감성과학, Vol. 12, No. 1, pp.55-64, March 2009

조종사 상황인식의 적응적 전문성: 전문가와 초보자의 계기비행 수행 비교*

Adaptive Expertise in Pilot Situation Awareness: Comparison of Expert and Novice Instrument Flight Performance

손영우† · 이경수**

Young Woo Sohn† · Kyung Soo Lee**

연세대학교 심리학과† **

Department of Psychology, Yonsei University

Abstract

Previous research has mainly investigated the characteristics of expertise by using typical and routine tasks. This research to overcome these limitations included non-routine task situations and observed expert and novice pilots' situation awareness (SA) performance in routine and non-routine situations. Additionally, whether the ability to aware or perceive the environmental information in limited time varies with the level of expertise was tested. To this end, 2 * 2 * 2 mixed factorial design was employed, including expertise (novice/expert) as a between-subjects variable and normality of fight situation (routine/non-routine) and stimulus display time (long/short) as within-subjects variables. As results, there was no performance difference in routine situations between experts and novices, while experts significantly outperformed novices in non-routine situations. When the display time became shorter, overall SA accuracy was decreased for both experts and novices, whereas experts' performance remained significantly higher than novices in short and long conditions. When we examined the interaction between the normality of fight situation and stimulus display time, there was no difference between experts and novices in routine situations for both short and long conditions. In non-routine situations, however, experts' SA accuracy was significantly higher than novices both in short and long conditions. Overall, non-routineness of flight situation does not have any impact on SA performance of experts, while it has a critical impact on SA performance of novices.

Keywords: pilot, adaptive expertise, expert, novice, situation awareness

요 약

기존의 전문성 연구들은 참가자들에게 일상적인 과제를 수행하게 함으로써 전문가와 초보자들의 차이를 알아보고자 하였다. 하지만, 본 연구는 일상적 비행 상황에 익숙해진 조종사들이 이전에 경험해보지 못한 새로운 비행 상황에서도 유연하게 대처할 수 있는지 알아보고자 하였다. 즉, 조종사의 숙련정도에 따라 정상적 및 비정상적 상황에서의 상황인식 능력이 차이가 나는지 관찰하였고 추가적으로, 전문성이 자극 제시 시간에 따른 수행 변화에 영향을 주는지 알아보았다. 이를 위해 42명의 조종사들을 전문성의 정도에 따라 초보자와 전문가 집단으

* 이 논문은 2008년 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2008-013-H00012)

† 교신저자 : 손영우 (연세대학교 심리학과 교수)

E-mail : ysohn@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-2444

FAX : 02-365-4354

로 나누고 이들의 수행이 상황의 특수성 및 자극 제시 시간에 따라 어떻게 달라지는지 알아보았다. 연구를 위하여 조종실 계기판을 모방한 동영상이 제작되었는데, 동영상에 보여지는 계기판들이 모두 정상으로 움직이는 정상적 상황과 이들 중 하나의 계기가 오작동을 일으키는 비정상 상황이 연출되었다. 또한 상황을 지각하기 위한 시간의 차이가 전문성에 따라 다른 효과를 가져오는지 살펴보기 위해서 계기판 상황이 오랫동안 제시되는 긴 제시 조건과 상대적으로 짧게 제시되는 조건으로 조작되었다. 실험 결과, 정상적인 상황에서는 초보자와 전문가 집단 사이의 상황 인식이 유의한 차이가 없었으나, 비정상적인 상황에서는 전문가 집단의 상황인식이 초보자 집단보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한, 비행 상황의 제시 시간이 짧아졌을 때 조종사들의 전반적인 상황인식 정확도가 떨어졌지만, 전문가와 초보자의 수행차이는 변함없이 초보자 집단에 비해 전문가 집단의 높은 수행이 유지되었다. 비행 상황의 특수성과 제시 시간의 상호작용에 따라 초보자와 전문가의 상황인식은 어떻게 달라지는지 보았을 때, 비행 상황의 제시 시간이 길고 짧음에 관계없이 정상적 상황에서는 초보자와 전문가 집단의 상황인식 차이가 나타나지 않았으나, 비정상적 상황에서는 전문가 집단의 상황인식 정확도가 초보자 집단 보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 전반적으로 볼 때, 비정상적 상황은 전문가 집단의 수행에 미치는 영향에는 큰 영향을 미치니 못하나 초보자 집단의 수행에는 현저한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

주제어: 조종사, 적응적 전문성, 전문가, 초보자, 상황인식

1. 서론

항공기가 발전하고 항공기 통제 업무가 자동화되면서 비행조작은 물리적으로 훨씬 쉬워졌다. 더욱이 오류가 많은 조종사의 지각을 대신하여 각종 계기들이 항공기의 상태와 외부 환경에 대한 정보를 정확하게 제시하여 주고 있다. 따라서, 이제 현대의 최첨단 항공기 조종사들은 정보를 얻기 위해 밖을 내다보거나 항공기를 조작하는 것보다는 조종실 내의 각종 계기 수치를 읽고 그 의미를 해석, 통합하는 일에 더 많은 시간을 소모하게 되었다. 또한 복잡하고 많은 계기판들로부터 제시되는 정보들을 빨리 정확하게 지각하는 민감성(sensibility)과 그 의미를 이해하는 것이 성공적인 수행을 위한 중요한 요인이 되고 있다.

정상 상황에서 조종사의 주 업무가 항공기를 통제하는 능동적 업무에서 항공기를 모니터하는 수동적 업무로 변화된 것처럼 비상 상황에서의 조종사 업무도 변하였다. 단순한 기계는 발생하는 문제도 단순하다. 반대로 복잡한 기계는 발생하는 문제도 복잡하다. 더군다나 복잡한 시스템 하에서 발생하는 비상상황은 종종 그 시스템을 설계한 설계자도 예상치 못한 상황이라는 점이 더 난처한 점이다. 따라서 최첨단의 항공기를 운항하는 조종사들은 그 항공기를 설계한 사람도 상상치 못한 상황을 다루어야 한다. 즉, 매뉴얼로도 해결되지 않는 상황이 벌어졌을 때 문제를 해결해야하는 사람이 바로 조종사인 것이다. 이제 조종사들의 주 업무는 정보를 해석하고 통합하고, 개정하고, 상황에 가장 적합한 판단과 선택을 내려야 하는 고도의 인지적 과제로 변했다[1]. 이와 같이, 항공기 운항, 특히 악천후나 계기고장, 통신두절 등 항공기 운항 중에 발생할 수 있는 각종 위험상황에 적절히 대처하여 안전하게 비행을 종료하기 위해서는 조종사의 정확한 상황인식이 필수적이 되었다.[2][3][4][5][6][7]

본 연구에서 이론적인 관심의 대상은 조종사들이 수행해야 하는 여러 인지적 과제들 중 조종사고의 주

1) Park, S. A., Sohn, Y. W., & Kim, K. T. (2006). Shared perception of risks in emergency situations between pilots and air traffic controllers. Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society (pp. 497-500), San Francisco, CA., USA.
2) 김도형, 손영우 (2006). 성격 유형에 따른 확신 수준 및 반응 편향: 비행 상황인식 과제를 중심으로. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 19, 85-104.
3) 김민영, 설재욱, 김용석, 손영우 (2003). 조종실 계기 및 제어 복잡성이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. 한국감성과학회지, 6, 73-88.
4) 김민영, 손영우, 박수애 (2005). 의사결정의 판단 기준과 정보 선택에 있어서 경험과 맥락의 영향: 조종사를 대상으로. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 18, 225-246.
5) 설재욱, 손영우, 박수애 (2005). 정서와 정서지능이 상황인식에 미치는 영향. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 18, 79-96.
6) 손영우, 박수애 (2003). 전문성과 작업기억 부하량이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 16, 155-174.
7) 손영우, Dattel, A. R. (2002). 상황인식 민감도에 있어서의 전문성 효과: 정보처리 접근법. 한국감성과학회지, 5, 79-90.

요인으로 간주되고 있는 상황인식이다. “상황인식”이라는 용어는 비행상황을 감지하여 지속적인 이해를 유지하는데 실패함으로써 발생하는 사건들을 특징지우기 위해 조종사들과 공항 관제사들로부터 유래되었다[8]. 기존 데이터베이스의 분석결과, 비행 사고의 한 주요인으로 상황인식의 실패를 지적하고 있다. 예를 들어, 미국 교통 안전국(National Transportation Safety Board)의 항공사고에 관한 최근 4년간의 보고서를 분석해 본 결과, 그 기간 동안 발생한 사고의 88%가 상황인식과 관련된 사람의 과실이 주원인인 것으로 드러났다[9]. 이와 같이 상황인식이 비행기의 안전 운항을 위한 결정적 선행요인으로 간주되고 있지만, 이 “상황인식”이라는 용어는 직관적 이해에 근거하여 사용되고 있을 뿐, 통용되고 있는 하나의 분석적인 정의는 없다. 이런 문제를 해결하기 위해 항공심리학자들은 조종사들이 수행해야하는 과제들의 성격이 대부분 인지적이라는 사실에 근거하여 상황인식의 인지적 요소에 초점을 맞추고 있다[10][11][12][13][14][15][16][17][18][19]. 본 연구도 이러한 노력의 일환으로 비행 전문가와 초보자의 상황인식 능력을 비교 분석함으로써 조종사의 상황인식에 요구되는 인지적 요건을 이해하는데 그 주목적이 있다.

비록 아직 학자들 사이에 상황인식에 대한 하나의 일치된 정의는 없지만[20][21], 대부분의 정의들이 Endsley[22]의 정보처리틀 (information processing framework)에 입각한 정의에 귀속되고 있다. Endsley는 상황인식을 3단계로 구성된 인지작용으로 특징지웠다[23][24]. 첫 단계는 환경의 여러 출처로부터 나온 정보들을 지각하고, 둘째 단계는 그 정보들을 통합, 이해하여 현재의 시스템 상황을 의미있고 일관성있게 표상화하고, 그리고 마지막 셋째 단계는 가까운 미래에 발생할 시스템의 상태를 예측하는 것이다. 본 연구에서의 비행 상황인식의 개념도 정보처리틀에 입각한 Endsley의 이론을 따라 여러 계기판으로부터 제시되는 정보들을 지각하고, 그 정보들을 의미 있는 형태로 통합, 이해하여, 가까운 미래에 발생할 비행기의 상태 및 위치를 예측하는 능력으로 정의한다. 이러한 지각, 이해, 및 예측 등의 인지활동들로 결합된 상황인식은 그 정확도가 인지활동들을 구성하는 기억 및 지식구조 등의 인지기제에 의존한다고 볼 수 있다[27].

상황인식에서 인지적 요소의 중요성을 고려한 연구는 그 중요성에도 불구하고 적은 수에 불과하다. 예를

8) Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the world did we ever get into that mode? Mode error and awareness in supervisory control. Human Factors, 37, 5-19.

9) Endsley, M. R. (1997). The role of situation awareness in naturalistic decision making. In G. K. Caroline & E. Zsambok (Eds.), Naturalistic decision making. Expertise: Research and applications (pp. 269-283). Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Mahwah, NJ.

10) Adams, M. J., Tenney, Y. J., & Pew, R. W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors, 37*, 85-104.

11) Doane, S. M. & Sohn, Y. W. (2000). ADAPT: A predictive cognitive model of user visual attention and action planning. User Modeling and User-Adapted Interaction, 10, 1-45.

12) Doane, S. M., Sohn, Y. W., & Jodlowski, M. T. (2004). Pilot ability to anticipate the consequences of flight actions as a function of expertise. Human Factors, 46, 92-103.

13) Durso, F. T., & Dattel, A. R. (2006). Expertise and transportation. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), The cambridge handbook of expertise and expert performance (pp. 355-371). Cambridge: Cambridge University Press.

14) Durso, F. T., & Gronlund, S. D. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumais, S. Lindsay, & M. Chi (Eds.), The handbook of applied cognition (pp. 283-314). New York: Wiley.

15) Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors, 37, 32-64.

16) Sohn, Y. W., & Dattel, A. R. (2001). Expertise effects in situation memory and awareness. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting (pp. 281-285), Minneapolis, MN.

17) Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (2000). Predicting individual differences in situation awareness: The role of working memory capacity and memory skill. Proceedings of the First Human Performance, Situation Awareness and Automation Conference (pp. 293-298), Savannah, GA.

18) Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (2003). Roles of working memory capacity and long-term working memory skill in complex task performance. Memory & Cognition, 31, 458-466.

19) Sohn, Y. W. & Doane, S. M. (2004). Memory Processes of Flight Situation Awareness: Interactive Roles of Working Memory Capacity, Long-Term Working Memory, and Expertise. Human Factors, 46, 461-475.

20) Durso, F. T., & Gronlund, S. D. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumais, S. Lindsay, & M. Chi (Eds.), The handbook of applied cognition (pp. 283-314). New York: Wiley.

21) Flach, J. M. (1995). Situation awareness: Proceed with caution. Human Factors, 37, 149-157.

22) 주 15)의 Endsley (1995) 참조

23) 주 15)의 Endsley (1995) 참조

24) Endsley, M. R., & Garland, D, J. (2000). Situation awareness analysis and measurement. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

27) 주 15)의 Endsley (1995) 참조

들면, Caretta, Perry와 Ree[1]는 미국 공군 F-15 조종사들을 대상으로 한 실험에서 언어적 및 공간적 작업기억 등과 같은 인지적 요인이 상황인식의 중요 선행요인임을 보여주었다. Caretta 등은 단기기억에 근거한 인지적 요인에만 초점을 맞춘 반면, Stokes, Kemper와 Kite[2]는 단기기억 뿐만 아니라 장기기억과 관련된 보다 포괄적인 인지적 요인들을 고려하였다. Stokes 등은 경비행기 조종사들을 대상으로 실험한 결과, 장기기억에 근거한 지식의 표상과 단기기억에 근거한 공간적 작업기억이 조종사 비행 중 의사결정에 중요 선행요건임을 보여주었다.

이상과 같은 연구들이 상황인식의 선행요건으로 인지작용들을 지적하였지만, 이러한 인지작용들이 조종사의 전문성 정도에 따라 어떻게 달라지는지, 특히 비행 상황이 정상적이 아니라 계기 고장 등 예상하지 못한 비정상적인 경우에는 어떻게 달라지는지에 대해서는 조사하지 않은 한계를 가지고 있다. 대부분의 전문성에 관한 기존 연구는 일상적인 과제를 반복적으로 수행하는 전문가들에게 초점을 맞추고 있다[3][4]. 하지만, 전문성의 보다 결정적 측면은 이전에 경험해 보거나 예상하지 못했던 새로운 상황 또는 과제에 적응하고 그 새로운 상황 또는 과제에 반응하기 위한 절차를 개발하는 능력이라고 볼 수 있다[5][6][7]. 이와 같은 견지에서 볼 때, 상황인식의 중요한 특징은 일상적 비행 환경에서는 구현될 수 없는 예상하지 못한 돌발 및 위급 상황 등과 같은 특수 상황에 적응력있게 반응하는 능력에 있다고 볼 수 있다. 더불어, 실제 비행에서 비상상황이 발생할 경우 이로 인해 정서적인 불안감이나 스트레스가 발생할 수가 있고 이런 정서들을 조절하는 과정은 인지적 과정에까지 영향을 미칠 가능성이 있다[8]. 따라서 비상상황에서 발생한 부적 정서는 조종사들의 인지적 자원을 축소시킬 가능성이 있기 때문에 이를 극복하고 안정된 수행을 보이기 위한 인지적 자원의 확보가 무엇보다도 중요하며 전문성은 이러한 인지적 자원의 확보에 중요한 역할을 할 것으로 보여진다. 이러한 기존 연구들의 미해결 문제들에 답하기 위해 본 연구에서는 선행 연구에서 고려하지 않은 전문성의 적응적 측면을 포함하여 실험을 설계하게 되었다. 즉, 본 연구의 큰 의의는 기존의 연구에서 그 중요성에도 불구하고 조작의 어려움 및 한계 등의 이유로 제외되어 왔던 전문성의 적응적 측면을 기존의 연구들에서 다루어온 일상적 측면과 대조하여 분석하는 것이다.

이상에서 언급된 본 연구의 목적을 성취하기 위해 답해야할 구체적인 연구 질문은 다음과 같이 요약될 수 있다. 일상적 비행 상황에 익숙해진 조종사들이 경험해보지 못한 새로운 비행 상황에 적응하는데 유연하게 대처할 수 있는가? 다시 말해, 주어진 상황이 일상적 상황이냐 아니면 위험 상황이냐에 따라 조종사의 상황인식이 어떻게 달라지느냐? 또한, 조종사의 숙련정도에 따라 정상적 및 비정상적 상황에서의 상황인식 능력이 차이가 나는가? 더불어, 조종사의 숙련정도에 따라 제시된 정보를 지각하는 능력에 차이가 나타나는가? 제시된 정보를 지각하고 지각된 정보에 따라 상황인식을 하는데 있어서 정상적 및 비정상 상황이 서로 다른 영향을 미치는가? 본 연구는 이상의 연구 질문들에 대해 답하기 위한 실험연구방법을 이용하였다.

2. 연구 방법

1) Carretta, T. A., Perry, D. C., & Ree, M. J. (1996). Prediction of situation awareness in F-15 pilots. International Journal of Aviation Psychology, 6, 21-41.
2) Stokes, A. F., Kemper, K., & Kite, K. (1997). Aeronautical decision making, cue recognition, and expertise under time pressure. In C. E. Zsambok & G. Klein (Eds.), Naturalistic decision making (pp. 183-196). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
3) Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: The role of attentional flexibility and mental model development. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 68, 569-579.
4) Sohn, Y. W., & Dattel, A. R. (2001). Expertise effects in situation memory and awareness. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting (pp. 281-285), Minneapolis, MN.
5) Doane, S. M. & Sohn, Y. W. (2000). ADAPT: A predictive cognitive model of user visual attention and action planning. User Modeling and User-Adapted Interaction, 10, 1-45.
6) Holyoak, K. J. (1991). Symbolic connectionism: Toward third-generation theories of expertise. In K. A. Ericsson, & J. Smith (Eds.), Toward a general theory of expertise (pp. 301-336). Cambridge University Press.
7) Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (1997). Cognitive constraints on computer problem-solving skills. Journal of Experimental Psychology: Applied, 3, 288-312.
8) Muraven, M., Tice, D. M., & Baumeister, R, F. (1998). Self-Control as Limited Resource: Regulatory Depletion Patterns. Journal of Personality and Social Psychology, 74, 774-789.

본 연구의 실험설계는 독립변인으로 조종사의 전문성 정도(전문가/초보자)를 피험자간 변인으로, 비행 상황의 특수성(정상적/비정상적)과 비행 상황의 제시 시간(장/단)을 피험자내 변인들로 구성된 2 (x 2 x 2)의 복합 요인 설계이다. 먼저 피험자간 변인을 기술하면, 조종사의 전문성 정도를 실험시작 전에 각 실험참가자가 응답한 비행교육과 경험에 대한 설문지 응답 자료를 통해 실험참가자를 전문가와 초보자 집단으로 구분하였다. 피험자내 변인으로 비행 상황의 특수성은 실험참가자들에게 제시되는 동영상의 비행 상황이 일반적 비행에서 반복적으로 접하게 되는 정상적 상황이냐 아니면 실제로 거의 경험을 하기는 힘들지만 돌발이나 위급 상황 시 충분히 발생할 수 있는 비정상적 상황인가로 구분하였다. 또 다른 피험자내 변인으로 비행 상황의 제시 시간을 20초와 40초로 조작하여 신속한 지각을 요구하는 상황의 차이를 반영하였다. 본 실험의 종속변인으로는 실험참가자들의 비행 상황인식 정확도와 비행 상황 자극에 대한 반응시간이 측정되었다. 구체적인 실험참가자, 실험재료, 및 실험절차는 다음과 같다.

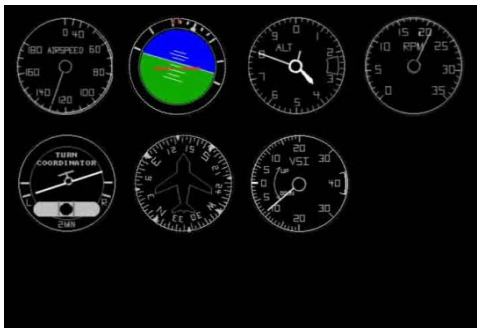
2.1. 실험참가자

본 실험의 참가자들은 미국 동부지역의 비행학교 소속 조종사들이었다. 20명의 학생 조종사들과 22명의 교관 조종사들은 $50의 수당을 받고 실험에 참가하였다. 학생 조종사들의 평균 총비행시간은 336시간이었으며, 최근 90일간의 평균 비행시간은 11시간이었다. 반면에 교관 조종사들의 평균 총비행시간은 2579시간이었으며, 최근 90일 동안의 평균 비행시간은 94시간이었다. 학생 조종사들의 자료는 초보자의 결과로, 교관 조종사들의 자료는 전문가의 자료로 분석되었다.

2.2. 실험자극

본 실험에서 사용된 비행 상황인식 과제는 앞에서 언급한 상황인식의 정의를 반영하도록 고안되었다. 각 실험참가자에게 그림 1(a)와 같은 화면의 동영상이 20초 또는 40초간 제시되고 그 동영상의 상영이 끝나자마자 그림 1(b)와 같은 비행목표가 적힌 화면이 제시되었다.

그 동영상은 비행기 조종 장치 조절의 입력과 출력 및 비행기의 현재 상태와 위치를 표시하는 7개의 기본 계기판에서 일어나는 지속적인 변화를 보여주었다. 실험자극들 중의 절반은 일상적인 비행상황을, 다른 절반은 기본 계기판에서 한 계기가 오작동하는 비정상적인 비행상황을 보여주었다. 비행목표 화면은 비행의 세 중심축인 고도, 방향, 및 속도에 대한 정보를 제시한다. 실험참가자의 과제는 동영상에서 제시된 비행기가 동영상 직후 제시된 비행목표에 조정장치의 추가적인 조절없이 약 10초안에 도달할 것인지를 판단하는 것이다. 이 과제를 성공적으로 수행하기 위해서는 앞에서 상황인식을 정의할 때 언급한, 여러 계기판으로부터 제시되는 정보들을 지각하고, 그 정보들을 의미있는 형태로 통합, 이해하여, 가까운 미래에 발생할 비행기의 상태 및 위치를 예측하는 능력이 요구되었다.



(a) 계기판 화면

Altitude: 3500 ft
Heading: 180°
Airspeed: 90 kt

(b) 비행 목표 화면

그림 1. 상황인식과제에서 사용되는 실험자극의 예

2.3. 실험절차

실험참가자들은 그들의 비행경험과 인구학적 배경을 묻는 설문지를 작성한 후, 상황인식 과제를 수행하였다. 상황인식 과제는 4개의 블록으로 구성되었는데 각 블록 당 1개의 연습시행을 포함하여 12개 시행으로 구성되었다. 첫 번째 블록은 20초간 정상적 상황이, 두 번째 블록은 40초간 정상적 상황이, 세 번째 블

록은 20초간 비정상적 상황이, 그리고 마지막 네 번째 블록은 40초간 비정상적 상황이 자극으로 제시되었다. 참가자들은 제시된 동영상의 비행장면을 근거로 비행기가 목표 상태에 도달할 수 있는가의 여부를 “C(Consistent)"와 ”I(Inconsistent)"로 표시된 자판을 눌러 표시하였다. 그리고 나면 다음 시행이 시작되었다. 참가자들은 각 블록을 시작할 때에 이 절차에 익숙해지도록 2번 혹은 3번의 연습시행을 하였다. 연습시행에서는 판단의 정확성에 대한 피드백을 주었으나 실제 실험시행에서는 피드백을 주지 않았다.

3. 결과

본 실험에서 수집한 자료를 통해 답하려고 하는 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 조종사가 처한 비행 상황이 정상적이냐 비정상적이냐(비행 상황의 특수성)에 따라 초보자와 전문가의 상황인식 정도가 달라지는가? 둘째, 비행 상황이 조종사에게 제시되는 시간의 길이에 따라 초보자와 전문가의 상황인식 정도가 달라지는가? 마지막으로, 비행 상황의 특수성이 조종사의 상황인식에 미치는 영향이 상황이 제시되는 시간의 길이에 따라 달라지는가? 이 문제들에 답하기 위해 초보자와 전문가 집단별로 비행 상황의 특수성과 제시 시간에 따른 상황인식의 정도를 분석하였다. 상황인식의 정도를 조종사의 비행 상황 과제에 대한 반응시간과 정확도로 측정하였으나, 반응시간은 모든 조건에서 전문가와 초보자의 차이가 나타나지 않아 (ps > .10), 본 연구의 결과에서는 상황인식의 정확도를 중심으로 한 조종사의 수행 차이를 보고하였다.

3.1. 비행 상황의 특수성에 따른 상황인식 정확도

비행 상황의 특수성에 따라 초보자와 전문가의 상황인식이 차이가 나는지를 보기위해 다변인변량분석을 실시하였다. 표 1은 초보자와 전문가들이 각 조건의 상황인식 과제들에서 보여준 정확도로서 전체 시행 중 정확하게 반응한 시행의 비율이며 0(모두 틀림)에서 1까지의 범위를 가진다. 분석 결과, 비행 상황이 정상적이냐 비정상적이냐에 따라 초보자와 전문가의 상황인식 정확도가 달라지는 것으로 나타났다[$F(2, 39) = 5.72$, $p < .01$, partial $\eta 2 = .23$]. 표 1에 제시되었듯이, 정상적 상황에서는 초보자와 전문가 집단의 상황인식이 유의한 차이가 없었으나($p > .10$), 비정상적 상황에서는 전문가 집단의 상황인식 정확도가 초보자 집단 보다 유의하게 높은 것으로 나타났다[$F(1 ,40) = 11.74$, $p < .01$, partial $\eta 2 = .23$]. 다시 말해, 이 결과는 비정상적인 비행 상황을 만났을 때 초보자는 상황인식이 현저히 저하되는 반면, 전문가는 비정상적인 상황에 처해도 수행의 저하를 거의 보이지 않는다는 것을 의미한다.

표 1. 비행상황의 특수성에 따른 초보자와 전문가의 상황인식 정확도

	초보자	전문가	
조건	M (SD)	M (SD)	차이
정상적 상황	.71 (.09)	.76 (.10)	.05
비정상적 상황	.66 (.09)	.76 (.09)	.10**

주. **$p < .01$

3.2. 비행 상황의 제시 시간에 따른 상황인식 정확도

비행 상황의 제시 시간에 따라 초보자와 전문가의 상황인식이 차이가 나는지를 보기위해 다변인변량분석을 실시한 결과, 상황의 제시 시간이 길고 짧음에 따라 초보자와 전문가 집단 간에 수행 차이가 있는 것으로 나타났다[$F(2, 39) = 4.32$, $p < .05$, partial $\eta 2 = .18$]. 각 조건별로 분석해 보았을 때, 표 2에 나타난 것과 같이 두 집단 모두 긴 제시 조건에 비해 짧은 제시 조건에서 상황인식의 정확도가 낮아졌는데, 전문가 집단이 비행상황의 제시 시간이 긴 조건 [$F(1, 40) = 5.90$, $p < .05$, partial $\eta 2 = .13$]이나 짧은 조건 [$F(1, 40) = 7.99$, $p < .01$, partial $\eta 2 = .17$] 모두에서 초보자 집단보다 높은 정확도를 보였다. 하지만 집단 간의 차이는 제시 시간이 짧아졌을 때 더 크게 나타났다. 다시 말해, 이 결과는 비행 상황의 제시 시간이 짧아졌을 때 조종사들의 전반적인 상황인식 정확도가 떨어졌지만, 전문가와 초보자의 수행차이는 변함이 없이 초보자 집단에 비해 전문가 집단의 높은 수행이 유지되었다는 것을 의미한다.

표 2. 비행 상황의 제시 시간에 따른 초보자와 전문가의 상황인식 정확도

조건	초보자 M (SD)	전문가 M (SD)	차이
긴 제시	.72 (.07)	.78 (.10)	.06*
짧은 제시	.66 (.09)	.74 (.10)	.08**

주. $^{*}p < .05$, $^{**}p < .01$

3.3. 비행 상황의 특수성과 제시 시간의 상호작용에 따른 상황인식 정확도

이상의 결과에서 비행 상황의 특수성에 따라 초보자와 전문가의 상황인식이 차이가 나타났고 비행 상황의 제시 시간에 따라서는 두 집단의 차이가 변화하지 않는다는 것이 나타났다. 즉, 비행 상황이 정상적인 경우에는 전문가와 초보자 사이에 상황인식의 차이가 나타나지 않았으나 비정상적인 경우에는 전문가가 초보자보다 유의미하게 더 좋은 상황인식을 나타냈으며, 비행 상황이 길게 혹은 짧게 제시되는 것과는 상관없이 전문가가 항상 유의미하게 더 좋은 상황인식을 가지는 것으로 나타났다. 그렇다면, 비행 상황의 특수성과 제시 시간의 상호작용에 따라 초보자와 전문가의 상황인식은 어떻게 달라질까? 다시 말해, 비행 상황이 정상적이냐 비정상적이냐에 따라 상황의 제시 시간이 상황인식에 미치는 영향이 달라지는지를 살펴보았다. 그 결과, 표 3에 제시되었듯이, 비행 상황의 제시 시간이 길고 짧음에 관계없이 정상적 상황에서는 초보자와 전문가 집단의 상황인식 차이가 나타나지 않았으나(ps > .05), 비정상적 상황에서는 전문가 집단의 상황인식 정확도가 초보자 집단 보다 유의하게 높은 것으로 나타났다(ps < .01). 다시 말해, 이 결과는 비행 상황의 제시 시간이 초보자와 전문가의 상황인식에 미치는 영향이 상황이 비정상적일 때에만 유효하고 상황이 정상적일 때는 차이가 없다는 것을 의미한다.

표 3. 비행 상황의 특수성과 제시 시간에 따른 초보자와 전문가의 상황인식 정확도

조건		초보자 M (SD)	전문가 M (SD)	차이
정상적 상황	긴 제시	.72 (.10)	.76 (.13)	.04
	짧은 제시	.71 (.12)	.76 (.10)	.05
비정상적 상황	긴 제시	.72 (.08)	.80 (.09)	.08**
	짧은 제시	.61 (.11)	.72 (.13)	.11**

주. $^{*}p < .01$

4. 논의

전문가와 초보자의 수행 차이를 비교한 많은 연구들이 일상적인 과제를 반복적으로 수행하는 전문성에 초점을 맞춘 반면, 본 연구는 조종사들을 대상으로 하여 이들이 경험해 보거나 예상하지 못한 비정상적인 상황에 반응하는 수행 차이를 비교하는데 초점을 맞추었다. 구체적으로 본 연구에서 조종사들에게 제시된 비정상적인 상황은 예상하지 못한 계기 고장으로 인한 돌발 상황으로 일상적 비행환경에서 경험하기 힘들지만 발생할 가능성이 있는 비행 상황이 구현되었다. 본 연구를 통해 나타난 결과를 요약하면, 초보자 집단은 비행 상황이 정상적일 때 전문가 집단과 약간의 수행 차이를 보이지만 비행 상황이 비정상적일 때 현저한 수행 저하를 보이며 전문가 집단과의 차이가 유의하게 나타났다. 하지만, 전문가 집단은 비정상적 비행 상황에서도 정상적 상황에서와 같은 수준의 높은 수행을 보였다. 또한, 정상적 상황에서는 비행 상황의 제시 시간이 긴 조건과 짧은 조건간의 수행 차이가 나타나지 않은 반면, 비정상 상황에서는 상황의 제시 시간에 따른 수행 차이가 나타났다. 즉, 비정상적인 상황에서는 조종사가 상황의 정보를 지각하기 위한 시간이 제한되어 있을 때 상황인식이 크게 저하되었다. 더욱이 비정상적인 상황에서는 상황의 제시 시간이 길고 짧음에 관계없이 초보자와 전문가 집단 간의 수행 차이도 유의미하였으며, 특히 비정상

상황에서 제시 사간이 짧은 경우 초보자들의 수행이 눈에 띄게 저하된 것으로 나타났다. 전반적으로 볼 때, 비정상적 상황이 전문가 집단의 수행에 미치는 영향은 미미하나 초보자 집단의 수행에 미치는 영향은 현저한 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 나타난 전문가와 초보자의 수행 차이를 몇 가지로 설명해 볼 수 있겠다. 첫째, 본 연구에 참가한 전문가 집단은 초보자 집단에 비해 비행 경험이 풍부한 집단으로 본 연구에서 사용한 비정상적인 상황이 이들 전문가 집단에게는 전혀 경험해 본 적이 없거나 새로운 "비정상" 상황이 아닐 수 있다는 점이다. 따라서 이들 전문가 집단은 이 비정상 상황에서도 정상적 상황에서의 수행과 거의 차이가 없는 높은 수행을 보였을 수 있다는 점이다. 하지만, 본 연구에서 제시된 계기 고장 및 오작동으로 인한 비정상 비행 상황이 경험이 많은 조종사도 평생에 한번 경험하기 힘든 예외적인 상황이라 이 설명의 타당성은 낮다고 할 수 있다. 둘째, 비록 본 연구에서 사용한 비정상 상황과 같은 비행 상황을 경험해 보지 않았더라도 전문가 집단은 오랜 경험을 통해 체계화된 다양하고 풍부한 비행 상황의 레퍼토리(repertoire)가 새로운 비행 상황에도 성공적으로 이용될 수 있었다는 점이다. 이 레퍼토리의 비행 상황들 중에서 가장 유사하거나 적용가능한 상황의 시나리오를 이용하여 새롭게 주어진 비정상 비행 상황을 유추적으로 해석할 수 있었을 것이다[36)37)38)]. 셋째, 전문가 집단은 초보자 집단에 비해 비행 시스템의 기능과 작동에 대한 보다 추상적이며 정교한 지식체계를 형성하여 경험해 보지 못한 비행 상황에 직면해서도 보다 심도 높은 상황에 대한 이해를 할 수 있었다는 점이다[39)40)41)]. 이런 근본적인 원리의 이해가 전문가들이 비정상적 상황인식 과제를 해결하는데 도움이 되었을 것이다. 마지막으로, 전문가 집단이 습득한 계기 정보들을 정확하고 빠르게 지각하고 해석하는 기술이 이들로 하여금 새로운 문제를 해결하고 추론하는데 요구되는 인지적 부담을 감소시켜줄 수 있었다는 점이다[42)43)]. 비록 주어진 비행 상황이 이전에 경험해보지 못한 상황이었더라도 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 비행의 예기치 못한 상황에서 부적 정서가 발생하고 이러한 부적 정서가 인지적인 자원을 침범하는 경우에도 여전히 안정된 수행을 보일 가능성이 많다는 것을 의미한다. 반면에 초보자 집단은 정상적인 상황을 인식하는 데에도 인지적 부담이 크게 작용되어 보다 많은 인지적 자원을 요구하는 비정상상황을 인식하는데 필요한 여유 자원이 제공되지 못했을 것이다. 이런 특성들은 실제 비행 시 미미한 정서적인 충격에도 인지적 과정이 쉽게 방해받을 수 있고 따라서 수행이 불안정해 질 수 있다는 것을 의미한다. 이상에서 언급한 전문가와 초보자 수행 차이에 대한 가능한 설명의 타당성을 검증하는 것은 본 연구의 범위를 넘어서는 것으로 추후 연구의 연구문제로 제언할 수 있겠다.

본 연구는 조종사 훈련 프로그램 개발과 수행 평가를 위한 실용적 함의를 지닌다. 대부분의 실제 조종사 훈련과정에서 매뉴얼을 따라 미리 정해진 작동 규칙과 절차를 반복적으로 연습하는 것이 강조되고 있다. 이런 훈련에 통해 습득된 조종 기술은 일상적인 비행 상황에는 유효하지만 항공 사고에 큰 영향을 미치는 비정상적인 비행 상황에 대처하여 새로운 절차를 적용하는 능력을 개발하는 데는 한계가 있다. 이런 능력을 개발시키기 위해서는 시뮬레이션 훈련 과정에서 비정상적이고 예외적인 다양한 비행 상황에의 노출 빈도를 높여 조종사의 비행 상황 레퍼토리를 증가시키고, 작동 규칙과 절차의 각 단계들 간의 인과관계와 작동 원리 등에 관한 이해를 높이는 훈련을 강조할 필요가 있겠다. 또한, 훈련 조종사들의 수행 평가 시

36) Gobet, F. (1998). Expert memory: A comparison of four theories. Cognition, 66, 115-152.

37) Klein, G. (1998). Sources of power: How people make decisions. MIT Press: Cambridge, MA.

38) Zsambok, C. E. & Klein, G. (Eds.). (1997). Naturalistic decision making. Mahwah, NJ: Lawrence. Erlbaum.

39) Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation in physics problems by experts and novices. Cognitive Science, 5, 121-152.

40) Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control (pp. 257-297). Cambridge University Press.

41) Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. Psychological Review, 102, 211-245.

42) Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. Psychological Review, 89, 369-406.

43) Fitts, P., & Posner, M. I. (1967). Human performance. Belmont, CA: Brooks/Cole.

정상적인 비행 상황에서의 수행을 관찰하는 것만으로는 이들의 전문성 정도를 평가하는데 한계가 있다. 본 연구의 결과에서 나타났듯이 조종사의 전문성 평가는 비정상적인 비행 상황에서 분별력이 높아지므로 비정상 상황에서의 대처 능력이 조종사의 수행 평가에 포함되어야 할 것이다. 이상에서 제기된 조종사 훈련 프로그램과 수행 평가 방법의 개선을 위해 본 연구에서 사용된 실험자극용 정상 및 비정상 상황 계기비행 동영상과 상황인식 과제를 조종사의 상황인식 능력을 평가하는 검사도구(test battery) 및 교육용 교재로도 개발, 이용할 수 있을 것이다.

끝으로, 본 연구는 방법론적으로 개인용 컴퓨터에 7개의 기본적인 조종실 계기에만 근거한 저충실도(low-fidelity) 계기비행 시뮬레이션을 구현한 한계를 지닌다. 이런 저충실도 시뮬레이션을 사용하였기 때문에 본 연 구에서 계기의 고장과 오작동에 따른 비정상적 비행상황만을 제시할 수밖에 없었다. 또한, 본 연구는 조종사들을 실험참가자로 모집하는 어려움이 때문에 실험참가자 수가 제한되었던 한계를 지닌다. 후속 연구에서는 고충실도(high-fidelity) 시뮬레이션을 이용하여 보다 복잡하고 다양한 비정상적인 비행 상황을 구현하고, 비행시간과 경험이 다양한 보다 많은 수의 조종사들 실험참가자로 사용하여 연구 결과의 타당도와 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- 김도형, 손영우 (2006). 성격 유형에 따른 확신 수준 및 반응 편향: 비행 상황인식 과제를 중심으로. *한국심리학회지: 산업 및 조직, 19,* 85-104.
- 김민영, 설재욱, 김용석, 손영우 (2003). 조종실 계기 및 제어 복잡성이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. *한국감성과학회지, 6,* 73-88.
- 김민영, 손영우, 박수애 (2005). 의사결정의 판단 기준과 정보 선택에 있어서 경험과 맥락의 영향: 조종사를 대상으로. *한국심리학회지: 산업 및 조직, 18,* 225-246.
- 설재욱, 손영우, 박수애 (2005). 정서와 정서지능이 상황인식에 미치는 영향. *한국심리학회지: 산업 및 조직, 18,* 79-96.
- 손영우, 박수애 (2003). 전문성과 작업기억 부하량이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. *한국심리학회지: 산업 및 조직, 16,* 155-174.
- 손영우, Dattel, A. R. (2002). 상황인식 민감도에 있어서의 전문성 효과: 정보처리 접 근 법. *한국감성과학회지, 5,* 79-90.
- Adams, M. J., Tenney, Y. J., & Pew, R. W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors, 37,* 85-104.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review, 89,* 369-406.
- Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: The role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, Space, and Environmental Medicine, 68,* 569-579.
- Carretta, T. A., Perry, D. C., & Ree, M. J. (1996). Prediction of situation awareness in F-15 pilots. *International Journal of Aviation Psychology, 6,* 21-41.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation in physics problems by experts and novices. *Cognitive Science, 5,* 121-152.
- Doane, S. M. & Sohn, Y. W. (2000). ADAPT: A predictive cognitive model of user visual attention and action planning. *User Modeling and User-Adapted Interaction, 10,* 1-45.
- Doane, S. M., Sohn, Y. W., & Jodlowski, M. T. (2004). Pilot ability to anticipate the consequences of flight actions as a function of expertise. *Human Factors, 46,* 92-103.
- Durso, F. T., & Dattel, A. R. (2006). Expertise and transportation. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 355-371). Cambridge: Cambridge University Press.
- Durso, F. T., & Gronlund, S. D. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumais, S. Lindsay, & M. Chi (Eds.), *The handbook of applied cognition* (pp. 283-314). New York: Wiley.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of

situation awareness in dynamic systems. *Human Factors, 37*, 32-64.

- Endsley, M. R. (1997). The role of situation awareness in naturalistic decision making. In G. K. Caroline & E. Zsambok (Eds.), *Naturalistic decision making. Expertise: Research and applications* (pp. 269-283). Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Mahwah, NJ.
- Endsley, M. R., & Garland, D, J. (2000). *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 257-297). Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review, 102*, 211-245.
- Fitts, P., & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Flach, J. M. (1995). Situation awareness: Proceed with caution. *Human Factors, 37*, 149-157.
- Gobet, F. (1998). Expert memory: A comparison of four theories. *Cognition, 66*, 115-152.
- Holyoak, K. J. (1991). Symbolic connectionism: Toward third-generation theories of expertise. In K. A. Ericsson, & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise* (pp. 301-336). Cambridge University Press.
- Klein, G. (1998). *Sources of power: How people make decisions*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Muraven, M., Tice, D. M., & Baumeister, R, F. (1998). Self-Control as Limited Resource: Regulatory Depletion Patterns. *Journal of Personality and Social Psychology, 74*, 774-789.
- Park, S. A., Sohn, Y. W., & Kim, K. T. (2006). Shared perception of risks in emergency situations between pilots and air traffic controllers. *Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society* (pp. 497-500), San Francisco, CA., USA.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the world did we ever get into that mode? Mode error and awareness in supervisory control. *Human Factors, 37*, 5-19.
- Sohn, Y. W., & Dattel, A. R. (2001). Expertise effects in situation memory and awareness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting* (pp. 281-285), Minneapolis, MN.
- Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (1997). Cognitive constraints on computer problem-solving skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*, 288-312.
- Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (2000). Predicting individual differences in situation awareness: The role of working memory capacity and memory skill. *Proceedings of the First Human Performance, Situation Awareness and Automation Conference* (pp. 293-298), Savannah, GA.
- Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (2003). Roles of working memory capacity and long-term working memory skill in complex task performance. *Memory & Cognition, 31*, 458-466.
- Sohn, Y. W. & Doane, S. M. (2004). Memory Processes of Flight Situation Awareness: Interactive Roles of Working Memory Capacity, Long-Term Working Memory, and Expertise. *Human Factors, 46*, 461-475.
- Stokes, A. F., Kemper, K., & Kite, K. (1997). Aeronautical decision making, cue recognition, and expertise under time pressure. In C. E. Zsambok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic decision making* (pp. 183-196). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Zsambok, C. E. & Klein, G. (Eds.). (1997). *Naturalistic decision making*. Mahwah, NJ: Lawrence. Erlbaum.

원고접수: 09.02.07
수정접수: 09.03.09
게재확정: 09.03.17