

박수애(인간행동연구소), 김경태*(연세대학교), 손영우(연세대학교)

최근 전 세계가 세계화 시대로 돌입하면서 항공 운송산업이 폭발적으로 증가하면서 항로와 공항은 더욱더 많은 항공기들로 북적이고 있다. 이러한 항공교통량의 급증으로 인하여 세계 최고, 최첨단 시설을 자랑하는 우리나라의 인천공항도 현재 연24만회의 항공기 운항을 연 41만회로 증가시킬 수 있는 시설의 확장을 꾀하고 있다. 인천공항을 이용하는 항공기가 2배로 증가한다는 것은 인천공항 주위의 하늘이 2배로 붐빌 것이라는 사실을 의미한다. 이처럼 점점 더 복잡한 환경에서는 관제사의 효율적인 관제능력이 안전 운항에 절대적인 요소가 된다.

안전하고 효율적인 관제를 위해서는 관제사들의 신속하고 정확한 의사결정이 필수적이다. 이러한 의사결정은 수많은 요소들에 근거하여 내려진다. 예를 들어 직면한 문제의 유형이나 공항이나 공역의 상황, 날씨, 가능한 시간 그리고 사용할 수 있는 자원 등. 이렇게 복잡한 상황에서 정확한 의사결정을 내리기 위해서는 가장 먼저 상황에 대한 정확한 진단이 우선되어야 한다.

전문적인 관제사들은 비행과 관련된 위험 상황들을 어떻게 해석하는가? 또한 정보들을 판단하고 의사결정을 내리기 위해 중요하게 여기는 것은 무엇인가? Orasanu(1994)는 상황평가의 역할을 강조한 항공 의사결정 모델을 제안하였다. 즉, 특정 상황 하에서 제기된 문제의 속성을 이해하고, 문제 상황에 따라 가능한 반응옵션을 파악해야 어떤 행동을, 어떻게 할 것인가를 결정할 수 있다는 것이다. 의사결정에 수반되는 위험(risk)과 시간압력은 상황변수로 의사결정 과정을 제한한다고 하였다. 현재 진행 중인 상황에 대한 인식과 평가의 기초가 되는 것이 바로 지식과 지식구조이며 관제사들은 이를 바탕으로 외부 상황을 인식하는 인식구조를 발달시키게 된다. 인식구조는 상황이나 대상을 파악하는데 사용되는 다양한 범주들로 구성된

일종의 절차적 지식구조라고 할 수 있다.

Fisher, Orasanu와 Wich(1995)는 인지적 과제 분석 기법인 다차원 척도법을 사용하여 위험상황을 지각하는 조종사들의 인식구조를 연구하였다. 이들은 22개의 위험 상황에 대한 간단한 시나리오를 적은 22장의 카드를 주고 비슷한 상황들끼리 분류하게 하였다. 미국의 주요 에어라인에 근무하는 기장 10명과, 부기장 10명, 엔지니어가 8명이 실험에 참가하였다. 승무원의 지위(기장, 부기장, 엔지니어)에 따라 위험상황을 인식하는 기본 구조가 달라지는 지를 알아보기 위하여 연구자들은 지위별로 자료를 분석하였다.

그 결과, 기장이 위험상황을 인식하는 구조는 부기장과 엔지니어가 구조와는 달랐다. 기장은 위험 상황을 인식하는 두 가지 주요한 차원은 잠재적 위험(potential risk)과 시간압력(time pressure)이었다. 잠재적 위험은 발생한 상황이 앞으로 얼마나 위협적인 상황으로 발전할 것인가를 판단하는 차원이었고 시간압력은 위험 상황 해결에 필요한 반응을 하는데 시간적인 여유가 있는가에 관한 차원이었다. 시간압력의 차원은 부조종사와 엔지니어도 위험 상황을 지각 차원으로 사용하고 있었다. 반면에 기장과는 달리 이들은 반응 결정성(response determinacy) 혹은 상황 복잡성(situational complexity)이라고 불리는 또 다른 차원을 사용하였다. 이 차원은 아주 단순한 위험 상황, 즉, 취해야 하는 조치에 대한 분명한 규칙과 절차가 제시되어 있어 간단히 결정을 내릴 수 있는 상황인가 혹은 상황이 모호하고 복잡해서 무엇을 어떻게 해야 하는 지가 불분명하여 결정이 쉽지 않은 상황인가를 나타내는 차원이었다. 부조종사와 엔지니어 간에 나타난 위험 상황 인식구조는 동일했지만 상황을 인식하는데 시간압력의 차원과 상황 복잡성의 차원 중 어느 차원을 더 우선시하는가에 있어서 차이가 있었다. 부조종사는 시

간압력의 차원을 더 중요시하는 반면 엔지니어는 상황 복잡성을 더 중요시 하였다.

Fisher, Orasanu와 Wich(1995)의 연구는 조종사들이 수행하는 인지적 과제를 분석함으로써 어떤 정보를 얻을 수 있는지를 단적으로 보여준다. 이 연구를 통하여 가장 중요한 조종업무인 상황인식과 의사결정이 이루어지는 과정과 또 그 과정에 영향을 주는 요소들을 알 수 있었다. 그러나 관제사들의 대상으로 관제사들이 어떤 기준과 정보를 사용하여 상황의 위험도를 판단하는 지에 관한 연구는 아직 없다. 모든 문제해결에 있어서 어떻게 그 문제를 어떻게 풀어나갈 것인가는 전적으로 그 문제를 어떻게 이해하는가에 달려있다고도 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 관제사들이 경험하는 고유의 위험사건들과 이들이 이 상황들을 어떻게 분류하고 평가하는지의 인식구조를 조사하였다. 항공관제 시 발생할 수 있는 다양한 사건들에 대한 위험도 평가를 중심으로 사건들의 위험성을 어떻게 지각하는지를 알아보았다. 그리고 인식구조에 영향을 줄 가능성이 있는 변수로는 전문성 수준을 선정하였으며 또한 경험한 관제 상황에 따라 위험사건에 대한 평가가 달라질 수 있을 것이라 생각되어 항로관제와 접근관제의 경험 여부를 주요 변수로 선정하였다. 또한 성별에 따른 차이도 분석하였다. 여성 조종사는 거의 없는 반면, 최근 관제업무에 진출하는 여성의 수는 점점 많아지고 있다. 여성은 남성과 다른 신체적 특성과 성역할을 갖고 있기 때문에 여러 가지 측면에서 남성과 다른 차이점을 보인다. 대표적으로 업무에 있어서 여성들은 관계지향적인 반면, 남성들은 업무지향적인 경향이 강하다. 따라서 관제사 연구에서는 성별에 따른 위험사건에 대한 인식구조 상의 차이가 있는지에 대해 알아보았다.

연구방법

조사 대상자 현재 관제업무에 종사하고 있는 관제사들을 대상으로 조사를 실시하였다. 총 122명의 응답자 중 불성실한 응답을 한 1명을 제외한 121명의 자료를 분석에 사용하였다. 응답자중 남성이 93명(76.9%), 여성이 28명(23.1%)이었고, 항로관제 경험이 있는 사람은 28명(23.1%), 접근관제 경험이 있는 사람은 63명(52.1%), 그리고 둘 다 경험해본 사람이 20명(16.5%)였다. 관제업무 경력은 최저 6개월부터 최고 30년까지 다양하였다.

<표 1> 각 사건들에 대한 위험도 평가 총 평균

	평균	표준 편차		평균	표준 편차
Data Block 소멸	9.07	1.45	MSAW경고 발생	6.30	2.27
항공기 납치	8.69	1.83	이륙중 조류충돌	6.30	2.27
활주로 침입	8.63	1.71	항공기 항로 이탈	6.24	2.02
지시 오수신	7.69	2.12	피로시 야근	6.24	1.91
다수항적자료 식별곤란	7.39	1.96	항공기 고도기록 오류	6.16	2.48
레이다 고장	7.31	2.37	악기상 항로변경 요구	5.97	2.06
인근관제소 협조	7.26	2.25	surveillance approach	5.73	2.27
조종사 통신두절	6.99	2.22	다수 항공기 동시입출항	5.72	2.48
분리간격 접근	6.94	2.10	다수 교통량 집중	5.37	2.51
교통량 대비 공역복잡	6.93	2.08	저시정 절차 적용	5.13	2.29
항공기 엔진고장	6.83	2.15	요란으로 고도변경 요구	4.74	2.04
구조물 시야가림	6.72	3.08	착륙직전 복행	4.54	2.53
no-gyro 접근	6.55	2.45	레이다 벡터 관제	4.53	2.21

조사 사건 실제로 발생하는 사건들을 자극재료로 사용하기 위하여 먼저 항공 준사고 보고 제도를 통하여 보고 된 사건들을 중심으로 선정하였다. 년도별 특징을 반영하기 위하여 2000년과 2003년 보고서를 토대로 다양한 사건들을 선정하였다. 다음으로 선정된 사건들을 현직 관제사 2명에게 제시하고 묘사의 기술적인 문제나 혹은 흔히 발생하는 사건이나 제외된 사건이 없는지를 평가하고 내용을 수정, 추가하였다. 총 26개의 사건이 선정되었고 사건 기술은 "다수의 항공기가 일정한 간격을 유지하며 서울로 진입하고 있다. 조종사들은 접근관제구역에 강한 CB가 발달하고 있다고 보고하면서 계속해서 Deviation을 요청하고 있다"와 같이 발생한 사건을 서술적으로 간단하게 묘사하여 제시하였다.

제시된 각 사건들에 대하여 각 사건이 얼마나 위험하다고 생각되는지를 11점 척도 상에 표시하도록 하였다. 전혀 위험하지 않은 사건은 0점을, 그리고 매우 위험한 사건은 10점으로 표시하도록 하였다.

연구결과

아래 표 1에서 볼 수 있듯이 제시된 사건들 자체가 비정상적인 사건들이기 때문에 가장 위

험도가 낮게 평가된 사건도 평균 4.53 정도의 위험을 갖고 있는 것으로 나타났다. 가장 위험도가 낮게 평가된 사건은 항행안전시설의 미작동으로 인한 다수 항공기의 Radar Vector 관제 상황이었다고 가장 위험도가 높게 평가된 사건은 Data Block 말소로 인한 항공기의 항적 식별 불가 상황이었다. 반면 가장 위험도가 낮게 평가된 사건은 항로 구성용 항행 안전시설(SELVOR)의 미작동 상황에서 다수 항공기들을 레이다 벡터로 관제해야 하는 상황과 정상적으로 접근하고 있던 항공기가 갑자기 복행을 하는 상황이었다.

① 사건별 차이 지각 분석

경력에 따른 사건 위험도 지각의 차이 경력을 관제업무 경험 년도에 따라 5년 미만, 5년 이상 15년 미만, 그리고 15년 이상의 세 집단으로 나누었다. 먼저 경력 정도에 따라 세부 사건에 대한 위험도 지각이 차이가 있는 지를 알아보기 위하여 일원변량분석을 실시하였다. 경력에 따른 위험도 평가가 가장 다른 사건이 항공기의 고도를 strip에 잘못 기록한 기록착오 사건으로 경력이 많아질수록 더욱 위험하다고 평가하였다. 또한 유의하진 않았으나 분리간격을 유지하고 있지 못한 사건에 대한 위험도도 경력이 많은 사람이 더 위험하게 평가하는 경향성이 있었다. 반면 Moderate Turbulence의 발달로 고도변경 요구사건에 대한 위험도는 경력이 낮은 관제사들이 가장 위험하다고 평가하였다. 그 외 통계적으로는 유의하진 않았으나 ILS 및 VOR 장비의 미작동으로 인한 Surveillance Approach 제공 상황이나 겹친 data를 offset하다가 다른 항공기 정보를 놓친 사건은 경력이 낮은 사람이 가장 위험하다고 평가하는 경향성이 강했다.

<표 2> 경력별 사건에 대한 위험도 평가 차이 분석

	5년이하		6-14년		15년이상		F	P
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차		
항공기 고도기록 오류	5.15	(1.83)	6.03	(2.52)	7.18	(2.49)	5.457	0.005
요란으로 고도변경 요구	5.65	(1.44)	4.47	(2.06)	4.61	(2.18)	3.408	0.036
surveillance approach 다수항적 자료 식별관	6.54	(1.79)	5.73	(2.25)	5.15	(2.46)	2.827	0.063
분리간격 접근	8.04	(1.31)	7.02	(2.21)	7.55	(1.86)	2.648	0.075
분리간격 접근	6.50	(1.48)	6.76	(2.21)	7.61	(2.21)	2.511	0.086

<표 3> 경험별 사건에 대한 위험도 평가 차이 분석

	항로경험		접근경험		둘다경험		F	P
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차		
분리간격 접근	7.64	(1.85)	6.32	(2.03)	8.25	(2.00)	9.20	0.00
착륙직전 복행	6.39	(2.01)	3.86	(2.26)	4.05	(3.07)	11.66	0.00
항공기 항로이탈	6.96	(1.84)	5.76	(2.13)	6.90	(1.59)	4.85	0.01
MSAW 경고 발생	7.00	(2.58)	5.70	(2.15)	7.05	(2.09)	4.62	0.012
교통량 대비 공역복잡	8.62	(1.65)	8.86	(1.28)	9.45	(1.23)	4.32	0.016
활주로 침입	8.36	(1.37)	8.43	(2.01)	9.55	(.94)	3.65	0.029
요란으로 고도변경 요구	5.61	(1.91)	4.59	(1.94)	4.35	(2.13)	3.24	0.043
이륙중 조류충돌 예상	7.21	(1.71)	6.35	(2.36)	5.60	(2.33)	3.23	0.044
항공기 납치	9.04	(.96)	8.38	(2.13)	9.40	(.94)	3.23	0.044
지시오수신	8.18	(1.79)	7.30	(2.22)	8.38	(2.15)	2.82	0.064
항공기 엔진고장	7.00	(2.07)	6.67	(2.03)	7.85	(1.90)	2.61	0.078

경험에 따른 사건 위험도 지각의 차이 관제는 항로관제와 접근관제가 업무 특성이 서로 다르다. 본 연구에서는 항로관제만 경험한 사람과 접근관제를 경험한 사람, 그리고 둘 다 경험한 사람이 발생 사건의 위험도를 지각하는 데 있어서 차이가 있을 것이라고 가정하였다. 따라서 각 사건별로 각 경험여부에 따른 차이를 검증하였다.

항공기의 항로이탈, 분리간격 접근, MSAW 경고 발생, 항공기 납치와 같은 사건들은 접근관제만을 해본 관제사들이 항로경험이나 둘다 경험한 사람들에 비해 위험도를 낮게 평가한 사건들인 반면, 요란으로 인한 고도변경 요구나, 이륙중 조류충돌 예상, 착륙직전 복행 등의 사건은 다른 두 집단에 비하여 항로경험만을 한 관제사들이 위험도를 가장 높게 평가하였다. 교통량 대비 공역의 복잡성이나 활주로 침입과 같은 사건은 항로와 접근 관제를 둘다 경험해본 사람들이 가장 위험하다고 평가하였다.

성별에 따른 사건 위험도 지각의 차이 남성과 여성 관제사가 사건 위험도 지각에 어떤 차이가 있는 지를 알아보았다. 여성 관제사들의 관제경력이 남성 관제사들의 관제경력보다 적어(여성 평균 경력 61개월, 남성 평균 경력, 146.5개월) 경력 수준을 맞추기 위하여 가장 오래된 여성 관제사의 경력인 156개월을 기준으로

로 하여 156개월 이하의 남성 관제사들 53명의 자료만을 분석하였다.

<표 4> 성별 사건에 대한 위험도 평가 차이 분석

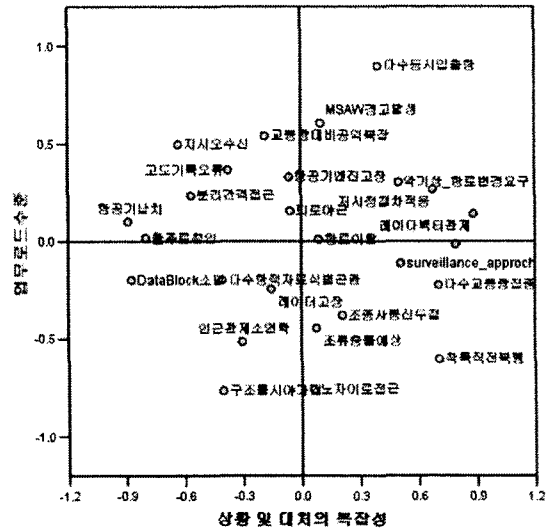
	남자		여자		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
surveillance approach	5.45	(2.07)	7.14	(1.65)	-3.747	.000
조종사 통신두절	6.80	(2.23)	7.96	(1.48)	-2.445	.017
악기상 항로변경 요구	5.70	(2.16)	6.86	(1.41)	-2.313	.023
no-gyro 접근	5.98	(2.43)	7.46	(1.55)	-2.933	.004
다수 교통량 집중	5.16	(2.29)	6.26	(1.75)	-2.184	.032
항공기 납치	8.49	(1.86)	9.14	(.93)	-2.124	.037

차이가 유의한 모든 사건들에서 여성관제사들이 남성들보다 사건의 위험도를 더 높게 평가했다.

② 사건 위험도 지각의 차원에 대한 분석

다음으로 경력, 경험, 성별에 따라 위험사건을 지각하는 차원이 다른 지를 알아보았다. 사건들을 위험도 평가에 근거하여 분포시킴으로써 사건에 대한 지각을 2차원상의 차원으로 분류해주는 다차원 척도법(Multi-Dimensional Scaling)을 사용하여 분석하였다.

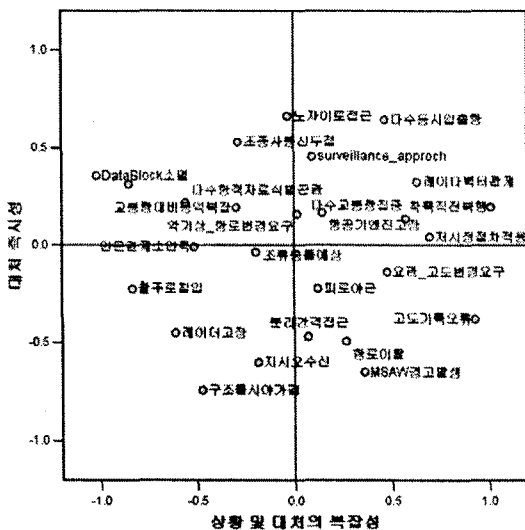
경력에 따른 위험도 평가 차원 전문성이 발달함에 따라 사건의 위험도 평가 기준이 달라지는 지를 알아보기 위하여 5년 이하의 초보자 집단과 15년 이상의 전문가 집단을 대상으로 사건의 위험도를 평가하는 기준 차원을 분석하

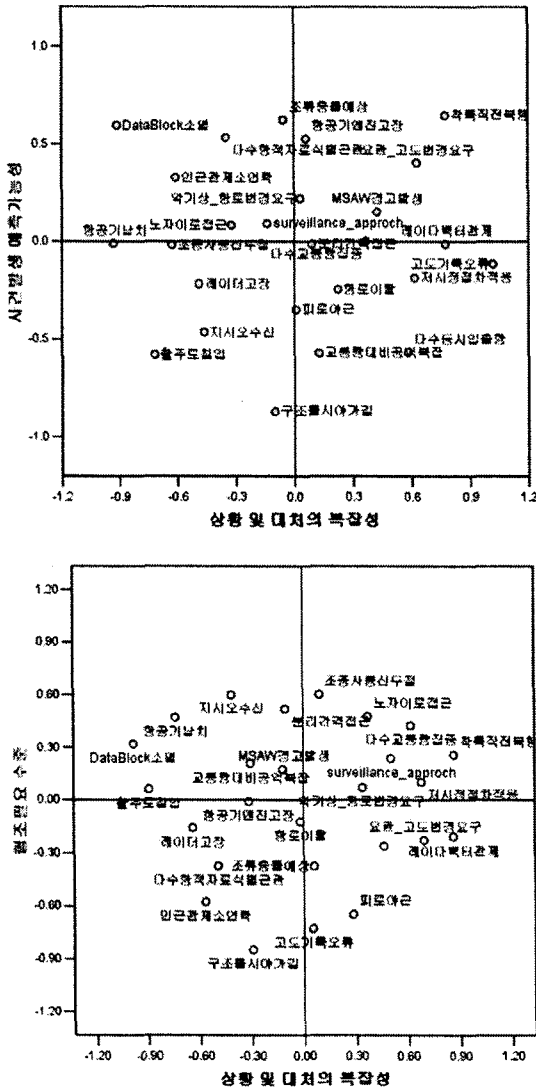


<그림 1> 5년 이하(위)와 15년 이상(아래) 경력자들의 사건 위험도 지각

였다. 그림 1의 결과를 살펴보면 초보자들과 전문가 집단 모두 위험상황을 파악하는 데 있어서 발생한 상황과 그에 대한 대처조치가 얼마나 복잡한가를 동일한 기준으로 사용하였다. 그러나 초보자 집단은 얼마나 긴급하게, 즉시 대처를 해야 하는 가를 기준으로 사용하는 데 비하여 전문가 집단은 대처의 즉시성보다는 전체적인 업무로드를 기준으로 위험도를 평가하고 있음을 알 수 있다.

경험에 따른 위험도 평가 차원 사건 위험도를 평가하는 기준 차원은 발생한 사건의 경험 여부에 의해 달라질 가능성이 있으므로 항로관제 경험만을 한 관제사들과 접근관제 경험만을 한 관제사들을 대상으로 위험사건에 대한 지각 특성을 MDS 분석을 실시하였다. 앞서의 관제 경력에 따른 분석결과에서와 마찬가지로 두 집단 모두 상황 및 대처방안의 복잡성을 발생사건의 위험도를 평가하는 한 축으로 사용하고 있었으나 항로관제 경험만 한 관제사들은 발생한 사건이 전체적인 관제업무를 수행하는 데 어느 정도 방해가 되는 가를 사건 위험도 판단의 기준으로 사용하고 있는 반면, 접근관제 경험만 있는 관제사들은 경력이 많은 관제사들처럼 업무로드를 위험도 평가의 기준으로 사용하고 있었다.





<그림 3> 성별에 따른 사건 위험도 지각

여성관제사의 경우는 사건이 얼마나 갑작스럽게 발생하는가의 사건발생 예측가능성을 또 다른 판단기준으로 사용하는 데 비하여 남성관제사들은 조종사나 다른 관제사등 다른 사람들과의 협조가 필요한 사건인가를 위험도 판단기준으로 사용하였다.

이러한 결과는 직무에 필요한 전문적인 기술을 습득하게 됨에 따라 지식의 구조와 조직에서 질적인 변화가 발생하고 지식이 사용되는 효율성과 유연성이 증가한다(Royer, Cisero, & Carlo, 1993)는 연구결과들 중 지식의 구조와 조직의 질적인 변화가 발생한 다는 것을 다시

한번 입증해 주는 결과이다. 그러나 본 연구에서는 관제사들의 위험사건에 대한 지식구조와 조직에서의 차이만을 초보적으로 밝혀내었다. 기존의 전문성 연구(Sternberg, 1998)에 따르면 전문가들은 지식 구조나 내용뿐만 아니라 문제해결 전략이나 투여하는 노력과 단계도 초보자와 다르다. 따라서 차후 연구에서는 경력이나 경험에 따라 위험상황에 대처하는 방식의 특징이 무엇인지를 알아내는 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Fisher, U., Orasanu, J., & Wich. M. (1995). Expert pilots' perceptions of problem situations. In R. Jensen (Ed.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Aviation Psychology, April 1995, Columbus, OH, 777-872.*

[2] Orasanu, J. M. (1994). Shared problem models and flight crew performance. *Aviation Psychology in Practice*. N. Johnston, N. McDonald and R. Fuller. Brookfield, Vermont, Ashgate Publishing Company: 255-285.

[3] Royer, J. M., Cisero, C. A., & Carlo, M. S. (1993). Techniques and procedures for Sternberg, R. J. (1998). Abilities are forms of developing expertise. *Educational Researcher, 27*, 11-20.