Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.1 pp.49-63, Fubruary 2004

숙련급 조종사와 초급 조종사와의 주의 배분 차이 분석

Analysis of Differences in Attention Allocation Patterns between Expert and Novice Pilots

박상수*, 김기우, 명노해

ABSTRACT

In this study, differences in attention allocation patterns between expert and novice pilots were investigated by a verbal protocol when pilots were engaged in a task during the instrument flight. Ten pilots including experts and novices were participated to conduct a pre-determined task(a fix-to-fix) on F-5E Cockpit Procedure Trainer Simulator. Experts show better performance as expected with more stable variations in speed, altitude, and attitude. In attention allocation patterns, novices allocated about 83% of attentional resources on the primary instruments (airspeed indicator, altitude indicator, and attitude) relating to the task of the basic flight while experts spent 57%. This difference in the availability of attentional resources allowed expert pilots to accomplish the task better than novices. In other words, training a pilot should consider a program for building up wider instrument scanning patterns to become an expert in a shorter time.

Keyword: attention allocation, verbal protocol, instrument flight

* 고려대학교 대학원 산업시스템정보공학과
주소 : (136-701) 서울시 성북구 안암동 5가 1번지
전화 : 02-3290-3380
FAX : 02-929-5888
E-mail : recce@korea.ac.kr

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

계기 비행이란 외부의 환경을 시각적으로 참조하되, 주로 계기를 보고 비행 작업을 수행하는 것을 말한다. 이러한 계기 비행은 비행 과정 중에서 가장 위험한 부분 중의 하나다(Goh and Wiegman, 2001).

미국의 NTSB(National Transportation Safety Board)의 자료에 의하면 1990년부터 1997년까지의 사고 통계 중 치명적인 사고의 약 11%가 계기 비행 상황에서 발생했다. 이렇게 계기 비행 중에 치명적인 사고가 많이 발생하는 원인으로는 빈번한 계기 관찰, 계기 판독, 그리고 그로 인한 증가된 주의 전환에 따른 조종사의 작업 부하의 증가에 의한 실수를 들 수 있다(Jennings, 1999).

또한 일반 민간 항공과 군용 항공 사고의 약 70-80%는 인적 요인에 의하여 발생하였다(Hawkins, 1987; Donnelly et al., 1997; Taneja, 2002). 그 중에는 항공 관제사가 지상의 항공기에 대한 이륙 지점으로의 이동을 허락한 상태에서 다른 작업을 함으로써 주의를 빼앗겨, 착륙하는 항공기의 착륙 허가 요구를 지상 항공기의 이륙 허가 요구로 착각하고 허가함으로써 결과적으로 두 항공기가 지상에서 충돌하는 심각한 사고도 발생하고 있다(Adams et al., 1995). 이렇게 적절치 않은 주의 배분으로 인하여 심각한 사고가 발생되는 상황은 계기 비행에 있어서도 유사하게 발생한다. 즉, 조종사는 항공기의 기본 비행 임무를 수행하면서 동시에 조종석 내에서 장비를 조정한다든가, 특정 위치로의 이동 등 특별한 목적의 과제를 수행하게 된다. 이러한 동시 과제의 수행은, 특히 계기 비행 중 계기를 참조하는데 익숙하지 않은 초급 조종사의 경우에는 계기 비행 자체가 상당한 작업 부하를 발생시키기 때문에 항공기 조종에 있어 더 큰 혼란을 초래할 수도 있다(Jennings, 1999). 따라서 초급 조종사들이 작업 부하가 증가된 상태에서 주의 배분으로 인한 사고를 발생시키지 않도록 하는 것이 무엇보다 중요하다.

비행에 있어 숙련급 조종사는 많은 경험을 통하여 충분한 비행 기술을 가지고 있기 때문에 초보자보다 연습을 통한 비행 능력 향상이 더 좋다고 말하고 있다(Kasarskis et al., 2001). 그러나 그러한 숙련급 조종사가 연습이나 훈련시 어떤 방법이나 전략을 사용하고 있는지는 명백하지 않다.

전문가는 일반적으로 정보를 이끌어내는 방법에 있어 좀더 빠르고 자동적인데, 이것은 그들만의 일종의 하나의 전략과 같다(Kasarskis et al., 2001). 또한 전문가는 이렇게 빠르게 정보를 얻기 때문에 그 나머지의 여분의 시간을 다른 부수적인 작업에 투여함으로써 초보자보다 더 좋은 수행도를 보이게 된다. 비행에 있어서도 마찬가지로 전문가와 초보자 사이에는 계기에 대한 시선 배분에 있어 상이한 차이를 보인다. 즉, 착륙 접근에 대한 연구를 살펴보면, 초보자는 내부의 계기를 많이 참조하는 반면, 숙련급 조종사는 외부의 상황에 더 많은 주의를 두는(Kasarskis et al., 2001) 형태를 보이고 있다. 이러한

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

개인간의 차이는 주로 수행도의 높고 낮음에 영향을 받는 것이 아니라, 전반적인 다양한 경험의 양이 결정적인 역할을 한다고 하였다 (Sonnentag and Lange, 2002).

또한 Bellenkes et al. (1997)은 비행시 숙련급 조종사와 초보 조종사간 계기 검색에 있어서의 차이가 모든 축(X, Y, Z axis)에 대한 경로 이탈 범위로 측정된 비행 수행도와 연관이 있다는 것을 보이고 있다. 즉, 7가지의 비행 패턴(직진 감속, 선회, 직진 상승, 선회 증속, 직진 강하 및 감속, 선회 상승, 선회 강하 및 증속)을 제시하고 숙련급 조종사와 초보 조종사가 시뮬레이터에서 비행을 실시하면서, Eye Tracking 장비를 사용하여 계기 검색 방식을 관찰하고, 그에 따른 비행 자료를 분석하여 두 집단 간에 계기 검색 방식과 수행도에 있어서 차이가 있음을 보여주고 있다. 즉, 숙련급 조종사는 각각의 계기 - 방향 지시계(directional gyro), 자세계(attitude directional indicator), 고도계, 속도계 등 - 에 대한 방문 횟수가 많고, 종적인 면(altitude)과 종축적인 면(speed)에 대한 수행도가 좋은 반면, 수평적인 면(heading)에 대한 수행도에는 초급 조종사와 유의한 결과를 나타내지 않았다.

계기 비행시 조종사들은 주로 자신의 행동들을 일종의 음성 묘사(verbal protocol)를 통하여 전후방 의사 교환, 관제사 및 타 항공기와 통신을 한다. 이러한 비행 중의 음성 묘사들은 모두 녹음이 되어 비행 후 자신의 행동 특성이나 비행 상황 등을 분석할 때는 물론 사고 발생시 원인을 분석할 때도 사용된다. 따라서 이러한 비행 중의 음성 묘사들을 분석하면 비행 상황을 재현할 수도 있다.

그러나 이제까지의 기존 연구들을 살펴보면 주로 eye tracking 장비를 사용하여 조종사들의 주의 배분(attention allocation) 형태를 측정하였다. 즉, Bellenkes et al. (1997)과 Kasarskis et al. (2001)은 Eye Tracking 장비를 사용하여 계기 검색 방식을 관찰하여 숙련급 조종사와 초보 조종사간의 계기 검색의 차이가 비행 수행도의 차이와 연관이 있다고 했다. 그러나 Eye Tracking 장비는 망막의 중심와의 고정 지점을 측정하기 때문에 실험 참여자가 실재로 의도적으로 주의를 주려고 눈동자를 움직였는지를 알 수 없다고 하였다(Lansdown, 2002). 그래서 Lansdown (2002)은 2차원상에서 운전자들이 운전 중에 주어지는 작업을 수행하는데 있어서 개인차를 찾기 위해 음성 묘사 분석법을 사용하였으며, 이를 이용해 운전자의 시각 탐색 형태를 찾아내었고, Renge(1980)도 음성 묘사를 이용하여 경험이 많은 운전자와 초보 운전자의 주의 배분 형태를 조사하였다.

본 연구에서는 앞서 제시한 음성 묘사 분석 방법을 3차원 상에서의 계기 비행 시에 적용하여, 많은 주의 배분이 요구되는 특정 작업 수행에서 숙련도에 따른 조종사의 주의 배분에 있어서의 차이를 알아보고자 실시한 기술 응용 연구이다. 본 연구를 통하여 초급 조종사가 짧은 시간에 숙련급 조종사들이 행하는 주의 배분 방식을 습득할 수 있는 훈련 과정을 통하여 주의 배분으로 인한 사고를 줄이는데 도움을 주고자 한다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

2. 연구 방법

본 연구에서는 계기 비행시 경험에 따른 조종사들의 주의 배분 특성을 알아보기 위하여 F-5E CPT(Cockpit Procedure Trainer) 시뮬레이터를 사용하여 실험을 실시하였다. 실험 참가자들은 사전 정의된 시나리오를 수행하면서 자신이 행하고 있는 행동에 대한 음성 묘사를 동시에 실시하게 하였다. 실험 참가자들의 행동과 음성 묘사는 모두 디지털 비디오 카메라를 통하여 녹화하였고, 실험 결과 분석시 사용되었다.

2.1. 실험 디자인

표 1. 실험 디자인

독 립 변 수	종속 변수	
비 행 경 험	비행 자료	음성 묘사
숙련급 초급	고도 속도 방향 자세	-총 횟수 -주어진 시나리오 과제 수행시 필요한 계기에 대한 총 횟수 (CSW, HSI)

실험은 숙련급 조종사와 초급 조종사를 요인으로 하여, 음성 묘사를 통하여 계기 비행시의 계기에 대한 주의 배분 특성을 알아보기 위하여 표1과 같은 실험 디자인을 구성하였다.

표1에서 비행 자료는 시뮬레이터에서 실험 참가자들이 수행했던 비행 경로에 대한 자료들이다. 고도는 수직적인 항공기의 지상(mean sea level)으로부터의 높이를 나타내며 고도계(altimeter)를 통하여 알 수 있고, 속도는 수평적인 빠르기(nautical mile/hour, knot)를 나타내며 속도계(speedometer)를 통하여 알 수 있다. 또한 방향은 북쪽을 기준으로 한 항공기 경로 방향을 의미하고, HSI(Horizontal Situation Indicator)를 통하여 알 수 있다. 자세는 항공기의 2차원 축에 대한 현재의 상태를 나타내며, 자세계를 통하여 알 수 있다. 즉, 상승/강하, 좌/우로의 기울어진 상태를 나타낸다. 여기서 비행 자료의 요소들을 고도, 속도, 방향, 자세로 한 것은 기본 비행을 할 때 주로 사용되는 계기들이기 때문이다. 또한 항공기의 현재 위치와 원하는 곳으로의 이동시 자신의 위치를 확인할 수 있는 계기로 주어진 과제를 수행하는데 필요한 계기로는 CSW(Course Selection Window)와 HSI로 하였다.

본 연구에서 기본 계기 비행은 고도, 속도, 방향을 일정히 유지하는 작업으로 자세계, 고도계, 속도계, 방향 지시계만 보면 되는 작업이다. 이에 비하여 시나리오를 통하여 제시한 비행 작업은 현재의 3차원 공간상에서 일정한 지점으로의 이동을 하는 것으로써, 이 때는 이 외에 CSW와 방향 지시계를 같이 보아주어야 한다.

특히 CSW는 자신이 원하는 경로에 대하여 얼마나 잘 접근하고 있는가를 상대적으로 보여 주는 것으로 주어진 작업 수행시 추가하여 보아야만 하는 계기이고, 방향 지시계는 현 작업에서는 방향을 보는 것이 아니라, 현재 HSI에 나타난 나의 항법 기지로부터의 래디알(radial)과 거리, 그리고 해당 위치의 래디알과 거리의 비율을 갖고 목적지로의 방향을

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

결정하게 되고, 원하는 장소에 정확하게 도착하는지를 확인하기 위하여 방향이 아닌 해당 항법 지점으로부터의 래디알과 거리를 살펴보기 위하여 사용하게 된다. 이 때는 방향 지시계의 지시침을 보는 것이 아니라 그 안에 같이 제시되는 래디알과 거리를 확인하게 된다. 그렇기 때문에 본 연구에서 기본 비행 작업과 분리하여 주어진 작업 수행에 필요한 계기로 두 계기를 설정하였다.

2.1.1. 실험 참가자

표2. 실험 참가자

( ) : 평균

참가자 : 총10명	등급	비행 시간	나이
숙련급 조종사 5명	비행 리더 (four ship or element leader)	510-910 (665)	28-31(29.8)
초급 조종사 5명	요기 (wing man)	250-280 (258)	25-27(25.6)

현재 대한민국 공군 전투 조종사로 복무하고 있는 남자 조종사로써, 신뢰성 있는 실험을 위해 최근 일주일간 비행이 없었던 조종사와 한달 이내에 파견에서 복귀한 조종사는 실험 참가자에서 제외하였다. 실험 참가자는 표2와 같다.

표2에서 비행 리더는 일정 시간 이상의 비행 시간을 통하여 비행시 분대나 편대를 지휘할 수 있는 조종사를 말한다. 이에 비하여 요기는 이제 막 훈련 과정(combat ready training)을 마치고 대대(squadron)로 배속된 조종사를 말한다.

2.1.2. 장비

이번 실험은 F-5E CPT 시뮬레이터를 이용해 수행되었다. 이 장비는 자동화된 소프트웨어에 의해 비상상황과 악기상(adverse weather) 상황 등을 포함해 실제 F-5E 전투기 비행 환경과 거의 유사한 비행 상황을 제공한다. 조종실은 모의 항공기 좌석과 전방 스크린으로 구성되어 있다. 외부 시각 정보는 이 전방 스크린을 통해 조종사에게 제공되며 약 20°의 FOV(Field Of View)를 제공한다.

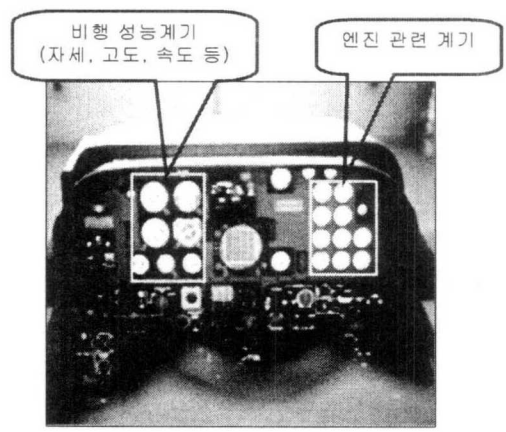


그림 1. F-5 CPT 계기 배치

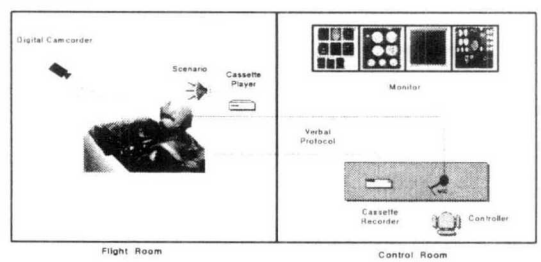


그림 2. 실험 장비 배치

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

그림1은 시뮬레이터에 장착되어 있는 좌석 계기판을 보여준다. 시뮬레이터 제어실의 제어 담당자는 시뮬레이터상의 모든 장치를 제어할 수 있다. 또한 비행 시나리오를 구성하고 실행시킬 수 있으며, 모의 비행 상황을 제어실에 위치한 모니터를 통해 관찰할 수 있다. 비행 데이터는 제어실에 위치한 컴퓨터에 실시간으로 기록되어 차후에 재생이 가능하다. 그림2는 시뮬레이터 모의 비행 실험 장면을 나타낸다.

2.1.3. 실험 절차

표 3. 실험 시나리오

작업 시나리오 (task scenario)	실험 작업 (experimental task)	작업 설명 (task description)
지점 찾아가기 (fix to fix)	고도 15000feet, 330radial/12nm → 15000feet, 300radial/24NM로의 이동	3차원 상의 한 지점에서 3차원 상의 원하는 지점으로 이동하는 것

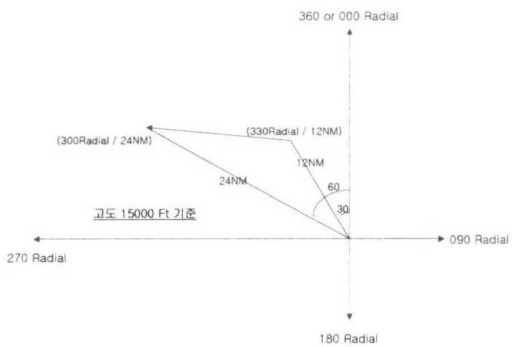


그림 3. 실험 시나리오

실험과 시뮬레이터, 그리고 기본적인 조종 절차에 대하여 실험 참가자들에게 설명하였으며, 절차와 권리에 대한 실험 동의서를 작성하게 하였다. 이후 실험 장비에 대한 적응을 하기 위하여 약 20분간의 연습 비행을 실시하였고, 이후 실시할 실험을 수행하기 위한 모든 의문 사항에 대한 질문을 받았다. 질문이 끝나고, 실험 장비들의 배치를 다시 한 번 확인 후, 실험 참가자들은 어떤 조언이나 질문 없이 실험을 실시하였다.

본 실험에 있어 속도 300노트(knots)를 유지하고, 선회시에는 30° 경사각(bank)을 유지하도록 실험 참가자들에게 지시하였다. 또한 실험 종료시까지 자신이 생각하고 수행하는 작업에 대한 모든 것을 실재 계기 비행에서 하는 것과 마찬가지로 음성 묘사로 표현하도록 지시하였다. 실험 참가자가 300° 래디알 또는 24마일 중 하나라도 먼저 도달하게 되면 실험을 종료하였다. 실험에서의 시뮬레이터 비행 자료와 음성 묘사 자료들은 두 조종사 집단 간의 계기 참조 형태를 분석하기 위하여 제어실의 컴퓨터와 디지털 비디오 카메라에 기록되었다. 본 실험의 시나리오는 표 3, 그림3과 같다.

2.2. 음성 묘사

조종사의 행동 특성에 관한 데이터를 수집하기 위해 음성 묘사 분석법이 사용되었다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 4. 수집된 음성 묘사 자료의 예

현재330°래디알/13 마일	트림셋
left turn	속도
트림셋	estimate 파워셋
파워보충	일단 그대로 가자
현재 300에 13마일	현재 315 20마일
약 2배니까 10도만 더 선회하자	estimate 헤딩 280 자세 맞추고
자세	트림
CSW set	속도
VVI	파워보충
트림셋	현재 305 23마일
속도	롤아웃
현재 320에 16마일	자세고도속도
서서히 롤아웃	트림
수평자세	파워리셋

음성 묘사는 실험 진행 동안 디지털 비디오 카메라를 통하여 녹음되었다. 수집된 자료는 분석을 위하여 음성 묘사로 표현된 계기의 숫자를 세어 기록하였다. 기록된 음성 묘사 중 의미가 불분명한 것은 삭제하였고, 계기에 대한 명칭이 없는 것은 음성 묘사의 가장 큰 의미를 부여하는 계기를 묘사한 것으로 기록하였다. 예를 들어 '현재 295노트' 라는 음성 묘사일 경우에는 속도를 표현하는 것이므로 '속도계'를 묘사한 것으로 간주하였다. 표4는 실험 시나리오에 의해 수집된 음성 묘사 자료의 예를 보여준다.

3. 실험 결과

3.1. 비행 성능 자료

시나리오를 통한 직무 수행에 대한 분석 결과는 그림4와 같다. 위치 변위량은 주어진 시나리오를 완료했을 때 원하는 위치에서의 변위량을 나타낸다. 또한 속도, 고도, 자세에 대한 변위량은 시나리오를 수행하는 동안의 과정상의 변위량에 대한 평균을 나타내고 있다. 각각의 변위량이 적을수록 일정한 비행을 유지하였다는 면에서 더 나은 비행을 한 것이라 말할 수 있다.

그림4에서 보면, 숙련급 조종사보다 위치, 고도, 속도, 자세 변위량이 상대적으로 적음을 보여주며, 이는 일반적으로 숙련급 조종사가 초급 조종사보다 더 나은 비행을 하는 것으로 나타났다. 표5에서 두 집단간의 변위량 차이에 대한 t-test 결과를 보면, 분산의 동질성 검사의 유의 수준이 (p〉.05)이므로, 분산이 다르다는 귀무 가설을 기각함으로써 동일한 분산을 가진다고 가정할 수 있다.

따라서 표5를 통하여 자세히 살펴보면, 위치 (p-value=0.026), 고도(p-value=0.001), 자세(p-value=0.000) 변위량에서 숙련급 조종사가 초급 조종사보다 비행 성능면에서 통계적으로 유의한 수행도를 보이고 있고, 속도 (p-value=0.085) 변위량에서는 숙련급 조종사와 초급 조종사간에 유의한 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다. 속도에 있어서 유의한 차가 발생하지 않은 것은 실재 비행시에도 일정한 출력을 맞추면, 속도의 변화는 급격하게 일어나지 않기 때문에 숙련급 조종사와 초급 조종사간에 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

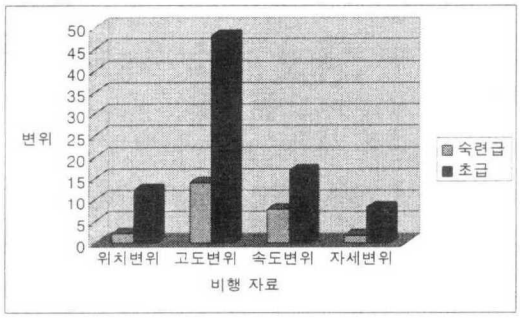


그림 4. 비행 자료 결과

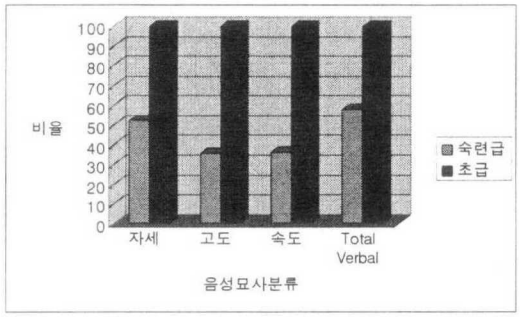
표 5. 비행 자료 결과에 대한 t-test 결과

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Sig.
위치 변위량	Equal variances assumed	3.292	.107	-2.736	.026*
	Equal variances not assumed			-2.736	.044
고도 변위량	Equal variances assumed	3.375	.103	-4.813	.001*
	Equal variances not assumed			-40813	.004
속도 변위량	Equal variances assumed	1.994	.196	-1.969	.085
	Equal variances not assumed			-1.969	.087
자세 변위량	Equal variances assumed	1.202	.305	-7.379	.000*
	Equal variances not assumed			-7.379	.000

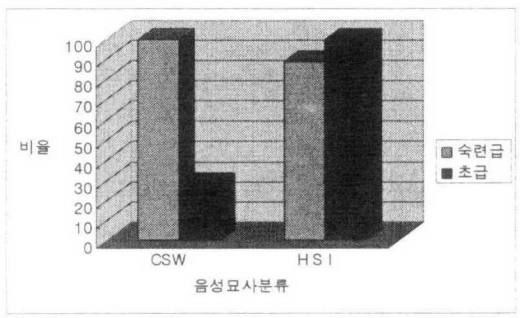
*유의 수준 α=0.05

3.2. 조종사 음성 묘사

그림5는 시나리오 수행을 위하여 숙련급 조종사와 초급 조종사와의 주의 배분 형태를 각 계기별 음성 묘사 횟수로 표현한 비율을 도표로 보여 주고 있다.



<기본 계기 비행과 관련된 protocol의 상대적 비율>



<주어진 비행 작업과 관련된 protocol의 상대적 비율>

그림 5. 숙련급 조종사와 초보 조종사와의 음성 묘사 횟수에 대한 비율

그림5에서 보면 숙련급 조종사가 기본 계기 비행 작업을 수행할 때 주로 사용되는 자세(p-value=0.015), 고도(p-value=0.019), 속도(p-value=0.011)에 관한 음성 묘사가 유의하게(α=0.05) 적다는 것을 알 수 있다. 또한 주어진 작업인 fix to fix를 수행할 때 주로 검색하게 되는 계기인 CSW와 HSI에 있어서는, 먼저 CSW에 관한 음성 묘사에 있어서는 숙련급 조종사가 초급 조종사보다 유의하게(α=0.05) 많은 음성묘사를 수행하였으나, HSI에 관한 음성 묘사는 초급 조종사가

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

숙련급 조종사보다 많은 음성 묘사를 하였지만 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(α =0.05).

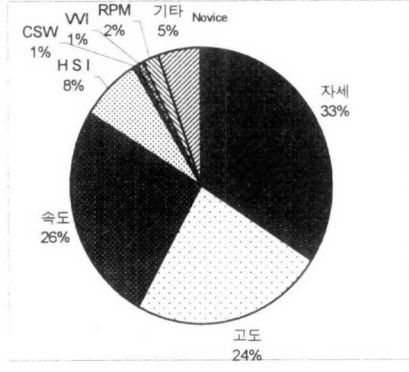
표 6. 음성 묘사 결과에 대한 ANOVA

	Source	S.S	F	*p*
기본 계기 비행과 관련된 계기	자세	448.9	9.521	.015*
	고도	280.9	8.538	.019*
	속도	336.4	10.869	.011*
	Total Verbal	2924.1	7.675	.024*
주어진 비행 작업과 관련된 계기	CSW	2.5	8.333	.02*
	HSI	2.5	0.305	.596

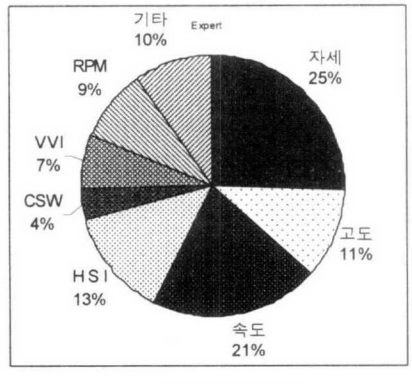
*유의 수준 α=0.05

그러나 여기에서 HSI는 앞에서도 말했듯이 기본 계기 비행에서 방향을 유지하고 확인하기 위하여 많이 사용될 수 있고, 3차원 상에서의 해당 위치로의 이동과 같은 작업이 주어질 때는 그 위치로 이동하기 위한 방향을 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문에, 결과적으로 초급 조종사가 HSI를 주어진 비행 작업을 수행하는데 사용하기도 하지만, 그 보다는 기본 비행을 하기 위하여 더 많은 음성 묘사를 한 것이라 생각할 수 있다.

표6은 해당 결과에 대한 분산 분석 결과를 나타낸 것이다. 또한 그림5에서의 전체 음성 묘사 횟수에 대한 숙련급 조종사와 초급 조종사가 각각의 계기에 대하여 실시한 음성 묘사의 비율은 그림6과 같이 나타났다. 여기서 보면, 각각의 집단에 있어 전체적인 음성 묘사에 대한 비율에 있어서도 숙련급 조종사는 주어진 비행 작업과 관련된 계기에 대한 음성 묘사 비율이 상대적으로 높고, 초급 조종사는 기본 계기 비행 작업과 관련된 계기에 대한 음성 묘사 비율이 상대적으로 많은 것을 알 수 있다.



< 초급 조종사 >



< 숙련급 조종사 >

그림 6. 초급 조종사와 숙련급 조종사와의 전체 음성 묘사에 대한 계기별 음성 묘사 비율

또한 그림6에서 보면, 초급 조종사는 음성

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

묘사의 대부분을 자세, 고도, 속도에 할당함으로써 주의 배분을 기본 계기 비행 작업 수행에 필요한 계기에 중점을 두고(83%) 주어진 비행 작업(9%)에는 주의를 잘 할당하지 않지만, 숙련급 조종사는 기본 계기 비행 작업(57%), 주어진 비행 작업(17%) 뿐만 아니라 비행에 필요한 대부분의 계기에 대한 주의 배분을 전반적으로 고르게 하고 있다. 또한 두 집단 모두 비행에서 가장 중요한 계기인 자세계에 대한 주의 배분 비율이 가장 높은 것을 알 수 있다.

4. 토 의

본 연구는 계기 비행시 추가적인 작업이 주어질 때, 조종사들이 실재 계기 비행시 상호 교신과 비행 후 비행 분석을 위하여 사용하고 있는 음성 묘사를 통하여 계기에 대한 주의 배분 특성을 알아보기 위한 연구로써 다음의 네 가지 사항을 제시하고 있다.

첫째로 본 연구는 Lansdown (2002)의 연구와 더불어 음성 묘사가 시각적 배분 방식에 대한 정보를 제공할 수 있는 유용한 기술이라는 증거를 제시하고 있다. 본 연구에서는 eye tracking의 약점을 보완하여 의식적인 시선 전환을 확인하기 위하여 음성 묘사 방법을 사용하였다. Bainbridge (1999)는 음성 묘사가 인간의 정신적인 면과 행동과의 연관성에 관한 이론을 시험하는 방법으로는 사용될 수 없지만, 관찰될 수 있는 행동과의 연관성을 측정할 수는 있다고 하였다. 따라서 이러한 논리를 근거로 하여 음성 묘사와 실험 참가자의 작업 수행시의 행동에 대한 연관성을 알아보기 위하여 본 연구를 실시하였고, 결과적으로 음성 묘사를 통하여 실험 참가자의 행동 특성을 알 수 있다는 Bainbridge (1999)의 논리를 뒷받침할 수 있는 실험 결과를 얻을 수 있었다.

둘째로 Lansdown(2002)은 숙련된 전문가가 더 많은 요소에 대하여 더 많은 음성 묘사를 한다고 하였다. 그러나 본 연구 결과에서는 숙련급 조종사가 주어진 비행 작업 수행에 필요한 계기에 대한 음성 묘사는 유의한 수준으로 많지만, 그 외의 기본 비행에 필요한 계기에 대한 음성 묘사와 전체적인 음성 묘사 횟수에서는 초보자보다 유의하게 적은 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 숙련급 조종사는 계기에 대한 판독이 자동화되었기 때문에 전체적인 형태 인식이 가능하여(Ericsson, 1994), 한 가지 한 가지 계기를 연속적으로 보는 것이 아니라, 동시에 여러 가지 계기를 확인하고 그것들의 연관성을 알아내어 다음 단계의 대비를 할 수 있기 때문에 음성 묘사를 많이 하지 않는다는 것이다. 즉, 체스 전문가들이 판의 형태를 보고 다음 수를 알아내듯이(Ericsson, 1994; Ericsson and Lehmann, 1996), 숙련급 조종사들도 일정한 추력의 수평 비행에서 속도가 증가한다는 것은 항공기가 강하를 한다는 것을 예상함으로써 바로 자세계로 주의를 전환하여 수정함으로써 신속하고 오차 변위량이 적은 안정된 비행을 할 수 있다는 것이다. 또한 Mourant와 Rockwell(1972)은 숙련된 운전자일수록 총체적인 처리가 자동적인 경향이 있기 때문에 많은 요소들을 제공하는 디스플레이를 처

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

리할 때, 주의 요구를 감소시킴으로써 바로 앞의 길에 주로 시선을 두는 편협한 시선 배분을 하는 초보 운전자보다 예측을 잘 하고 운전에도 능숙하다고 하였다(Wickens and Hollands, 1992).

결과적으로 숙련급 조종사는 많은 경험을 통해서 기본 계기 비행에 대해서는 자동화가 생겼기 때문에, 기본 계기 비행 작업에 할당해야 하는 주의를 주어진 다른 비행 작업에 배분함으로써 작업에 대한 우선권을 나머지 작업 수행으로 전환시켜 추가로 주어진 비행 작업에 필요한 계기를 더 많이 확인하게 되어(Wickens et al., 2001), 초급 조종사보다 주어진 비행 작업을 더 잘 수행한다는 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 결과는 숙련급 조종사가 기본 계기 비행 작업에 대해 많은 경험을 통하여 기본 계기 비행에 대한 전문성을 습득한 것이지 추가로 주어진 비행 작업에까지 전문성을 가진 것은 아니라는 것이다.

또한 자세계에 대한 실험 결과를 통하여, 그림6에서와 같이 초급 조종사와 숙련급 조종사가 실시한 각각의 음성 묘사에서 각각의 계기에 대한 비율을 살펴보면, 두 집단에 있어 주의 배분 방식에 있어 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 초급 조종사는 기본 계기 비행 작업에 필요한 계기에 대한 주의 배분량이 가장 많고(83%), 추가로 주어진 비행 작업에 대한 주의 배분량은(9%) 상대적으로 떨어진다. 그러나 숙련급 조종사는 기본 계기 비행 작업에 필요한 계기의 주의 배분량(57%), 추가로 주어진 비행 작업에 필요한 계기의 주의 배분량(17%), 그리고 그 외에 항공기의 분당 상승/강하율(feet/minute)을 나타내는 수직 속도계(VVI, Vertical Velocity Indicator), 최고 추력과의 비율을 나타내는 파워 계기(RPM, Round Per Minutes), 그리고 기타 계기에 대한 주의 배분 비율을 보면, 전반적인 모든 계기에 대한 주의 배분을 하면서 비행을 실시하고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 Bellenkes et al. (1997)의 연구에서도 보면 단일 계기로써 가장 많은 정보를 제공할 수 있고, 수직/수평에 대한 변화를 조종사에게 동시에 알려줄 수 있는 자세계에 대한 중요도가 비행에서 가장 높다고 하였다. 본 연구의 결과에서 보듯이 두 집단의 계기에 대한 주의 배분 방식을 보면, 자세계에 대한 주의배분 할당 비율이 가장 높다는 것을 통하여 음성 묘사를 통해서 두 집단 모두 자세계 위주의 계기 탐색 방식을 하고 있다는 것을 알 수 있었다.

세째로는 본 연구에서는 비행 수행도를 비교하기 위한 요소로 계기에 대하여 머무는 시간을 고려하지 않았다. 일반적으로 숙련급 조종사일수록 한 계기에 대하여 머무는 시간이 짧다(Bellenkes et al., 1997). 즉, 숙련급 조종사들은 한 번의 검색으로 더 많은 정보를 얻을 수 있거나, 시선 검색을 연속적으로 더 빨리 함으로써 정보를 신속히 얻을 수 있다고 하였다.

그러나 머무는 시간은 초보자에 있어서는 작업 부하에 의하여 영향을 받아, 낮은 작업 부하에서는 자세계에 머무는 시간이 짧고, 높은 작업 부하에서는 상대적으로 더 길다고 하였다. 또한 전문가의 경우에는 항공기의 상태에 따라 한 계기에 머무는 시간이 융통성을

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

갖고 조절된다고 하였다. 즉, 처한 상황에 따라 계기에 대한 중요도가 달라지기 때문에, 이에 따라 시선 배분을 통한 머무는 시간이 길어진다는 것을 의미한다.

따라서 이러한 차이가 생긴다는 것은 머무는 시간을 통하여 수행도를 예측할 수 없다는 것을 의미한다고 판단된다. 따라서 본 실험에서는 이러한 고착 시간에 대한 융통성에 기초하여 계기에 대한 검색 형태와 빈도만을 가지고 숙련급 조종사와 초급 조종사와의 시선 배분 차이를 비교하였기 때문에, 주어진 비행 작업에서 중요한 비중을 차지하는 계기가 어떤 것인지에 대한 내용은 알 수 있을 것이라 판단된다.

마지막으로 이번 연구 결과의 적용에 대한 사항이다. 현재 공군에서는 계기 비행시 지속적으로 비행 절차를 음성 묘사하도록 교육하고 있다. 그러나 실재 비행시 이러한 계속적인 음성 절차 수행 때문에 때때로 중요한 전후방석간의 의사 전달(CRM, Crew Resource Management)이나 관제 부서 및 타 항공기와의 통신이 방해되는 경우가 발생되기도 한다. 즉, 조종사의 음성 절차 수행으로 인하여 전후방석 조종사와의 의견 교환이 안 되어 잘못된 반응을 보이기도 하고, 관제 부서의 지시나 타 항공기와의 통신 시에는 중요한 내용들을 빠뜨리는 경우가 발생하고 있다. 만약, 시야가 보이지 않는 상태에서는 다른 비행기와의 수직적이거나 수평적인 분리가 모두 관제사의 지시와 다른 항공기의 통신 내용을 통하여 알 수 있기 때문에, 긴급한 상황 발생시 이러한 통신 내용을 알아듣지 못하면 심각한 결과를 초래하게 될지도 모른다.

따라서 이번 연구에서 나타난 숙련급 조종사일수록 자동화된 조종 절차에 대해서는 형태적 인식을 통하여 음성 절차 묘사가 적지만, 주요 계기를 전반적으로 보고 다음 상태를 예견할 수 있기 때문에 수행도는 더 좋다는 결과를 토대로, 일정 기간의 훈련을 마친 숙련급 조종사에 대해서는 이러한 음성 절차 수행에 대한 절차를 융통성 있게 조절하는 것이 중요하리라 생각된다. 그러나 이러한 것은 음성 절차 묘사가 사고 발생시 및 비행 후 분석을 할 때 매우 중요하기 때문에 횟수와 시기에 있어 두 요소간의 적절한 조절이 더욱 중요하다고 생각된다.

5. 결 론

본 연구는 조종석 내에서 행해지는 추가 비행 작업 수행시 수집된 음성 묘사를 통하여 조종사의 행동 특성 중에서도 주의 배분 특성을 알아보기 위한 기술 응용 연구이다.

비행 경험이 많은 숙련급 조종사가 경험이 적은 초급 조종사보다 추가로 주어진 비행 작업에 대한 수행도를 높일 수 있는 계기에 대한 주의 배분이 많았다. 이러한 결과는 경험이 적은 초급 조종사는 숙련급 조종사보다 기본 계기 비행 작업에 대하여 더 많은 주의를 두기 때문에 계기에 대한 연속적인 주의 배분 형태를 보이고 있고, 이에 비하여 숙련급 조종사는 전반적인 훈련을 통한 기본 비행 계기에 대한 주의 배분에 있어 패턴 인식을 통한 자동화가 이루어져 있기 때문에 음성 묘사 횟수가 적지만, 초보자보다 빨리 그리고 더 많

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

은 정보를 얻음으로써 안정된 비행을 할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

따라서 초급 조종사들이 빠른 시간 내에 숙련급 조종사의 주의 배분 방식을 습득하기 위해서는 단지 시간이 지남에 따라 얻어지는 일상적인 경험 습득보다는 시뮬레이터를 통한 총체적인 경험을 함으로써 비행 계기에 대한 적절한 주의 배분과 수행도를 향상시킬 수 있는 체계적인 훈련 프로그램이 필요할 것이다.

추가적으로 본 연구는 조종사에게 비행 작업이 주어질 때 발생되는 음성 묘사 횟수라는 객관적인 요인들을 가지고 분석을 실시하였다. 그러나 이러한 객관적인 요소들과 더불어 주관적인 조종사 개인의 작업부하에 따른 수행도 변화에 대한 연구와 위의 두 가지 요소 즉, 객관적인 면과 주관적인 면들을 종합한 총체적인 연구가 추후 필요할 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 eye tracking 장비의 약점을 보완하기 위하여 음성 묘사를 사용했지만, 앞서 제시된 HSI와 같은 경우에는 두 가지 목적으로 사용될 수 있기 때문에 조종사의 의도에 따른 시선 분배를 측정할 수 있는 방법이 개발될 필요가 있을 것이다.

참고 문헌

Adams, M. J., Tenney, Y. J. and Pew, R. W., (1989). Situation Awareness and the Cognitive Management of Complex System, *Human Factors*, 37(1), 85-104.

Bainbridge, L., (1999). Verbal Reports as Evidence of the Process Operator's Knowledge, *International Journal of Human-Computer Studies*, 51(2), 223-238.

Ball, T., Langholtz, H. V., Auble, J. and Sopchak, B., (1998). Resource-Allocation Strategies : A Verbal Protocol Analysis, *Organization Behavior and Human Decision Processes*, 76(1), 70-88.

Bellenkes, A. H., Wickens, C. D. and Kramer, A. F., (1997). Visual Scanning and Pilot Expertise, *Aviation, Space, and Environment Medicine*, 68(7), 569-579.

Branch, J. L., (2001). Junior High Students and Think Aloud Generating Information-Seeking Process Data using Concurrent Verbal Protocols, *Library & Information Science Research*, 23(2), 107-122.

Donnelly, D. M., Noyes, J. M. and Johnson, D. M., (1997). Decision Making on the Flight Deck, *Colloquium Digest-IEE*, No. 366, 10.20-10.49.

Egan, D. E., (1998). Individual Differences in Human-Computer Interaction, In M. Helander, (Ed), *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier Science Publisher.

Ericsson, K. A., (1994). Expert Performance Its Structure and

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Acquisition, *The American Psychological Association*, 49(8), 725-747.

Ericsson, K. A. and Lehmann, A. C., (1996). Expert and Exceptional Performance : Evidence of Maximal adaptation to task constraints, *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.

Goh, J. and Wiegmann. D., (2001). Visual Flight Rules(VFR) Flight into Instrumental Meteorological Conditions (IMC) : A review of the Accident Data, *The 11th International Symposium on Aviation Psychology*.

Hawkins, F. H., (1993). Human Error, In H. W. Orlady(Ed), *Human Factors in Flight.*(pp. 27-56), Ashgate Publishing Company, Brookfield.

Harrison, D. A., Mclaughlin, M. E. and Coalter, T. M., (1996). Context, Cognition, and Common Method Variance : Psychometric and Verbal Protocol Evidence, *Organization Behavior and Human Decision Processes*, 68(3), 246-261.

Jennings, C., Alter, K. W., Barrows, A. K., Enge, P. and Powell J. David., (1999). 3-D Perspective Displays for Guidance and Traffic Awareness, *Proceeding of ION-GPS*.

Kasarskis, P., Stehwien, J., Hickox, J. and Aretz, A., (2001). Comparison of Expert and Novice Scan Behaviors During VFR Flight, *The 11th International Symposium on Aviation Psychology Columbus*.

Kleiner, B. M. and Drury. C. G., (1998). The Use of Verbal Protocols to Understand and Design Skill -Based Tasks, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 8(1), 23-39.

Lansdown, T. C., (2002). Individual differences during driver secondary task performance: verbal protocol and visual allocation findings, *Accident Analysis and Prevention*, 34(5), 655-662.

Sonnentag, S. and Lange. I., (2002). The Relationship between High Performance and Knowledge about How to Master Cooperation Situations, *Applied Cognitive Psychology*, 16(5), 491-508.

Taneja, N., (2002). Human Factors in Aircraft Accidents: A Holistic Approach to Intervention Strategies, *The Proceedings of the 46th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, No. 7.

Wickens, Ch. D. and Hollands, J. G., (2000). *Engineering psychology and human performance, 3rd Edition*(pp. 69-106), Prentice Hall : New Jersey.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Wiegman, D. and Goh, J., (2000). Visual Flight Rules (VFR) Flight into Adverse Weather : An Empirical Investigation of Factors Affecting Pilot Decision Making, *The Federal Aviation Administration under Award No. DTFA 00-G-010.*

저자 소개

◈ **박상수**

고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정
공군 사관학교 산업공학과 학사
관심 분야 : HCI, 항공심리학

◈ **김기우**

현역 공군 조종사
고려대학교 산업시스템정보공학과 석사
관심 분야 : HCI, 인간공학

◈ **명노해**

현재 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수
관심분야 : 인간공학, 인지공학, HCI

논문접수일 (Date Received): 2003/05/15
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/11/26

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.