한국심리학회지 : 산업 및 조직
Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology
2003. Vol. 16, No. 3, 155-174

# 전문성과 작업기억 부하량이 조종사의 상황인식에 미치는 영향

손 영 우† 박 수 애

연세대학교 심리학과 연세대학교 인간행동연구소

본 연구의 목적은 상황인식과제로 인한 작업기억 요구량을 평가하고 작업기억 부하량에 영향을 주는 상황 복잡성을 조작하여 조종사의 상황인식이 달라지는 지를 알아보는 것이다. 또한 조종사의 상황인식은 비행전문성에 의해 영향을 받으므로 23명의 학생조종사와 17명의 교관조종사를 대상으로 연구를 실시하였다. 본 연구에 사용된 독립변인은 전문성(전문가, 초보자; 피험자간 변인)과 과제의 수(이중과제, 단독과제; 피험자내 변인), 상황복잡성(단일, 이중-의존, 이중-독립; 피험자내 변인), 그리고 목표-상황 관계 유형(반대방향, 목표미달, 목표초과)이었다. 종속변인으로 설정한 조종사들의 상황인식 수준은 판단 민감도와 반응편파 지수로 측정하였으며, 판단반응시간을 이차적인 상황인식 수행능력의 지표로 사용하였다. 연구결과에 따르면 비행 상황인식은 전문성과 상관없이 많은 양의 작업기억을 요구하는 복잡한 과제임이 밝혀졌으며, 이중-독립 상황에서 목표-상황 일치자극에 대해 가장 많은 작업기억 용량이 소모되는 것으로 나타났다. 또한 예측대로 전문가들이 초보자보다 전반적으로 높은 상황인식 수준을 보였고, 이중과제 시행에서보다 단독과제 시행에서 상황인식이 잘 되었다. 또한 이중-독립 상황보다 작업기억 요구량이 상대적으로 더 적었던 이중-의존 상황에서의 상황인식 수준이 높았다. 이 효과는 참가자들이 상호 의존적인 비행 요소들을 하나의 연합된 단위로 통합함으로써 독립적인 비행단위들보다 추적하기가 쉽기 때문에 발생한 것으로 여겨진다. 그러나 이런 결과 패턴은 이중과제 수행에서는 나타나지 않았는데 이는 부가과제가 인지적인 자원을 너무 많이 요구함으로 비행 요소들 간의 상호작용성을 다루는 전문가들의 효율성을 억제했기 때문으로 해석된다.

주요어 : 조종사, 전문성, 상황인식, 작업기억

† 교신저자 : 손영우, 연세대학교 심리학과, ysohn@yonsei.ac.kr

## 서 론

인지적 이론의 맥락 속에서 사람들의 수행을 분석한 연구들은 문제해결에 필요한 인지적 사전조건을 결정하는데 유용한 결과들을 제시하여 왔다(e.g., Adams, Tenny, & Pew, 1995; Card, Moran, & Newell, 1983; Doane, Mannes, Kintsch, Polson, & Clawson, 1992; Doane & Sohn, 2000; Doane, Sohn, Adams, & McNamara, 1994, Doane, Sohn, McNamara, & Adams, 2000; Polson & Lewis, 1990; Sarter & Woods, 1991; Sohn & Doane, 1997). 예를 들어 UNIX 운용체계와 항공기 운항에 관한 이전 연구는 컴퓨터 사용자와 항공기 조종사들이 복잡한 명령을 내려야 하며, 또한 복잡한 조작을 해야하는 어려움을 이해하는데 이해 이론(comprehension theory, Kintsch, 1988)에 근거한 이론적 분석을 실시하였다(참조, Doane & Sohn, 2000; Doane et al., 1992, 1994; Doane et al., 2000; Sohn & Doane, 1997). 이런 이론적 접근은 컴퓨터 사용자와 조종사들이 복잡한 과제를 수행하면서 부딪치게 되는 여러 가지 문제들의 인지적 소재를 결정하는데 많은 성과를 얻었다.

본 연구에서 이론적인 관심의 대상은 복잡한 인지적 과제수행에서 작업기억이 어떤 역할을 하는 가이다. 작업기억의 중요성은 물리(e.g., Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980)나 언어이해(e.g., Just & Carpenter, 1992), 의학(e.g., Groen & Patel, 1988), 그리고 컴퓨터 문제해결(e.g., Sohn & Doane, 1997)과 같은 다양한 영역에서 증명되어 왔다. 이런 과제들을 성공적으로 수행하려면, 일련의 정보를 연산, 처리하고, 처리 중 발생하는 중간 결과들을 일정기간 저장해야 한다(Baddeley, 1986; Carpenter & Just, 1989). 인지적 과제를 수행하는데 이런 처리와 저장능력이 필요하다는 사실에 근거하여, 복잡한 과제수행에서 나타나는 개인차이 중 많은 부분이 처리와 저장 능력을 충족시키는 다양한 능력의 차이 때문이라고 설명되어 왔다(Daneman & Carpenter, 1980; Daneman & Merikle, 1996; Daneman & Tardif, 1987; Engle, Cantor & Carullo, 1992; Just & Carpenter, 1992; Shah & Miyake, 1996). 과제가 요구하는 처리와 저장 수준이 한 개인이 사용할 수 있는 능력을 초과할 때 처리와 저장기능은 저하된다.

본 연구의 관심은 작업기억에 대한 요구량이 복잡한 인지적 과제수행에 미치는 영향이다. 이를 위해서 본 연구는 조종사들을 대상으로 상황인식 과제로 인한 작업기억 요구량을 평가하고 조종사들의 상황인식 과제수행이 비행전문성과 상황복잡성에 의해 어떻게 영향받는 지를 알아보고자 한다.

### 상황인식에서의 인지적 요소

비행에서의 상황인식은 작업기억에 과중한 부담을 주는 복잡한 인지과제이다. 상황인식은 조종사들과 관제사들이 비행상황에 대한 인식 부족으로 발생한 사건/사고의 특성을 설명하기 위해 만들어진 용어이다(Sarter & Woods, 1995). 상황인식이라는 용어는 항공분야에서 다양한 의미로 사용되고 있긴 하지만, 상황인식의 수행에는 인지적인 특성이 대단히 많기 때문에 상황인식을 항공기 조작의 인지적 요소로 보는 관점이 주류를 이루고 있다. 따라서 항공 심리학을 다루는 연구자들은 상황인식을 구성하는 인지적인 필요요건과 영향요인을 밝혀내려 노력하여 왔다.

#### 상황인식의 정의

상황인식을 정의할 때 가장 통용되는 관점으로 Endsley(1995)는 인지적 과정의 요소에 따라 상황인식의 세 가지 수준을 규정하였다. 첫 번째

수준은 다른 비행기, 지형지물, 시스템의 상태 그리고 경고 등과 같이 환경에 존재하는 요소들을 지각하는 수준이다. 이 수준은 초보수준을 포함한 대부분의 비행 기술 수준에서 쉽게 달성된다. 두 번째 수준은 정보의 통합을 포함한다. 이 수준에서는 지각된 상황적 요소들을 장기기억의 지식 구조를 활성화시켜 의미있고 재인가능한 형상으로 구성해 낸다. 작업기억에서 이루어지는 현 상황에 대한 집중적인 평가가 이런 장기기억 지식 구조를 활성화시킨다. 세 번째 수준은 앞으로의 상태와 활동에 대한 계획을 포함한다. 이는 목표를 마음에 간직한 상태로 관련된 정보와 활성화된 지식구조가 비행기의 상태를 예언하는데 어떻게 사용되는 가에 대해 설명해준다. 두 번째와 세 번째 수준의 상황인식에 필요한 가장 중요한 특성이 바로 작업기억이다.

이와같이 상황인식에는 복잡한 인지적 활동에서 관찰할 수 있는 다양한 과정이 포함되어 있으며 상황인식은 작업기억과 장기기억에 존재한다고 볼 수 있겠다. 상황인식의 정확성은 수집되는 정보로부터 비행기 상태를 해석하고 예측하는 데 필요한 장기기억의 지식구조와 그 활성화, 그리고 응집적이고 해석 가능한 형태의 정보가 얼마나 사용가능한가에 근거한다. 따라서 조종사들이 수행해야 하는 복잡한 과제를 인지적 분석하는 것은 상황인식의 특성을 포착하는데 매우 도움이 될 것이다.

### 상황인식에서의 기억과정에 대한 선행연구

상황인식의 복잡한 인지적 특성을 생각해보면, 상황인식을 구성하는 인지적 과정에 대한 경험적 연구는 상황인식을 관찰 가능한 설명적 구조로 만드는데 핵심적인 역할을 한다. 그러나 이에 대한 연구는 별로 없다. Caretta, Perry와 Ree(1996)는 미국공군의 F-15 조종사들을 대상으로 상황인식의 심리적 결정요소들을 조사하였다. 연구자들은 인지적 요소, 정신운동 요소, 그리고 성격적 요소들을 사용하여 상황인식에 대한 상관과 동료들의 평가를 예측하였다. 그 결과, 4가지 인지적 요소, 두 가지 심리운동 요소, 그리고 한가지 성격적 요소가 상황인식 수준을 예측하는 요소로 밝혀졌다. 인지적 요소는 언어적 작업기억, 공간적 작업기억, 공간적 추론, 그리고 분리된 주의였으며 정신운동 요소는 조준과 주의 관련 반응시간과 비율통제였다. 성격적 요소는 의식성이었다. 비행경험을 통제하였을 때 네 가지 인지적 요소만 신뢰로운 예측변인으로 남았다.

Caretta 등(1996)이 상황인식을 예측하는 요소로 단기기억에 근거하는 인지적 요소들만을 사용하였는데 비하여 Stokes, Kemper와 Kite(1997)는 단기기억 근거 정보처리 능력뿐만 아니라 장기기억 지식표상도 함께 사용하여 모의 비행 상황에서의 의사결정 최적화를 예측하였다. 이 연구에서 사용된 장기기억 근거 지식표상 검사는 항공기 관제내용에 대한 회상과 재인 과제였다. 관제 회상과제에서는 참가자들은 의미있는 내용과 무선적인 무선 내용을 듣고 이를 기억해서 재구성하도록 하였다. 관제 재인과제는 회상과제와 유사하나 무선방송 내용 자체를 그대로 재구성하기보다는 그 내용이 의미하는 상황에 대한 적절한 도표를 선택하는 것이었다. 단기기억 근거 검사로는 작업기억에서 단기적 처리의 효율성에서의 개인차를 알아낼 수 있도록 고안된 공간적 그리고 논리적 추론, 심리동작 기술, 집중된 그리고 분할된 주의에 대한 영역-독립적 척도가 사용되었다. 참가자들은 시나리오들을 보고 각 상황에 대한 의사결정을 하였다. 피험자들이 내린 의사결정의 최적성 수준은 그 분야의 전문가들이 평가하였다. Stokes, Kemper와 Kite(1997)에 의하면 비행 시 의사결정 수준을 예측하는데 장기

기억 근거 지식 표상 척도와 단기기억 근거 공간 기억 척도가 효과가 있었으며 후자는 경험있는 조종사들의 의사결정을 더 잘 예측하였다.

상황인식의 인지적 선행요소를 밝히기 위해서 Doane, Sohn과 Jodlowski(2003)등은 상황인식에 미치는 작업기억과 조종사의 전문성, 그리고 과제 복합성 영향을 조사하였다. 상황인식을 측정하기 위하여 초보자와 전문가 조종사는 조종실 디스플레이를 먼저 보고 다음으로 통제조작을 묘사한 진술문을 제시하여 주었다. 그리고 비행상황에서의 변화를 묘사한 내용의 글을 본 다음 이전에 보여주었던 조종실 상황에서의 통제조작을 했을 때 기대되는 변화와 일치하는 지를 질문하였다. 이 과제를 하기 위해서는 조작내용을 작업기억에서 기억하고 있어야 하며, 조작이 현재의 비행상황에 어떤 영향을 줄지를 이해하기 위해서는 비행에 관한 배경지식을 사용해야 한다고 가정되었다. 이런 가정 하에 주어진 과제의 복잡성이 증가하면 상위수준의 상황인식을 구성하고 유지하기 위해 필요한 작업기억 용량이 증가할 것이다. Doane 등(2003)은 전문 조종사의 상황인식은 과제 구성요소들이 연합된 단위로 조직화될 수 있는 복잡한 조건에서 더 우수함을 발견하였다. 이러한 발견은 장기기억에서의 비행 지식에 대한 효율적인 조직이 전문가로 하여금 작업기억에 대한 부담을 기능적으로 감소시켰음을 제안한다.

## 상황인식의 측정

상황인식에 대한 정보 처리적 관점에 따라 본 연구에서는 상황인식을 여러 정보원에 걸친 정보를 지각하고 현재의 비행 상황에 대한 응집적인 정신적 표상을 형성하도록 지각된 다양한 정보를 통합하고, 가까운 미래에 항공기의 상태를 예상하는 능력으로 정의하고자 한다(Dominguez, 1994; Endsley, 1995). 상황인식을 과학적으로 이해하기 위해서는 형식적인 정의도 필요하지만 경험적인 측정도 필수적이다.

일반적으로 사용되는 상황인식의 경험적 측정 방법은 세 가지로 주관적 척도, 질문법, 암묵적 수행척도이다(Durso & Gronlund, 1999). 주관적 척도는 시스템을 조작하는 사람에게 스스로 자기 평가를 하도록 하는 것이다(e.g., Taylor, 1990). 이런 자기보고 척도에 대해서 여러 인지 심리학자들이 그 타당성에 의문을 제기하여 왔다(e.g., Nisbett & Wilson, 1977; Russo, Johnson, & Stephens, 1989). Adams 등(1995)에 따르면 가장 보편적으로 사용되는 방법은 질문법이다(e.g., Endsley, 1990). 이 방법은 모의 과제를 무선적인 지점에서 중단시키고 화면이 빈 상태에서 그 상황에 대해 질문하는 것이다. 얼마나 정확한 답을 하는 가가 종속 변인이 된다. 질문법은 상황에 대한 정보를 회상하는 능력을 측정한다. 그러나 이 방법은 과제수행을 방해하며 기억에 너무 많이 의존한다는 문제점이 있다. 마지막으로 암묵적인 수행척도는 다양한 수행지표들을 상황인식을 측정하는 척도로 사용하는 것이다. 예를 들어, 상황인식은 조종사가 상황인식을 잘 할 때는 수행이 좋으나 상황인식이 부족하면 수행이 저조해 지는 그런 하위과제들에 대한 수행으로 측정할 수 있다(e.g., Wickens, 1995, 1996, 1999a, 1999b).

본 연구에서는 상황인식을 측정하기 위해 수정된 질문법을 사용하였다. 실험자가 가능한 방해를 하지 않고 기억요소를 감소시키는 방향으로 수정되었다. 참가자는 실험자의 방해 없이 자신의 마음대로 자극에 반응하도록 실험을 설계하였다. 이 수정된 방법에서는 상황인식이 모든 관련된 정보에 대한 기억에 접근해야할 필요가 없다. 조종사의 상황인식을 측정하기 위해 컴퓨

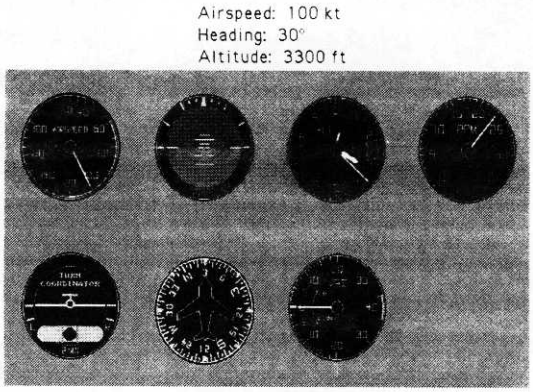



그림 1-a. 첫 번째 자극화면

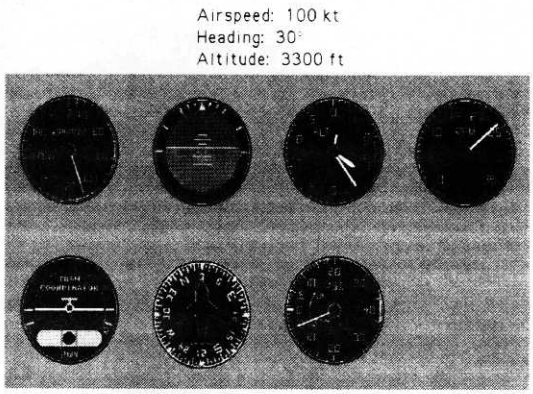



그림 1-b. 두 번째 자극화면

터로 두 장의 화면을 제시하여 주었다(그림 1-a와 그림 1-b). 컴퓨터로 제시한 첫 번째 화면(그림 1-a)에는 윗부분에 목표에 대한 설명이 제시되어 있고 아래에는 비행기의 현상태를 알려주는 조종계기 들이 제시되어 있다. 목표설명은 비행기가 얼마 후에 도달해야하는 상태를 제시하는 것이다. 두 번째 화면(그림 1-b)에서는 첫 화면에서 제시되었던 목표에 대한 설명은 동일한 위치에 그대로 제시되고 변화된 새로운 비행기의 현재 상태를 알려주는 변화된 조종계기 화면이 아래 첨가되어 제시되었다.

참가자가 해야하는 과제는 연속적인 두 화면으로 제시된 비행기가 5초 동안 아무런 조작없이 그대로 비행을 한다면, 화면 위에 제시된 목표상태를 달성할 수 있을 지를 판단하는 것이다. 실험과제와 세부적인 절차에 대한 상세한 설명은 나중에 제시될 것이다.

실험자가 중단을 시키게 되는 앞서 언급한 질문법의 문제점을 피하기 위하여 참가자는 실험자의 중간개입 없이 자신의 속도에 따라 자극에 반응하였다. 기억에 대한 불필요한 요구를 감소시키기 위하여 의사결정을 할 때 현재의 비행상황을 보여주는 두 번째 화면을 그대로 제시하였다. 이 방식은 Durso 등(1999)에 의해 제시된 상황-현재 평가 방법( Situation-present assessment method, SPAM)과 유사한 것이다. 또한 기억에 대한 요구를 감소시키기 위하여 다른 질문법에서처럼 한 장면에서 여러 가지 판단을 하도록 요구하지 않고 한번의 시행에서는 한 가지 판단만을 하도록 하였다.

본 연구에서 참가자의 과제는 상황인식을 정의하는 인지적 요소의 세 수준을 반영한다(Dominguez, 1994; Endsley, 1995). 이 과제를 성공적으로 수행하기 위해서는 다양한 계기들을 통해 상황요소의 변화를 지각해야만 하고, 지각된 변화의 의미를 해석하고 이해해야 한다. 그리고 목표상태를 인식한 상태에서 이런 변화가 미래에 무엇을 의미하는 지를 예측해야 한다.

## 연구의 개요

본 연구는 상황인식과제로 인한 작업기억 요구량을 평가하고 조종사의 전문성과 작업기억 부하량이 상황인식수행에 미치는 영향을 알아보

고자 하는 것이다. 이를 위해서 학생 조종사와 교관 조종사를 대상으로 실험을 실시하여 초보자와 전문가간의 차이를 살펴보았다. 또한 상황인식 과제 수행에서의 작업기억 부하 효과를 측정하기 위해 이중과제 패러다임(e.g., Baddeley & Hitch, 1974)을 사용하였다. 단일과제 시행에서는 참가자들은 상황인식과제만을 하면 되었다. 이중과제 시행에서는 상황인식과제에서 사용되지 않는 작업기억 자원을 평가하기 위해서 부가적인 과제를 하도록 했다. 이중과제 시행에서 참가자들에게 메트로놈에 따라 동일한 속도(초당 1번)로 7개 요일이름을 무선적으로 소리내어 말하도록 요청하였다(예, 일요일, 금요일, 화요일 등 (Baddeley, 1966; Evans, 1978; Logie, Baddeley, Mane, Donchin, & Sheptak, 1989). 이러한 요일말하기 과제는 참가자들이 이전에 말한 요일이 무엇인지를 기억하고 있다가 말하지 않은 요일을 생각해내어 말해야 하기 때문에 작업기억의 용량과 처리과정을 점유하게 된다고 가정된다. 요일순서가 무선적이 되지 않는 정도는 작업기억 부하량에 대한 척도로 사용된다. 즉, 부하량이 증가하면 무선도 수준은 감소하고 참가자들은 더욱 반복적인 순서로 요일을 이야기하기 시작한다(예, 일요일, 월요일, 화요일, 일요일, 월요일, 화요일). 만일 상황인식 과제를 수행하는데 작업기억이 결정적인 역할을 한다면, 요일말하기의 무선도 수준이 유의하게 감소할 것이다.

상황인식을 잘 하기 위해서는 조종사들은 비행상황의 복잡성에 대처해야한다(Adams et al., 1995; Endsley, 1995; Doane et al., 2003). 상황인식에 있어서 비행 상황의 복잡성의 역할을 검증하기 위해서 복잡성은 두 장의 계기판 사진간에 차이를 증가시켰다. 그 차이를 이해하기 위해서는 조작 행동의 수가 달라야 한다. 그리고 조작행동간의 상호활동성 정도를 변화시켰다. 조작행동은 조종사가 반드시 추적하고 있어야 하는 조종요소이기 때문에 조작행동의 수를 증가시키고 그 상호행동성의 정도를 증가시키는 것은 비행상황 복잡성과 조종사의 인지적 부하에 영향을 줄 것이다. 참가자들은 비행상황 복잡성 세 조건을 모두 수행하였다. 첫째, 단일 조건은 비행기가 목표상태에 도달하기 위해서는 한번의 조작행동이 필요한 상황(예, 고도변화-조종간만 조작)이며, 둘째, 이중-독립 조건은 서로 직접적으로 영향을 주지 않는 두 개의 조작행동이 필요한 상황(예, 속도변화와 고도변화-엔진출력조절과 조종간 조작)이다. 셋째, 이중-의존적 조건은 직접적으로 서로 영향을 주는 두 개의 조작행동이 필요한 상황(예, 고도변화와 방향변화-조종간과 방향타 페달조작)으로 조작하였다. 조종사들의 전문성을 초보자와 전문가 두 수준을 선정하였으며, 과제 수행 수(이중과제, 독립과제)를 참가자내 변인으로 조작하였다. 그리고 상황의 복잡성이 세 수준으로 조작하였다(단일, 이중-독립적, 이중-의존적).

마지막으로 판단자극의 특성에 따라 작업기억의 부하량이나 상황인식 수준이 달라질 수 있으므로 판단자극의 특성을 변화시켰다. 앞서 설명했듯이 참가자들이 해야하는 상황인식 과제는 비행기의 현 상태를 알려주는 정보에 기초하여 비행기가 목표상태에 도달할 것인가를 판단하는 것이다. 따라서 비행기의 현 상태를 알려주는 두 장의 화면정보를 변화시켜 현 상태와 목표상태간의 관계를 변화시켰다. 이처럼 목표-상황 관계 유형은 크게 두 가지로 나뉘는데 현재의 상태를 유지하면 목표상태에 도달하게 되는 목표-상황 일치 자극조건과 현재의 상태를 유지하면 비행기가 목표상태에 도달하지 못하는 목표-상황 불일치 자극조건이다. 일반적으로 비행기가 목표상태에 도달하지 못하게 되는 원인을 세 가지이다.

1) 비행기가 목표상태의 반대방향으로 움직임("반대방향"), 2) 목표상태가 되기 위해서는 움직여야 하는데 현 상태를 그대로 유지함("목표미달"), 3) 현 상태를 유지해야 하는 조건에서 움직여 목표상태를 지나가게 됨("목표초과"). 따라서 본 연구에서도 목표-상황 불일치 자극조건을 다시 위와 같은 세 유형으로 나누어 구성하였다.

본 연구에서는 조종사들의 상황인식 수행정도를 세 가지 척도로 측정하였다. 상황인식 과제를 수행하게 하여 조종사들의 판단민감도(d'), 판단편파, 그리고 판단반응시간을 수행 측정치로 측정하였다. 그리고 목표-상황 일치자극에 대한 올바른 판단과 목표-상황 불일치자극에 대한 잘못된 판단을 d'와 편파 점수를 계산하는데 필요한 적중률과 오경보율 수치로 사용하였다(Green & Swets, 1966).

## 연구방법

### 실험 참가자

본 실험의 참가자들은 일리노이대학의 Institute of Aviation 소속 조종사들이었다. 23명의 학생 조종사들과 17명의 교관 조종사들은 25달러의 수당을 받고 실험에 참가하였다. 학생 조종사들의 평균 비행시간은 44.2시간이었으며, 최근 90일간의 평균 비행시간은 16.9시간이었고, 평균적으로 1.9회의 비행을 하였다. 반면에 교관 조종사들의 평균 비행시간은 1222.6시간이었으며, 최근 90일 동안의 평균 비행시간은 33.0시간, 평균 비행횟수는 9.1회였다. 학생 조종사들의 자료는 초보자의 결과로, 교관 조종사들의 자료는 전문가의 자료로 분석되었다.

### 실험자극

본 실험에서는 PsyScope 프로그램을 사용하여 맥킨토시 컴퓨터로 상황인식 과제를 수행하도록 하였다. 컴퓨터 화면으로 한 화면 안에 과제목표와 비행 계기판이 함께 제시되어 있는 두 장의 화면을 차례로 제시하여 주고 상황인식 과제를 수행하도록 하였다. 과제목표는 제시된 두 장의 화면을 바탕으로 대략 5초 정도 뒤의 비행기 상태가 목표로 제시된 3가지 비행요소(비행속도 90kt, 방향 180°, 고도 3500ft)와 일치된 상태가 될 것인지를 판단하는 것이라고 설명하여 주고 두 장의 화면 맨 위에 목표상태인 3가지 비행요소(속도, 방향, 고도) 상태를 제시하여 주었다. 두 장의 비행계기판 그림화면은 방금 전과 현재의 비행기 상태를 보여주는 것으로 진행방향, 고도, 비행속도, 그리고 회전율과 상승률을 7개의 계기로 보여주는 것이다.

먼저 제시된 계기판 화면은 비행기를 조종하는 어떤 조작행동을 하기 전의 비행기 상태를 보여주는 것이다. 두 번째 계기판 화면은 첫 사진의 비행기 상태에서 한 가지 혹은 두 가지 비행조작행동을 한 뒤 달라진 현재 비행기 상태를 나타내는 계기판 화면이다(실제 비행에서 대략 5초 후 발생상태). 이 두 장의 연속적인 화면으로 현재 진행되고 있는 비행기의 상태에 대한 정보를 얻을 수 있다. 예를 들어 첫 번째 화면에서의 비행속도가 90kt였는데 두 번째 화면에서의 비행속도가 100kt라면 현재 비행속도가 증가하고 있음을 알 수 있다. 비행기 상태가 어떻게 변하는지의 정보를 제공하여 주는 두 번째 화면에서 어떤 계기의 수치를 변화시킬 것인가는 조종 상황복잡성(단일, 이중-의존, 이중-독립)의 조건에 따라 계기들의 상태를 다양하게 조합하여 제시하여 주었다.

참가자들에게 주어진 상황인식 과제는 사진으로 제시된 비행기가 5초 후에 주어진 목표에 근접해갈 것인가를 결정하는 것이다. 즉, 참가자는 비행기의 미래 상태가 주어진 목표상태와 일치할 것인지 혹은 일치하지 못할 것인지를 결정하는 것이다. 비행기가 목표상태에 도달하지 못하는 목표-상황 불일치 자극에서는 속도, 방향, 고도 세 가지 중 한 가지를 목표상태에 도달하지 못하도록 자극화면을 만들었다. 목표-상황 불일치 자극은 다음 3가지 종류로 만들었다. 1) 한 비행요소가 제시된 목표의 반대 방향으로 가도록 수정됨(반대방향). 2) 한 비행요소가 목표에 미달하도록 동일한 상태를 유지하도록 함(목표미달). 3) 목표를 달성하기 위해서는 현재의 상태를 유지해야 하는 비행요소를 변화시켜 미래에 목표를 벗어나도록 함(목표초과).

예를 들어, 목표 고도가 3500ft라고 할 때, 반대방향 자극의 경우 목표달성을 위해서는 고도가 3400ft에서 3450ft로 증가해야 하나 첫 번째보다 고도가 3350ft로 감소된 화면을 두 번째로 보여주었다. 목표미달 시행에서는 목표달성을 위해서는 고도가 3400ft에서 3450ft로 증가해야하는 두 번째 화면에서 첫 번째와 동일한 3400ft의 고도를 제시하여 주었다. 목표초과의 경우에는 고도는 3500ft로 바람직한 상태를 유지하고 있으나 수직속도계기(Vertical Speed Indicator)는 고도가 계속 증가하고 있음을 보여주는 두 번째 화면을 제시하여 주었다. 이런 상태가 지속되면 5초 후에는 제시된 목표를 초과하게 된다.

## 절차

실험은 2일에 걸쳐 실시되었다. 모든 참가자는 실험 첫날 50번의 단독과제 시행에 참가하였다. 그리고 이튿날 50번의 이중과제 시행을 수행하였다. 단독과제 시행에서 참가자는 목표수치와 비행 계기판들로 구성된 두 장의 화면을 한 장씩 차례대로 보았다. 첫 화면의 맨 위에는 목표상태를 나타내는 비행수치들이 제시되고 그 아래로 비행상황을 보여주는 조종실 사진이 20초 동안 제시되었다. 첫 번째 사진화면이 사라지고 나면 두 번째 사진화면이 제시되었는데 첫 번째와 마찬가지로 목표수치가 화면 위 부분에 제시되고 그 아래로 현재의 변화된 비행 상황을 알려주는 비행 계기판 화면을 20초 동안 제시하여 주었다.

상황인식 과제는 비행 계기판 화면으로 제시된 항공기가 부가적인 조작행동 없이 5초 정도 후에 수치로 제시된 목표상태에 도달할 것인가를 판단하는 것이다. 참가자들은 제시된 두장의 화면을 근거로 비행기가 목표상태에 도달할 수 있는 가의 여부를 "C(Consistent)"와 "I(Inconsistent)"로 표시된 자판을 눌러 표시하였다. 그리고 나면 다음 시행이 시작되었다. 참가자들은 실험 시작 전에 이 절차에 익숙해지도록 7번의 연습시행을 하였다. 연습시행에서는 판단의 정확성에 대한 피드백을 주었으나 실제 실험에서는 피드백을 주지 않았다.

이중과제 시행에서 참가자들은 상황인식 과제로 인한 작업기억의 부하량을 평가하기 위한 부가적인 과제를 동시에 수행하였다. 즉, 상황인식 과제를 수행하면서 7개의 요일 이름을 가능한 무선적으로 말하도록 참가자들에게 요청하였다. 상황인식 과제시행을 시작할 때마다 화면에는 메트로놈에 맞추어 요일의 이름을 무선적으로 큰 소리로 말하도록 하는 지시문이 제시되었다. 이중과제 시행에서의 모든 시행은 요일말하기 과제를 시작하고 나서 5초 정도 후에 상황인식 과제를 시작하는 순서로 진행되었다. 그 외 모든 실험절차는 단독과제 시행과 동일하였다. 이 절

차에 익숙해지도록 참가자들에게 3번의 연습시행 기회가 주어졌고 연습시행에서는 상황인식 판단에 대한 피드백을 제공하여 주었다. 그러나 실제 실험에서는 판단결과에 대한 피드백이 제시되지 않았다.

이중과제 연습시행을 시작하기 전에 참가자들은 요일말하기 과제를 30초 동안 수행하였다. 이 통제시행에서의 평균수행점수는 각 개인별 요일말하기 과제 수행 능력의 기저선으로 이후 결과분석에서 사용하였다. 즉, 요일말하기 과제만을 수행한 경우와 요일말하기 과제를 부가과제로 수행했을 때의 수행차이는 상황인식과제를 하는데 사용된 작업기억 수준에 대한 지표로 해석된다.

단독과제와 이중과제 시행은 첫째 날과 둘째 날에 각각 시행되었으며 조종 상황복잡성의 세 수준, 단일조건과 이중-의존조건, 그리고 이중-독립조건의 각 상황은 이틀 동안 각각 같은 빈도로, 무선적으로 실시되었다. 그리고 상황인식 판단의 정확성과 반응시간을 기록하여 분석에 사용하였다.

## 결 과

본 연구의 목적은 상황인식과제로 인한 작업기억 요구량을 평가하고 조종사의 상황인식이 비행전문성과 상황의 복잡성에 의해 영향을 받는 지를 알아보기 위한 것이었다. 상황인식 과제의 작업기억 요구량을 측정하기 위해서 요일말하기 과제의 무선도 수준을 계산하였다. 그리고 조종사의 상황인식 수준을 측정하기 위해서 목표달성 여부판단의 정확성을 적중률(목표달성 자극을 목표달성할 것이라고 정확한 판단)과 오경보율(목표달성하지 못하는 자극을 목표달성할 것이라고 잘못 판단한 경우)에 근거하여 판단 민감도(d')와 반응편파를 계산하였다. 판단반응시간은 이차적인 상황인식 수행능력의 지표로 사용하였다. 먼저 상황인식 과제를 수행하기 위해 요구되는 작업기억량을 평가한 결과부터 논의하고자 한다.

### 요일말하기 과제의 분석

#### 요일말하기 과제의 무선도지수 계산

이 지수계산법은 Tulving (1962)과 Evans (1978)에 의해 개발된 것으로 0부터 1사이의 값을 갖는다. 값이 작을수록 무선도 수준이 높은 것을 의미한다. 요일이름을 무선적으로, 한번에 한 개씩, 중복되지 않게 서로 다른 순서로 이야기하면 이 점수는 0이 된다. 그리고 동일한 반응순서를 반복해서 무선도 수준이 낮을수록 점수가 높아진다. 이 지수를 작업기억의 부하량 척도로 사용하였다.

#### 통제와 이중과제 시행에서의 무선도지수

이중과제를 시작하기 전에 요일말하기 과제의 기저수준을 측정하기 위하여 요일말하기 과제만 실시하였다. 이 통제시행에서의 무선도지수를 기저값으로 사용하여 상황인식과제와 함께 실시된 (이중과제 조건에서) 요일말하기 과제에서의 무선도지수와 비교하였다. 이때 상황인식과제를 정확하게 수행한 시행에서의 지수만을 분석하였다. 통제조건 무선도지수와 이중과제 수행에서의 무선도지수간의 차이점수를 상황인식 과제에 의한 작업기억 요구량 척도로 사용하였다.

표 2는 초보자와 전문가들의 통제시행과 이중과제 시행에서의 평균 무선도지수이다. 표 2의 값을 살펴보면, 초보자와 전문가 집단의 무선도지수 간의 차이가 없으며 단지 이중과제 시행에

표 1. 통제와 이중과제 시행에서의 초보자와 전문가의 평균 무선도지수

| | 초보자 | 전문가 |
|---|---|---|
| 통제 (기저수준) | .25(.07) | .24(.07) |
| 이중과제 | .36(.09) | .34(.11) |

괄호 안은 표준편차

서 평균값이 증가하였음을 알 수 있다. ANOVA 분석에서도 과제유형(통제 대 이중)의 주효과가 유의하였으며($F(1, 38)=29.12$, $p<.01$), 전문성의 주효과는 없었다($F<1$). 이 결과는 상황인식과제가 전문성과 상관없이 많은 양의 작업기억을 요구한다는 가설과 일치한다.

### 전문성과 상황복잡성이 무선도 수준 지수에 미친 영향

그림 2는 이중과제 시행과 통제시행에서의 무선도지수 간의 차이점수가 목표-상황 관계유형, 상황복잡성, 전문성에 따라 달라지는 지를 보여준다. 이 세 변인이 작업기억 부하량에 미치는 효과를 알아보기 위하여 이중과제 시행과 통제시행의 무선도지수 간 차이점수에 대한 ANOVA 분석을 실시하였다. 조종사 전문성과 목표-상황 관계유형, 그리고 상황복잡성의 주효과는 없었다($Fs<1$). 그러나 목표-상황 관계유형과 상황복잡성의 상호작용은 유의하였다($F$ (2, 72)$=3.81$, $p<.03$). 각각의 상황복잡성 수준에서 목표-상황 일치자극과 목표-상황 불일치자극 간의 직교대비를 한 결과는 무선도지수가 이중-독립적인 상황에서 목표-상황 일치자극에 대한 상황인식 판단을 할 때 목표-상황 불일치자극에 대한 판단을 할 때보다 유의하게 무선도지수가 증가하였다($F(1, 37)=4.32$, $p<.05$). 그러나 단일상황이나 이중-의존 상황에서는 목표-상황 관계유형에 따른

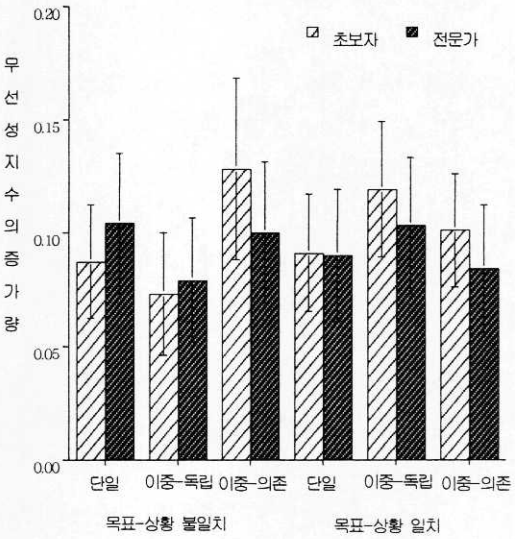



그림 2. 목표-상황 관계유형과 상황복잡성에 따른 전문가와 초보자의 평균 무선도지수 증가량(통제시행(기저수준 기준)과 이중과제 시행간 차이)

차이가 없었다($Fs<2$). 이러한 결과는 이중-독립적 상황에서 목표-상황 불일치자극보다 목표-상황 일치자극에 대한 상황인식을 하는 것이 더 많은 작업기억 용량을 소모함을 의미한다.

## 상황인식 수행에 대한 분석

### 상황복잡성에 따른 판단 민감도

참가자들이 제시된 비행기가 목표상태를 달성할지의 여부 판단에 대한 민감도(d')는 적중률(목표-상황 일치자극에 대한 정확한 판단)과 오경보율(목표-상황 불일치자극에 대한 틀린 판단)로 계산해 내었다(Green & Swets, 1966). 민감도가 높을수록 정확한 판단을 한다는 것을 의미한다. 그림 3은 과제유형(단독, 이중)와 상황복잡성(단일, 이중-독립, 이중-의존)에 따른 초보자와 전문가의 d'를 보여준다. 적중률과 오경보율은 상황복잡성

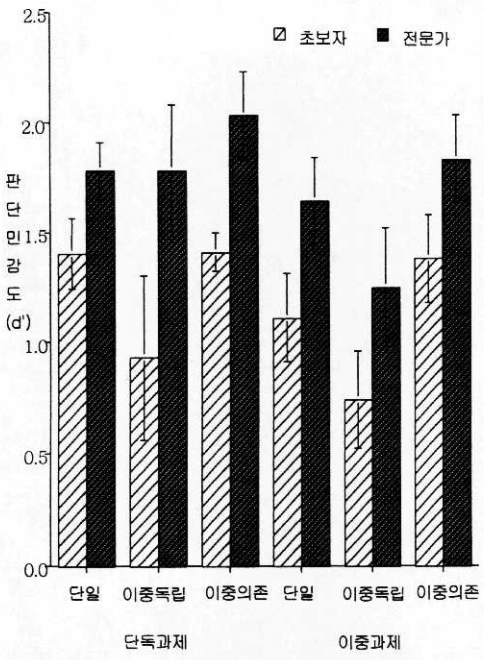



그림 3. 상황복잡성과 과제유형에 따른 전문가와 초보자의 평균 판단민감도(d′)

수준에 따라 각각 계산하였다.

전문성와 과제유형, 상황복잡성에 따른 d'값의 차이에 대한 ANOVA분석을 실시하였다. 전문성의 주효과가 유의하여($F(1, 38)=6.33$, $p<.02$), 전문가들이 초보자보다 전반적으로 판단 민감도가 높았다. 또한 이중과제 시행에서보다 단독과제 시행에서 판단민감도가 더 높았다($F(1, 38)=3.81$, $p<.05$). 상황복잡성의 주효과도 유의하였다 ($F(2,76)=7.51$, $p<.01$). 상황복잡성 수준들간의 직교 대비를 실시한 결과, 이 주효과가 이중-독립 상황보다 이중-의존 상황에서의 민감도가 높은 효과 때문임을 알 수 있었다($F(1, 38)=11.10$, $p<.01$). 이 효과는 참가자들이 상호 의존적인 비행 요소들을 하나의 연합된 단위로 통합함으로써 독립적인 비행단위들보다 추적하기 쉽게 구성했기 때문으로 여겨진다.

전문가와 초보자 집단에서 평균 d' 값을 비교했을 때, 단독과제 시행에서의 이중-의존 상황에서 두 집단간 차이가 유의하였다($F(1, 38)=8.51$, $p<.01$). 그러나 다른 상황에서는 차이가 없었다. 이는 전문가들이 상호의존적인 비행 요소들을 포함하는 과제에서 초보자들 보다 우수함을 보여준다. 그러나 이런 결과 패턴은 이중과제 수행에서는 나타나지 않았다. 아마도 이는 이중과제를 수행하는 것이 인지적인 자원을 너무 많이 요구함으로 비행 요소들간의 상호작용성을 다루는 전문가들의 효율성을 억제했기 때문인 것 같다.

### 상황복잡성으로 인한 판단편파

Green과 Swets (1966)가 제시한 절차에 따라 계산한 편파지수(bias scores)는 전문가와 초보자가 판단을 하는 데 서로 다른 기준을 사용했는지의 여부를 알아보기 위하여 측정하였다. 편파지수는 참가자들이 상황인식 과제를 수행하면서 주로 비행기가 목표상태에 도달한다고 판단하는 경향이 있는 지, 아니면 주로 도달하지 못한다고 판단하는 경향이 있는 지를 말해준다. 정적인 편파지수는 목표상태에 도달 못한다고 반응하는 편파를 말하며 보수적인 기준을 사용하고 있음을 의미한다. 반면에 부적인 편파지수는 주로 목표상태에 도달한다고 반응하는 편파를 말하며 위험적 기준을 사용하고 있음을 의미한다. '0'은 아무 편파도 없음을 의미한다.

그림 4는 과제유형과 상황복잡성에 따른 전문가와 초보자의 평균 편파지수를 보여준다. 상대적으로 적은 편파지수는 이 두 집단 모두 판단편파가 적음을 의미한다. ANOVA 검증을 해본 결과 아무런 주효과나 상호작용효과가 없었다 ($Fs<2$). 이는 과제유형이나 상황복잡성에 따른 수행의 차이가 판단편파에서의 차이에 의한 것

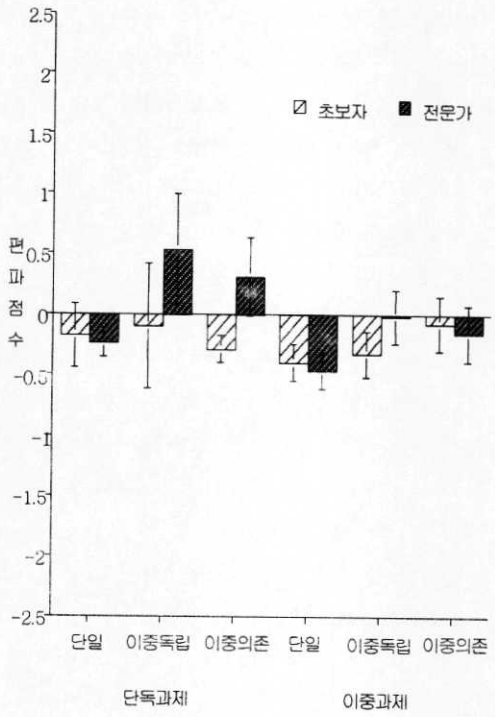



그림 4. 과제유형과 상황복잡성에 따른 전문가와 초보자의 평균 반응편파 점수("0"은 편파가 없음을 의미, +점수는 "목표-상황 불일치"로 반응하는 편파경향성을 의미, -점수는 "목표-상황 일치"로 반응하는 편파경향성을 의미)

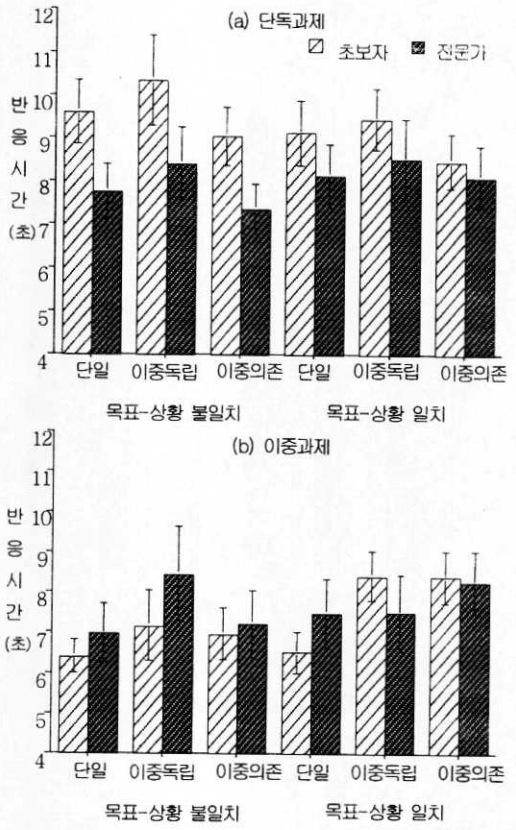



그림 5. (a) 단독과제와 (b) 이중과제 수행시 목표-상황 관계유형과 상황복잡성에 따른 초보자와 전문가의 평균 정확판단 반응시간

이 아님을 제시한다.

**상황복잡성에 따른 정확한 판단의 반응시간**

두 번째 화면(첫번째 화면은 20초 동안 제시됨)이 제시되고 난 뒤 반응을 할 때까지의 평균 반응시간 분포에 대한 도표가 그림 5-a와 그림 5-b이다. 반응시간은 틀린 판단을 한 시행을 제외하고 정확한 판단을 한 시행에 대해서만 계산하였다. 틀린 반응을 한 사례를 제외한 37명의 자료만이 이 분석에 사용되었다. 조종사 전문성과 과제유형, 목표-상황 관계유형, 상황복잡성이 판단 반응시간에 미치는 영향을 ANOVA분석하였다. 초보자들이 단독과제 시행에서 목표달성 판단을 하는데 더 오랜 시간이 걸렸다($F(1, 35)=4.29$, $p<.04$). 그러나 이중과제 수행에서는 그런 차이가 없었다. 이 두 집단 모두 단독과제보다 이중 과제에서 더 빨리 반응하였다($F(1, 35)=10.35$, $p<.01$). 그러나 판단반응시간의 감소는 전문가 집단보다 초보자 집단에서 더 크게 나타났으며 특히 이런 경향은 목표-상황 불일치자극에 대한 판단 시 두드러지게 나타났다($F(1, 35)=6.46$,

$p<.02$).

이런 결과는 연습효과로 설명할 수 있다. 실험 첫날 단독과제를 실시하고, 다음날 이중과제를 실시하는 실험절차로 인하여 참가자들은 과제수행절차와 화면으로 제시되는 조종계기판 읽기에 익숙해졌을 뿐만 아니라 비행기가 목표상태에 도달하지 않도록 제시되는 목표-상황 불일치 자극패턴에 익숙해진 것 같다. 다른 가능한 설명은 조종사들이 이중과제 시행에서 부가과제로 인한 작업기억 과부하의 어려움을 줄이기 위해 이중과제 시행에서 제시되는 자극에 대하여 적극적으로 더 빨리 반응하려고 동기적으로 유발된 결과라는 것이다.

**목표-상황 불일치자극 유형에 따른 판단 민감도**

그림 5는 목표-상황 불일치자극 유형과 과제유형에 따른 초보자와 전문가의 민감도 수치(d'값)를 보여준다. 적중률은 목표-상황 일치자극에 대한 정확한 판단으로, 오경보율은 목표-상황 불일치 자극유형별 정확한 판단으로 계산하였다.

전문성과 과제유형, 그리고 목표-상황관계 유형에 따른 d'값의 차이를 ANOVA분석하였다. 예상했던 대로 전문가는 초보자에 비하여 더 높은 판단 민감도를 보였다($F(1, 38)=10.00$, $p<.01$). 그리고 두 집단 모두 이중과제에서보다 단독과제에서 더 높은 민감도를 보였다($F(1, 38)=5.58$, $p<.02$). 그러나 이는 "목표미달" 자극에서만 유의하였고 "반대방향"이나 "목표초과" 자극에서는 유의하지 않았다($Fs<3$).

또한 목표-상황 불일치 자극유형의 주효과가 유의하였다($F(2,76)=28.97$, $p<.01$). 그림 6을 보면 모든 집단이 "목표초과" 상태에 가장 둔감함을 알 수 있다. 다시 말하면, 일단 항공기가 목표상태에 도달하고 나면 조종사는 항공기가 목표상

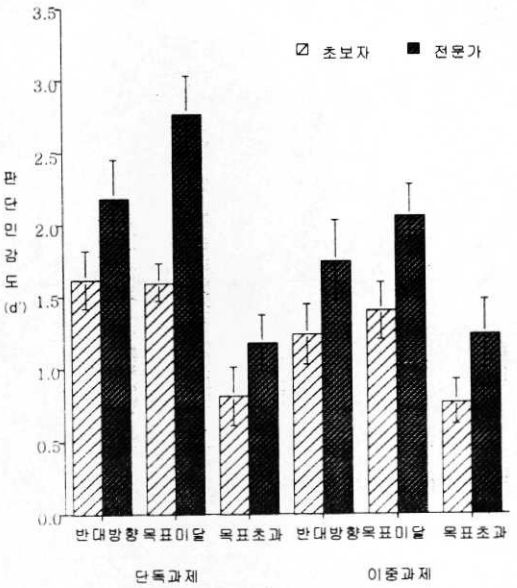



그림 6. 목표-상황 관계유형과 과제유형에 따른 초보자와 전문가의 평균 판단민감도(d')

태를 지나쳐 가는 지의 여부를 추적하는데 실패하기 쉽다는 것이다. "반대방향"이나 "목표미달" 자극에 대한 판단민감도는 서로 차이가 없었다($Fs<3$).

**목표-상황 불일치 자극유형에 따른 판단편파**

그림 7은 과제유형과 목표-상황 불일치 자극유형에 따른 평균 편차지수를 보여준다. 단독과제 시행에서 전문가들이 "반대방향"과 "목표미달" 자극에 대하여 초보자들에 비해 더 보수적인 기준을 사용하는 것으로 나타났다. ANOVA 결과를 보면 과제유형의 주효과($F(1,38)=7.68$, $p<.01$)와 목표-상황 불일치 자극유형($F(2,76)=9.69$, $p<.01$), 그리고 전문성과 목표-상황 불일치 자극유형간 상호작용($F(2,76)=5.63$, $p<.01$), 전문성과 목표-상황 불일치 자극유형 그리고 과제유형간의 상호작용($F(2,76)=3.39$, $p<.04$)이 유의하였다. 이러한

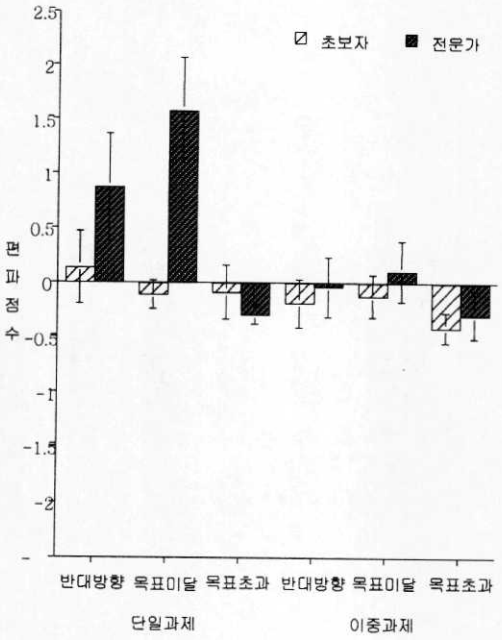



그림 7. 목표-상황 관계유형과 과제유형에 따른 초보자와 전문가의 평균 반응편파 점수("0"은 편파가 없음을 의미, +점수는 "목표-상황 불일치"로 반응하는 편파경향성을 의미, -점수는 "목표-상황 일치"로 반응하는 편파경향성을 의미)

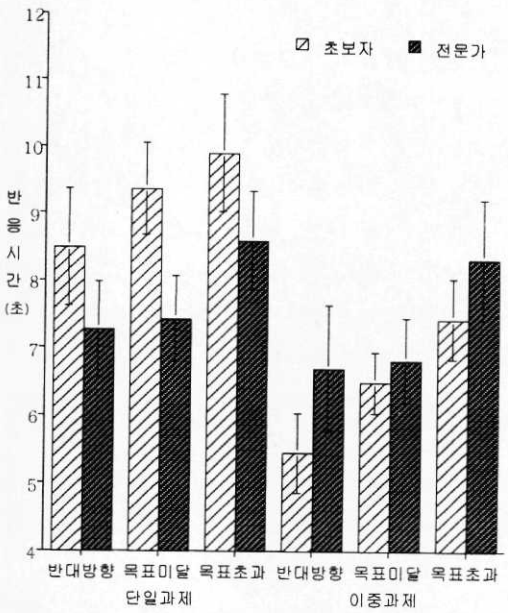



그림 8. 과제유형과 목표-상황 불일치유형에 따른 초보자와 전문가의 정확한 목표-상황 불일치 평균 판단반응시간

효과는 전문가 집단이 단독과제 시행에서 "반대방향"과 "목표미달"자극에 대하여 목표 미달성 판단을 많이 하는 판단편파에 기인한다. 이는 전문가들이 비행기가 목표상태에 도달했다는 판단을 하기 위해서는 더 많은 정보를 요구하는 보수적인 판단기준을 사용함을 시사한다.

**목표-상황 불일치 자극유형에 따른 정확판단 반응시간**

그림 8은 과제유형(단독, 이중)과 목표-상황 불일치 자극유형(반대방향, 목표미달, 목표초과)에 따른 평균적인 정확판단 반응시간을 보여준다. 정확판단 반응시간에 영향을 주는 조종사 경험과 과제유형, 그리고 목표-상황 불일치자극 유형의 효과를 알아보기 위해 ANOVA분석을 실시하였다. 앞서의 판단 반응시간에 대한 분석결과와 마찬가지로 전문가와 초보자 모두 이중과제 시행에서 더 빠른 반응을 보였다($F(1,38)=14.42$, $p<.01$). 그러나 판단반응시간의 감소는 전문가보다 초보자가 더 컸다($F(1,38)=7.08$, $p<.01$).

목표-상황 불일치 자극유형의 주효과도 있었다($F(2,76)=15.05$, $p<.01$). 그림 8에서처럼 전반적으로 전문가와 초보자 집단 모두 "목표초과" 자극에 대한 반응시간이 가장 길었다. 다음으로 "목표미달" 자극에 대한 반응시간이 길었고, "반대방향" 자극에 대한 반응시간이 가장 짧았다.

## 논 의

본 연구에서는 조종사들의 비행 상황인식에 관하여 살펴보았다. 안전한 비행을 하는 데 가장 중요한 요소 중의 하나가 바로 정확한 상황인식이다. 따라서 조종사들이 비행상황을 인식하는 인지적인 기제와 상황인식에 영향을 주는 요인들에 대한 파악은 안전한 비행을 위한 첫 걸음이라 할 수 있을 것이다. 연구자들은 외부 환경과 즉각적으로 상호작용해야 하는 상황인식의 특성상 상황인식은 작업기억의 부하량에 의해 많은 영향을 받을 것이라는 가정에 근거하여 먼저, 상황인식이 작업기억 부하량에 영향을 받는지의 여부를 검증하여 보았다. 그리고 나서 작업기억 부하량에 영향을 주는 상황복잡성에 따라 상황인식 수행이 어떻게 달라지는 지를 검증하여 보았다. 이때 작업기억 부하량에 영향을 주는 다른 요소로 비행 전문성과 과제 특성을 선정하여 그 효과를 함께 검증하였다.

연구결과에 따르면 비행 상황인식은 전문성과 상관없이 많은 양의 작업기억을 요구하는 복잡한 과제임이 밝혀졌으며, 상황복잡성과 판단자극의 특성에 영향을 받는 것으로 나타났다. 비행기가 목표상태에 도달하기 위해서는 여러 개의 독립된 비행조작을 해야 하는 이중-독립 상황에서, 비행기의 목표상태와 현재의 상태가 일치하도록 제시된 목표-상황 일치자극에 대해 비행기가 목표상태에 도달할 지를 판단하는 데 가장 많은 작업기억 용량이 소모되는 것으로 나타났다. 이는 정확한 상황인식을 하기 위해서는 추적해야 하는 비행요소들의 수가 증가하고 더욱이 이 비행요소들이 서로 분리되어 있는 상황에서 상황인식을 하는데 가장 많은 작업기억이 필요함을 의미한다. 이러한 결과는 비행계기정보를 탐색하는 데 있어서 서로 관련성이 있는 계기들은 서로 연결하여 탐색한다는 Bellenkes, Christopher, Wickens와 Kramer(1997)의 연구결과와 일치한다. 즉, 조종사들은 상황인식을 할 때 여러 비행요소들을 독립적으로 탐색하는 것이 아니라 서로 관련된 요소들로 결합하여 파악하여 이런 방법을 통하여 작업기억의 부하량을 감소시킴을 알 수 있다.

또한 비행기가 목표상태와 일치하는 상태로 계속 진행될 때 무선성 지수가 더 높았던 연구결과는 이 때 더 많은 작업기억 용량이 소모됨을 의미한다. 이는 흔히 비행기가 목표에서 벗어난 상태일 경우 작업기억 부하량이 더 클 것이라는 일반적인 가설과 대립되는 것으로, 여러 개의 독립된 비행조작을 해야 하는 상황에서는 오히려 비행기가 예상 경로대로 진행되고 있는 상태에서 작업기억 부하량이 더 늘어날 수 있음을 보여준다. 이는 앞으로 예상경로대로 진행될 때, 발생할 지도 모르는 비정상사태에 대비하여 모든 비행요소들에 대한 소진적인 탐색을 지속적으로 시행해야하고 그 결과, 작업기억 부하량이 증가함을 시사한다. 이처럼 정상비행 상황시 모든 비행요소들에 대한 소진적 탐색이 지속적으로 시행됨을 시사해주는 또다른 연구결과들이 있다. 첫째, 목표-상황 불일치자극의 3가지 하위유형들 중에서 전문가와 초보자 집단 모두 비행기가 예상 경로의 반대 경로로 비행하는 "반대방향" 자극이나 목표상황에 미달하는 "목표미달" 자극보다 목표상태를 도달하고 지나치는 "목표초과" 자극에 대한 반응시간이 가장 길게 나타난 결과나 둘째, "목표초과" 자극에 대한 판단민감도도 가장 낮았던 결과들은 예상경로대로 비행할 때 비행요소들에 대한 탐색이 지속적으로 시행되어 오히려 작업기억 부하량이 늘어날 수 있음을 시사하는 결과이다.

다음으로 전문성과 상황복잡성, 자극특성이 상

황인식에 어떤 영향을 미치는 지를 분석해본 결과를 살펴보면, 상식적인 예상대로 전문가들이 초보자보다 전반적으로 판단 민감도가 높았다. 그리고 이중-독립 상황보다 이중-의존 상황에서의 판단 민감도가 높았는데 이 결과는 앞서 작업기억 부하량에 대한 분석 결과와 마찬가지로 상호 의존적인 비행 요소들은 하나의 연합된 단위로 통합되므로 독립적인 비행단위들보다 추적하기 쉽다는 것을 시사한다. 그러나 이런 결과 패턴은 이중과제 수행에서는 나타나지 않았다. 아마도 이는 동시 수행해야하는 과제가 인지적인 자원을 너무 많이 요구함으로 비행 요소들 간의 상호작용성을 다루는 전문가들의 효율성을 억제하기에 충분했기 때문인 것 같다.

판단 민감도의 결과와 달리 보수적이거나 위험적 판단을 하는 경향을 측정한 판단편파 결과에서는 아무런 주효과나 상호작용효과가 없었다. 이는 과제시행이나 상황복잡성에서 나타나는 집단수행 차이가 판단편파에서의 차이에 의한 것이 아님을 제시한다. 반응시간을 측정하여 분석한 결과는 이중과제 시행에서의 판단반응시간이 단일과제 시행보다 빨랐는데, 본 실험결과만으로는 명확한 이유를 규명하기는 어렵지만 이는 실험 첫날 단일과제를 실시하고 이틀째에 이중과제를 시행함으로써 발생한 연습에 의한 촉진효과도 그 이유들 중의 하나로 볼 수 있겠다. 특히 이런 판단반응시간의 단축이 전문가보다 초보자에게 있어서 더 큰 결과는 이 효과가 연습에 의한 결과라는 해석 가능성을 지지해 준다.

마지막으로 조종사가 상황인식에 실패해서는 안 되는 상황인 목표-상황 불일치 자극(비행기의 현 상태가 목표상태에 도달하지 못하도록 되어 있는)에 대한 상황인식을 더 자세히 살펴보기 위하여 목표-상황 불일치 판단자극을 다시 세 가지 유형으로 나뉘어 각 자극유형에 대한 상황인식 정도를 측정하였다. 판단민감도(d') 수치는 대부분의 조종사들의 상황인식 실패가 비행기가 목표상태를 초과하는 비행상황에서 발생됨을 보여준다. 이는 일단 비행기가 목표상태에 도달하면, 조종사들은 비행기가 목표상태를 초과하여 진행했는지를 잘 알아차리지 못하는 경향이 있는 것 같다. 또한 전문가들이 단독과제 시행에서 "반대방향"과 "목표미달"자극에 대한 "목표 불일치"판단을 많이 하는 판단편파를 갖고 있음을 알 수 있었다 즉, 전문가들은 초보자들보다 특히 "반대방향"과 "목표미달"자극에 대하여 보수적인 판단기준을 사용함을 시사한다.

전문가와 초보자 집단 모두 "목표초과" 자극에 대한 반응시간이 가장 길었다. 다음으로 "목표미달" 자극에 대한 반응시간이 길었고, "반대방향" 자극에 대한 반응시간이 가장 짧았다. 앞서 판단민감도 결과를 생각해보면 전문가와 초보자 집단은 모두 "목표초과" 자극에 대한 민감도가 가장 낮다. 이처럼 조종사들이 비행기가 반대방향으로 가거나 목표상태에 도달하지 못하는 상태가 되는 것에 더 민감한 것은 아마도 이들 상황이 비행기 상태를 수정하여 목표에 도달하게 되는 데 더 많은 노력이 들기 때문으로 추측된다. 뿐만 아니라 목표와 반대방향으로 비행하거나 목표에 미달하는 상태가 되는 것이 목표를 초과하는 것보다 더 초보자들이 하는 실수라는 인식도 이러한 민감도 수준에 영향을 주는 것 같다. 실제로 "목표초과" 자극에 대한 반응에는 반응숙련도 이외의 가치관이나 태도가 많은 영향을 미친다는 것이 사실이라면 이들 자극에 대한 기술적인 훈련만으로는 "목표초과" 자극에 대한 절대적인 판단 민감도 수준은 향상될 것이나 "목표미달"이나 "반대방향" 자극에 대한 상대적인 민감도는 역시 낮을 것이라는 추론이 가능하다.

끝으로, 이상의 사사점들은 조종사의 상황인식

기술습득을 위한 훈련과정에서 어떤 점이 강조되어야할 지를 제시한다. 훈련과정 중의 하나인 조종실 계기판 정보만을 이용하여 조종하는 계기비행에서 반복적인 상황제시를 통한 사건-기반 훈련(event-based training)을 강화할 필요가 있을 것이다. 예를 들어, 작업기억 요구량이 가장 큰 이중-독립 상황 사건과 목표조과 상황 사건을 반복적으로 제시하여 조종사들이 그러한 상황 패턴에 익숙한 인식 기술을 습득하게 함으로써 작업기억의 과부하를 극복하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

## 참고문헌


Adams, M. J., Tenney, Y. J., & Pew, R. W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors, 37(1),* 85-104.

Baddeley, A. D. (1966). The capacity for generating information by randomization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 18,* 119-129.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory.* New York: Oxford University Press.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.

Bellenkes, A. H., Christopher, Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: The role of attentional flexity and mental model development. *Aviation Space and Environmental Medicine, 68,* 569-579.

Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1989). The role of working memory in language comprehension. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 3, pp. 221-252). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

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.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19,* 450-466.

Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review, 3,* 422-433.

Daneman, M., & Tardif, T. (1987). Working memory and reading skill reexamined. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading,* (pp. 491-508). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Doane, S. M., McNamara, D. S., Kintsch, W., Polson, P. G., & Clawson, D. (1992). Prompt comprehension in UNIX command production. *Memory & Cognition, 20(4),* 327-343.

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., Adams, D., & McNamara, D. S. (1994). Learning from instruction: A comprehension-based approach. *Proceedings of the 16th Annual Conference of the*

*Cognitive Science Society* (pp. 254-259). Atlanta, GA: Erlbaum.

Doane, S. M., Sohn, Y. W., McNamara, D. S., & Adams, D. (2000). Comprehension-based skill acquisition. *Cognitive Science, 24,* 1-52.

Doane, S. M., Sohn, Y. W., & Jodlowski, M. (2003). *Measuring flight situation awareness: Effects of working memory, pilot expertise and situational complexity*. Manuscript submitted for publication.

Dominquez, C. (1994). Can situation awareness be defined? In M. Vidulich, C. Dominquez, E. Vogl, & G. McMillan (Eds.), *Situation awareness: Papers and annotated bibliography,* (pp. 5-15). AL/CF-TR-1994-0085, Armstrong Laboratory.

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. (1990). Predictive utility of an objective measure of situation awareness. *Proceedings of the Human Factors Society, 34,* 41-45.

Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors, 37(1),* 32-64.

Engle, R. W., Cantor, J., & Carullo, J. J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18,* 972-992.

Evans, F. J. (1978). Monitoring attention deployment by random number generation: An index to measure subjective randomness. *Bulletin of the Psychonomic Society, 12,* 35-38.

Green, D. L., & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.

Groen, G. J., & Patel, V. L. (1988). The relationship between comprehension and reasoning in medical expertise. In M. Chi, R. Glaser, & M. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 287-310). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review, 99,* 122-149.

Kintsch, W. (1988). The use of knowledge in discourse processing: A construction-integration model. *Psychological Review, 96,* 163-182.

Larkin, J., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science, 208,* 1335-1342.

Logie, R. H., Baddeley, A., Mane, A., Donchin, E., & Sheptak, R. (1989). Working memory and the analysis of a complex skill by secondary task methodology. *Acta Psychologica, 71,* 53-87.

Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review, 84,* 231-259.

Polson, P. G., & Lewis, C. H. (1990). Theory-based design for easily learned interfaces. *Human-Computer Interaction, 5,* 191-220.

Russo, J. E., Johnson, E. J., & S_tephens, D. L. (1989). The validity of verbal protocols. *Memory & Cognition, 17,* 759-769.

Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1991). Situation awareness: A critical but ill-defined phenomenon. *International Journal of Aviation Psychology, 1,* 45-57.

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.

Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General, 125,* 4-27.

Sohn, Y. W., & Doane, S. M. (1997). Cognitive constraints on computer problem-solving skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3,* 288-312.

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.

Taylor, R. M. (1990, April). Situation awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design. In AGARD-CP-478, *Situational Awareness in Aerospace Operations* (pp. 3-1 to 3-17). Neuilly-Sur-Seine, France.

Wickens, C. D. (1995). The tradeoff of design for routine and unexpected performance: Implications of situation awareness. In D. J. Garland & M. R. Endsley (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness* (pp. 57-64). Daytona Beach, FL: Embry-Riddle Aeronautical University Press.

Wickens, C. D. (1996). Situation awareness: Impact of automation and display technology. *AGARD Conference Proceedings 575: Situation Awareness: Limitations and Enhancement in the Aviation Environment* (pp. K2-1 to K2-13). Neuilly-Sur-Seine, France.

Wickens, C. D. (1999a). Cognitive factors in aviation. In F. T. Durso, R. S. Nickerson, R. W. Schvaneldt, S. T. Dumais, D. S. Lindsay and M. T. H. Chi (Eds.), *Handbook of applied cognition.* (pp. 247-282). John Wiley & Sons Ltd.

Wickens, C. D. (1999b). Aerospace psychology. In P. Hancock (Ed.), *Handbook of perception and cognition: Human performance and Ergonomics,* (pp. 195-242). San Diego, CA: Academic Press.

1 차원고접수 : 2003. 8. 29.
수정원고접수 : 2003. 11. 4.
최종게재결정 : 2003. 11. 22.

한국심리학회지 : 산업 및 조직
Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology
2003. Vol. 16, No. 3, 155-174

# Effects of Expertise and Working Memory load on Pilot Situation Awareness

Young Woo Sohn
Department of Psychology
Yonsei University

Su Ae Park
Research Institute for Human Behavior
Yonsei University

This research assessed working memory demands imposed by a flight situation awareness (SA) task and examined pilot performance on the task as a function of expertise and situation complexity. Forty pilots participated in the SA task to determine whether consecutive cockpit snapshots depicted an aircraft moving toward the goal state specified. We employed a mixed factorial design including the between-participants variable of pilot expertise (novice, expert) and the within-participants variables of the number of task (single, dual), situation complexity (single, double-independent, double-dependent), and goal-situation inconsistency type (opposite direction, undershoot the goal, overshoot the goal). Judgment sensitivity (d'), response bias, and judgment latency were measured as indices of SA performance. The results suggest that SA imposed substantial demands on pilot working memory regardless of piloting expertise and the demands were greater for goal-situation consistent judgments than for goal-situation inconsistent judgments when the situation complexity was double-independent. Also, pilots showed the greater judgment sensitivity for the double-dependent situation than for the double-independent situation. This effect might occur because pilots were able to keep track of inter-dependent flight elements by incorporating them into an associated unit to reduce working memory demands.

*key words : Pilot, Expertise, Situation Awareness, Working Memory*