



현대에서 항공기는 없어서는 안될 빠르고 편리한 교통수단이다. 항공기는 사고발생에 있어서도 확률적으로 타 교통수단에 비해 훨씬 안전한 것으로 알려져 있다. 그러나 항공기 사고는 일단 발생하면 치명적인 인명손상과 대규모 재산손실이 불가피하기 때문에 무엇보다도 사고예방이 안전의 최우선 과제이다. 항공사고의 60~70% 이상이 인적요인, 특히 조종사 요인에 의해 발생하고 있다는 통계에서도 알 수 있듯이 조종사의 조작 수행과 판단은 항공기 사고를 직접적으로 좌우하는 중요한 요인이다. 올바른 조종은 비행상황을 정확히 파악하는 것에서부터 출발한다. 비행에서 상황인식이 중요한 이유는 항공기 조종이 다른 어떤 직무보다도 복잡하고 다면적인 관계로 처리해야 할 정보가 많기 때문이다. 조종사가 항공기 조종에서 해야 할 핵심적인 일은 항공기가 공중에 떠 있도록 하는 것으로, 이를 위해서 조종사는 추력(power), 피치(pitch), 롤(roll) 등을 적절히 조절하게 된다. 그런데, 이와 같은 항공기 안정성(stability)과 관련된 변수들이 변하면 고도, 방향, 위치 등 항행(navigation)과 관련된 요소도 같이 변하기 때문에 조종사는 항공기 안정성 변수와 항행적 변수를 동시에 고려해야 한다(Wickens, 1998). 즉, 항공기 조종은 동시다발적으로 발생하는 항공기 내·외부 환경변화에 관한 정보처리와 그에 따른 조작이 순환적으로 반복되는 과정이라고 볼 수 있다(권오영, 신현정, 1999).

비행에서 시간적으로 그리고 공간적으로 변화하는 상황에 대한 정보처리의 문제는 '상황인식(situational awareness)'이라는 용어로 다루어져 왔다(Durso & Gronlund, 1999; Endsley, 1995a, 1995b; Flach, 1995; Sarter & Woods, 1991; Sohn, 2002; Wickens 1999). 상황인식은

주변에서 무슨 일들이 일어나고 있는지를 아는 것으로서, 항공기의 운항과정에서 환경 요소들에 대한 지각 및 이에 근거한 판단과 의사결정, 향후 예상되는 상황에 대한 예측 등을 포함하며(손영우, 박수애, 2003), 선택한 행위가 효력을 발휘하고 있는지를 모니터하고 지속적으로 상황 평가(assessment)를 최신화(updating) 하는 과정이다(Endsley, 1988; Tenney, Adams, Pew, Huggins & Rogers, 1992 - 상황인식에 관한 보다 상세한 개관은 손영우, 박수애, 2003을 보라).

조종사는 항공기의 이륙에서부터 착륙에 이르기까지 다양한 위험에 노출된다. 예컨대, 속도저리 미흡이나 이상자세로 인한 실속(stall speed), 운중(雲中) 또는 야간의 선회비행시 발생할 수 있는 공간정위 상실(spatial disorientation), 타 항공기 또는 조류와의 충돌, 착륙시 활주로 정대(alignment) 및 진입각(glide slope) 유지 미숙으로 인한 강착(hard landing)이나 활주로 이탈 등을 들 수 있다. 이러한 위험들은 대형 사고를 초래할 수 있다는 측면에서 그 관리에 대한 중요성이 강조되고 있다. 다양한 위험을 관리하여 사고가 나지 않도록 하기 위해서는 우선적으로 올바른 상황인식이 중요하다. 올바른 지각과 판단, 최적의 의사결정, 그리고 앞으로 발생할 수 있는 상황에 대한 예측은 정확한 항공기 제어와 위험을 최소화하는 데에 선결조건이 된다.

조종사가 위험상황을 올바로 인식하고 적절히 대처할 수 있는 능력은 그와 같은 위험상황을 경험해 봄으로써 향상될 수 있다. 그러나 위험상황을 경험해보기 위해서 비행시 일부러 위험상황을 연출하는 것은 사고의 위험 때문에 한계가 있으며, 또한 원하는 대로 상황조건을 다양하게 변화시키기도 힘들다. 이

러한 경우에 비행 모의훈련장비는 적절한 대안이 될 수 있다. 최초의 비행 모의훈련장비는 1929년에 고안된 'Link Flight Simulator'로서, 기계적인 구조물과 전기장치를 결합시킨 원시적인 것이었다. 이후 컴퓨터 기술의 눈부신 발전에 힘입어 항공기와 동일한 계기 표시 및 항공역학(aerodynamics)을 적용한 조작장치 모의가 가능하게 되었고, 비행 영상에 있어서도 실제 상황과 거의 유사한 영상을 컴퓨터 그래픽으로 구현할 수 있는 수준에 이르게 되었다. 현재에는 항공기 조종기술의 습득 목적 외에도 실제 비행에서 하기 힘든 위험상황에 대한 대부분의 훈련이 비행 모의훈련 장비에서 이루어지고 있다.

본 논문에서 소개하고자 하는 비행 모의훈련 시스템은 조종사에게 크게 두 가지 측면의 비행상황인식 능력을 향상시키기 위해 개발되었다. 첫 번째는 가속도<sup>1)</sup>에 의한 G-LOC(G induced Loss Of Consciousness)사고를 방지하기 위하여 G-LOC과 관련되어 있는 비행상황인식 향상에 초점을 맞추었다. 전투기 조종사의 경우에는 일반 항공기 조종사와는 달리 높은 가속도에 자주 노출된다. 전투기는 순항을 목적으로 하는 일반 항공기와는 달리 빠른 전투기동을 목적으로 하기 때문에 높은 가속력과 급격한 선회가 가능하도록 설계되어 있다. 전투기 조종사는 공중전에서 적기를 추적하거나 또는 자신이 적기의 표적이 되는 것을 피하기 위해서 빠른 급선회 기동을 하게 되는데 이

1) 가속도란 단위시간에 대한 속도의 변화량이다. 가속도 크기는 지구 중력가속도( $9.81\text{m/s}^2$ )를 기준으로 한 비율로서 표시하는데, 대문자 'G'로 표기한다. 예컨대 2G의 가속도는 중력가속도의 두 배에 해당하는 가속도( $19.62\text{m/s}^2$ )를 의미한다. 가속도는 가감속 또는 선회기동시 발생하는데, 선회기동시 회전반경이 짧고 속도가 높을수록 G가 커진다.

과정에서 급선회에 따른 원심력으로 인해 높은 G의 가속도가 발생한다. 일반적으로 조종사가 6G 이상의 기동을 할 때에는 뇌로 혈류 공급이 제대로 이루어지지 않게 되어 의식상실에 빠지게 되는데, 이를 G-LOC이라고 한다. G-LOC에 빠진 경우 다시 의식을 회복하여 조종을 할 수 있기까지는 약 2초 정도의 시간이 소요된다(Whinnery, 1991). 조종사가 의식을 상실한 경우에는 조종불능상태이므로 G-LOC이 발생한 경우 대부분 항공기가 추락하는 중사고로 이어진다. 현재 우리나라에서 운용되고 있는 F-16과 같은 최신 전투기는 인간의 내성 한계를 뛰어넘는 고기동(high mobility)이 가능한 기종이다. 많은 조종사들이 고난도의 비행 훈련 중 G-LOC의 전 단계에서 나타나는 일시적인 시각적 장애(구체적인 것은 이후에 설명함)를 자주 경험한다고 보고하고 있다. 미공군의 경우를 보더라도 매년 3~4건의 비행 사고가 G-LOC에 의해 발생되고 있다는 점에서 그 위험성을 알 수 있다. 향후 우리나라 공군에서도 기존의 구세대 항공기를 대체하여 F-16과 같거나 그 이상의 성능을 지닌 최신 항공기들이 지속적으로 도입되고 있는 추세여서 G-LOC에 대해 보다 체계적인 대처가 필요한 시점이다.

두 번째는 착륙단계 또는 공대지 사격(air-to-ground attack)을 위해 지면으로 근접할 때의 상황인식에 관한 것이다. 항공기가 활주로에 착륙하기 위해서는 활주로의 방향과 항공기의 진행방향을 일치시키는 활주로 정대(alignment)와 일정한 고도에서 서서히 하강하여 활주로에 진입하는 활공각(glide slope) 유지가 중요하다. 착륙에 필요한 항공기의 자세(attitude), 고도(altitude), 방향(heading), 속도(speed) 등 각종 비행 제원의 정확한 유지는 상당히 어려운 과

제이다. 또한 착륙 단계에서는 각종 기기의 조작 행동이 많아지고 지상 관제소와의 무선 통화량도 늘어나기 때문에 작업부하가 크게 증가한다. 조종사의 인지/감각적 부하, 스트레스, 시간적 압박 등의 지표가 이 착륙 단계에서 높게 나타났다는 연구 결과(Hart, Hauser, & Lester, 1984)나 항공기 사고통계에서 전체 사고의 50% 이상이 착륙단계에서 발생하고 있다(Boeing Commercial Airplane Company, 2003)는 것은 항공기 착륙이 그만큼 어렵고 복잡한 과제로 다른 비행단계보다도 조종사의 인적 실수(human error) 가능성이 높다는 것을 말한다(Nagel, 1988). 군용 항공기의 경우 지상/해상 목표에 대한 공격 및 지상근접 임무도 착륙에서와 마찬가지로 작업부하가 크게 증가한다. 목표를 향한 정확한 비행경로 유지, 목표물 탐지 및 무기유도를 위한 레이더 조작, 적의 대공 미사일 등 지상요격을 피하기 위한 전자전 기기 및 방어기기 조작 등 한정된 시간 내에 여러 가지 조작을 수행해야 한다.

조종사는 항공기 내부의 계기단서 뿐만 아니라 항공기 외부의 환경단서를 지속적으로 확인하면서 항공기를 조종한다(권오영, 신현정, 1999). 항공기 외부의 대표적인 환경단서로는 목표물(활주로 또는 사격표적 외 이차원적인 패턴, 지면 결(ground texture)의 흐름, 지형지물의 상대적 크기 등이 있는데, 외부의 환경단서에 대한 조종사의 참조 의존도는 착륙시에는 활주로에 근접할수록 그리고 공대지 사격시에는 사격목표물에 가까이 갈수록 높아진다. 문제는 이러한 시각 참조들이 기상조건이나 조종사의 신체적, 심리적 변화에 따라서 다르게 지각되어 정확한 상황인식을 방해한다는 데에 있다. 지면으로 근접시 조종사가 정확한 상황인식을 하지 못하면 지면과 충돌하는 사

고가 초래될 수 있다. 따라서 각 가지 조건에서 외부의 환경단서가 어떻게 달리 지각되는지가 사전에 훈련을 통해 조종사의 머리 속에 기억되어 있다면 작업부하가 큰 지면근접 비행에서도 올바른 상황인식이 이루어 질 수 있을 것이다.

본 논문의 목적은 G-LOC 비행상황과 지면근접 비행상황에 대한 조종사의 상황인식 능력 향상을 위해 개발된 비행 모의훈련 시스템을 소개하는 것이다. 조종사에게 이러한 비행 상황인식 능력을 향상시키는 것은 궁극적으로 사고를 예방하고 비행의 안전을 보장하기 위한 것이다. 본 비행 모의훈련 시스템은 실제 항공기에 충실한 기능모의 구현에 초점을 맞춘 기존의 비행 모의훈련 장비들과는 달리 앞에서 기술한 비행상황을 효과적으로 인식하고 체험할 수 있는 인지적인 훈련을 위해 다양한 감각정보 제공과 비행 환경단서의 변화에 초점을 맞추어 개발되었다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 먼저 G-LOC 비행상황인식에서는 그 훈련의 필요성과 G-LOC에 대한 비행상황인식에 영향을 미치는 요인을 어떻게 구현하였는지를 소개하였다. 그 다음 G-LOC 비행상황인식 훈련을 위해서 감각적 요인이 조종사에게 어떻게 제공되는지를 다루었다. 지면근접 비행상황인식에서는 지면근접시 높낮이 및 거리판단을 위한 시각단서와 이러한 시각단서들을 변화시켜 변화된 비행환경에 대하여 조종사가 정확한 상황인식을 할 수 있는 내용을 다루었다. 마지막으로 본 개발장비의 외형적 구성과 주요 특성 및 부가장치를 소개하고, 논의부분에서는 본 장비의 개발 의의와 향후 활용 가능성을 제시하였다.

### G-LOC 비행상황인식

**G-LOC에 대한 인지적 훈련의 필요성:** 현재 대한민국 공군에서 이루어지고 있는 가속도 교육 훈련은 그림 1과 같이 이론교육, 신체 내성훈련, 실전 비행훈련의 세 단계로 이루어져 있다. 이론교육은 가속도에 대한 기본적인 지식을 습득하는 과정으로서 지상에서 학술강의로 진행된다. 이론교육 후에는 원심 가속장비 탑승을 통한 신체적 내성훈련이 진행되는데, 이 과정에서 조종사는 가속도에 대한 신체적 체험과 신체적 내성 증진을 위한 L-1 기법<sup>2)</sup>을 학습한다. 이 두 과정을 마친 조종사만이 실제 비행에 투입될 수 있는데, 조종사는 이론교육 및 신체내성훈련을 통해 배운 가속도에 대한 지식 및 내성기법을 실제 비행에 적용하게 된다.

그런데 현재의 가속도 훈련체계는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 원심가속장비를 활용한 신체 내성훈련 과정에서 조종사는 단지 물리적 힘에 의한 가속도에만 노출될 뿐 변화하는 외부 환경에 대한 시각적 정보가 없다. 특히 원심 가속도 훈련 중 의식상실에 빠지는 경우에는 의식상실 직전의 상황에 대한 기억상실로 인해 자신이 어떠한 행위를 하는 순간에 의식상실에 빠졌는지를 정확히 알지 못한다. 둘째, 가속도의 신체적 내성에는 각종 영향요

2) 선회기동시 사지에 혈액이 몰리지 않도록 하체의 근육과 하복부에 힘을 주어 하체 및 사지의 혈관을 수축시키는 동시에 호흡을 통해 뇌로 가는 동맥압을 유지시키기 위해 성문을 폐쇄시켜 폐압을 높여주는 방법을 L-1 기법이라 한다. 호흡 요령은 평균 3초간 호흡을 정지한 후 0.5~1초 내에 힘주어 빨리 호기함으로써 폐내의 공기를 약 1/3 정도 환기시킨 다음 동일한 요령으로 흡기 및 호기를 반복한다. L-1 기법 중 호흡의 요령만을 강조하는 것을 L-1 호흡이라 한다.



그림 1. 가속도 훈련의 현 단계

인들이 있으나 신체적 내성훈련 과정에서는 이들 영향요인들에 의한 G 내성 변화를 인식하는 훈련은 고려되지 않고 있다. 셋째, 실전 비행과정에서의 가속도 훈련은 의식상실로 인한 사고의 위험성 때문에 극한적 가속도 비행 상황에 대한 훈련은 하기 어렵다는 것이다.

따라서 이러한 제한점을 극복하는 훈련 시스템을 개발할 필요성이 제기되었다. 즉, 비행 기동에 따른 외부환경 변화, 그리고 가속도에 대한 신체적 내성에 영향을 미치는 변수와 가속도간의 관계를 대응시키는 상황인식 훈련이 가능하고, 실제 비행훈련에서 수반될 수 있는 의식상실에 의한 사고 위험으로부터 자유로운 시뮬레이터 기반의 인지적 상황인식 훈련시스템 개발이 제안되었다.

**G-LOC에 대한 비행상황인식에 영향을 미치는 요인의 구현:** 그림 2는 G-LOC에 대한 비행상황인식에 영향을 미치는 세 가지 요인이 어떻게 결과적으로 표현되는지를 단순화한

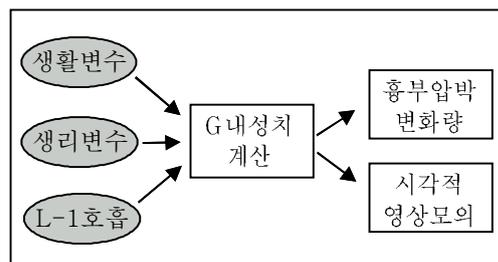


그림 2. G-LOC 비행상황인식에 영향을 미치는 요인의 흐름도

표 1. 생활변수 범위 및 가중치

종류	음주 정도		흡연량		흡연 기간		피로도		운동량	
	범위	가중치	범위	가중치	범위	가중치	범위	가중치	범위	가중치
값	무음주	0	비흡연	0	비흡연	0	상쾌	0	매일운동	0
	미취	30	반갑이하	30	1년이하	30	경피로	30	주당 3일이상	30
	경취	60	반갑이상	60	1~3년	60	중피로	60	주당 1~3일	60
	만취	100	한갑이상	100	3년이상	100	과피로	100	거의안함	100

표 2. 생리변수 범위 및 가중치

종류	최고혈압		최저혈압		근 력	
	범위	가중치	범위	가중치	범위	가중치
값	150~160	100	100~110	100	상	0
	140~150	60	90~100	50	중	50
	130~140	30	80~90	0	하	100
	120~130	0	70~80	0		
	110~120	0	60~70	50		
	100~110	30	50~60	100		

것이다. 그림 2에서 타원형은 입력 가능한 변수를 나타낸 것이고, 사각형은 이에 따른 결과를 나타낸 것이다. 입력 가능한 변수는 생활변수, 생리변수, 그리고 L-1 호흡이다.

생활변수는 조종사의 일상생활 내용을 반영한 것으로, 음주 정도, 흡연량, 흡연 기간, 피로도, 그리고 운동량이 포함되도록 하였다. 그 범위 및 가중치는 표 1과 같다.

생리변수에는 혈압과 근력이 포함되도록 하였다. 그 범위 및 가중치는 표 2와 같다.

생활변수와 생리변수의 범위와 가중치는 신체의 최상 조건을 기준으로 하여 임의적으로 부여하였다. G 내성치는 개인의 생활변수, 생

리변수, 그리고 L-1 호흡의 가중치를 토대로 계산이 된다.

G 내성치는 호스트 컴퓨터에서 비행모의 프로그램에 의해 비행역학적으로 계산된 절대 G값( $G_A$ )에 바이오 내성치(생활변수와 생리변수에 의한 내성치를 편의상 바이오 내성치라 하겠다)와 L-1 호흡 내성치를 동시에 고려하여 상대 G값( $G_R$ )으로 계산된다.

$$G_R = \frac{1}{B_{L1}} \times k_{BIO} \times G_A$$

약어 설명

$G_R$  : 내성치를 고려한 조종사에게 미치는 상대 G

$G_A$  : 내성치를 고려하지 않은 항공기에 미치는 절대 G

이 계산식에서 바이오 내성치 ( $k_{BIO}$ )가 증가할수록 상대 G ( $G_R$ )가 증가하고, L-1 호흡 내성치 ( $B_{L1}$ )가 증가할수록 상대 G ( $G_R$ )가 감소한다. 상대 G가 증가하면 절대 G보다 G 값이 높기 때문에 동일한 조건에서 G-LOC에 빠지기 쉽다.

바이오 내성의 계산 방법은 다음과 같다. 생리변수를 구성하는 요소는 혈압, 근력이며 생활변수를 구성하는 요소는 음주, 흡연, 피로도이다. 각 요소별 가중치  $k_{ij}$  의 합  $\sum k_{ij} = 1.0$  이며 변수값  $m_{ij}$  의 범위  $0.0 \leq m_{ij} \leq 100.0$  이다.

$$k_{BIO} = \frac{(k_{BIOmax} - 1.0) \times (k_P m_P + k_L m_L)}{100.0} + 1.0$$

여기서,

$$m_P = k_{BP} m_{BP} + k_{MP} m_{MP}$$

$$m_L = k_{LA} m_{LA} + k_{LS} m_{LS} + k_{LF} m_{LF}$$

$k_{BIO}$  의 범위는 다음과 같다.

$$1.0 \leq k_{BIO} \leq k_{BIOmax}$$

약어 설명

$k_{BIO}$  : 생리변수 생활변수를 고려한 바이오내성치

$k_{BIOmax}$  : 생리변수 생활변수를 고려한 바이오내성치의 최대값

$k_P$  : 생리변수 가중치

$k_{BP}$  : 생리변수 중 혈압 가중치

$k_{MP}$  : 생리변수 중 근력 가중치

$k_L$  : 생활변수 가중치

$k_{LA}$  : 생활변수 중 음주 가중치

$k_{LS}$  : 생활변수 중 흡연 가중치

$k_{LF}$  : 생활변수 중 피로도 가중치

$m_P$  : 생리변수 값

$m_{BP}$  : 생리변수 중 혈압변수 값

$m_{MP}$  : 생리변수 중 근력변수 값

$m_L$  : 생활변수 값

$m_{LA}$  : 생활변수 중 음주변수 값

$m_{LS}$  : 생활변수 중 흡연변수 값

$m_{LF}$  : 생활변수 중 피로도변수 값

L-1 호흡의 내성치는 일정기간 동안에 조종사가 실시한 L-1호흡 유무와 호흡량을 계산하여 G 내성치에 반영되도록 하였다. L-1 호흡의 내성치 계산식은 다음과 같다.

$$B_{L1} = 1.0 + \frac{\int_{t_{ok}}^{t_{now}} S_{L1}(t) dt}{t_{now} - t_{old}}$$

L-1호흡의 내성치 범위는 다음과 같다.

$$1.0 \leq B_{L1} \leq B_{L1max} (= 1.5)$$

약어 설명

$B_{L1}$  : L-1 호흡에 의한 내성치

$S_{L1}(t)$  : L-1 호흡에 의해 센서에 측정되는 호흡량

$t_{now}$  : L-1 호흡 실시 중 현재 시간

$t_{old}$  : L-1 호흡이 내성 변화에 영향을 미치는 시간

$B_{L1max}$  : L-1 호흡에 의한 내성치의 최대값

이렇게 계산된 상대적 G 내성치를 기준으로 하여 한편으로는 가속도에 의해 나타나는 시각적 기능 장애 현상을 영상으로 모의하고, 다른 한편으로는 G에 따른 흉부압박 체감각

정보량을 산출하도록 하였다.

G-Belt의 압박은 상대 G값에 의해 변화하도록 하였다. 그런데, 조종사가 G-Belt로부터 미세한 압박을 받을 경우에는 조종사의 복장(G-suit)으로 인해 그 영향을 거의 느낄 수가 없다. 실제 비행에서도 G값이 작을 경우에 조종사가 G에 따른 신체변화를 지각하지 못한다. 그 값은 호스트 컴퓨터로부터 받은 상대 G값이 1 이하가 되도록 하였다. 한편, 호스트 컴퓨터로부터 받은 최대 상대 G값은 7G가 되도록 하였다. 실제 최신 전투기를 제외한 대부분의 전투기의 한계 G가 7G까지이기 때문이다. 이를 토대로 하여 호스트 컴퓨터로 받은 상대 G값과 조종사가 G-Belt를 통해 체감으로 느끼는 심리적 강도와의 관계는 로그함수(log function)가 되도록 하였다. 조종사가 가장 민감하게 감각할 수 있는 상대 G값은 3G가 되도록 하였다. G-Belt의 작동 메카니즘은 위의 사항을 고려하여 다음과 같은 수식으로 표현되도록 하였다.

1)  $G_R \leq 1.0$  인 경우

$$F_{belt} = 0.0$$

2)  $1.0 < G_R \leq G_{R\ feel}$  인 경우

$$F_{belt} = \frac{F_{belt\ feel}}{(G_{R\ feel} - 1.0)} (G_R - 1.0)$$

3)  $G_{R\ feel} < G_R \leq G_{R\ max}$  인 경우

$$F_{belt} = \frac{(F_{belt\ max} - F_{belt\ feel})}{(G_{R\ max} - G_{R\ feel})} (G_R - G_{R\ feel}) - F_{belt\ feel}$$

4)  $G_{R\ max} < G_R$  인 경우

$$F_{belt} = F_{belt\ max}$$

약어 설명

$F_{belt}$  : G-Belt에 작용하는 힘

$F_{belt\ max}$  : G-Belt에 작용하는 최대 힘

$F_{belt\ feel}$  : 조종사가 감각할 수 있는 G-Belt의 최소 힘

$G_R$  : 호스트 컴퓨터로부터 받은 상대 G

$G_{R\ max}$  : 호스트 컴퓨터로부터 받은 최대 상대 G

$G_{R\ feel}$  : 조종사가 민감하게 감각할 수 있는 상대 G

### G-LOC 비행상황인식 훈련을 위한 감각적

요인의 구현: 가속도 부하시 시각 기능의 장애<sup>3)</sup>는 의식상실에 앞서 나타나는 전조 증상이다. 시각 기능의 저하는 먼저 색깔(color vision)이 사라져 사물이 흑백으로 보이면서 동시에 주변시가 상실되어 시야가 점차 좁아지는 터널시(tunnel vision) 증상이 나타나는데, 이를 gray-out이라고 한다. 가속도 부하가 계속되어 뇌로 가는 혈류공급의 장애가 지속되면 흑백으로 보이던 시각조차 사라져 아무것도 보이지 않는 암흑 상태의 시각기능 상실이 나타나는데, 이를 black-out이라고 한다. black-out 상태는 단지 시각이 상실된 상태일 뿐이며, 의식은 여전히 살아있는 상태이나 그 시간이 길지 않다. 그러나 G onset rate(가속도의 변화율)가 큰 급격한 선회기동에서는 gray-out, black-out과 같은 전조 증상 없이 바로 G-LOC에 진입될 수도 있다(공군항공의료원 2002).

가속도 부하시 발생하는 시각 기능의 장애는 디스플레이의 영상으로 구현하였다. 조종사가 가속 조작을 했을 때 먼저 발생하는

3) 수직방향의 양성가속도(positive acceleration)로 인해 혈류가 뇌로 원활하게 공급되지 않는 경우, 의식상실에 이르기 이전에 시각기능 저하가 나타난다. 망막은 신경해부학적으로 뇌에서 파생되어 발달된 구조로서, 뇌로 혈류가 공급되지 않는다는 것은 망막에도 혈류가 공급되지 않는다는 것을 의미한다.

gray-out 단계에서는 디스플레이의 주변부터 사물이 흑백으로 보이면서 점차 화면 중심으로 좁아지는 터널처럼 색감이 사라지도록 하였다. 두 번째 단계인 black-out의 상황에서는 디스플레이의 영상이 까맣게 되어 아무 것도 보이지 않도록 하였다. 이 때에는 청각기능이 상실된 것이 아니므로 음향(마스킹 착용상태의 개인 호흡 소리, 항공기 엔진소리 등) 정보는 제공 되도록 하였다. 마지막 G-LOC에 진입되면 모든 시각적, 청각적 정보는 제공되지 않으며 또한 비행조작도 불가능하도록 하였다. 실제 비행에서 조종사가 G-LOC에 도달하면 전혀 비행조작을 할 수 없기 때문에 의식이 상실되었다는 가정하에 각종 비행조작의 입력이 되지 않도록 한 것이다. 부가적이긴 하지만 가속도 부하시 점차 고통스럽게 일그러지는 조종사의 얼굴이 중앙화면 우측 상단에 가상 조종사를 통해 7단계별로 구현되도록 하였다. 이는 현재 조작하는 조종사의 얼굴이 가속도에 노출되는 정도를 가상 조종사의 얼굴 표정을 통해 간접적으로 인식 가능토록 하기 위한 것이었다. 이 기능은 통제실에서 선택적으로 제공될 수 있도록 하였다.

조종사가 비행 모의훈련 상황이나 실제 비행상황에서 G-LOC에 진입되기 전에 속도를 낮추거나 선회기동을 해제하게 되면 의식상실이 되지는 않는다. 그러나 비행 모의훈련 장비를 활용하거나 실제 비행훈련 시 훈련 목적상 가상의 적기와 교전을 하다보면 G부하가 많이 걸리는 기동을 할 수밖에 없다. 개발된 본 비행 모의훈련 시스템에서도 미리 설정 가능한 적기와 교전을 통해 조종사들이 쉽게 G-LOC에 도달할 수 있도록 하였다. 조종사는 G부하가 많이 걸리는 기동을 할 때 그 때의 속도와 가속도, 비행 자세와 고도, 그리고 방

향에 대한 정보가 복합된 시공간상의 비행 궤적과 G 정도와의 관계를 알 수가 있다.

흉부압박 체감각 정보는 실제 비행기동시 가속도에 의해 나타나는 감각정보는 아니다. 이 감각정보는 조종사에게 가속도의 진행 상황을 보다 실감있게 전달해 주기 위해서 고안되었다. G에 의한 시각적 기능 장애를 영상적으로 표현한 정보와 함께 추가적으로 제공되는 흉부압박 체감각 정보는 인위적으로 생성한 감각 정보이지만, 가속에 의한 비행상황의 진행과정을 파악하는데 도움을 준다. 그렇다고 이것이 실제 비행과 전혀 관계없는 정보는 아니다. 실제 비행에서 전투기 조종사들은 가속도에 대한 신체적 내성을 높이기 위해 G-suit 라는 공기로 압박되는 바지를 착용하게 된다. G-suit는 G 수준의 정도에 따라서 공급되는 공기량이 늘어나 복부 이하의 하체 부분을 압박하도록 되어 있다. 본 비행 모의훈련 시스템의 흉부압박 장치는 G-suit의 경우와 부위는 다르지만, G 수준에 따라서 연동되는 체감각 정보를 제공하는 측면에서 실제 비행상황과 유사하다고 할 수 있다.

G-LOC 비행상황인식 능력 향상을 위하여 본 비행 모의훈련 시스템은 가속도 부하에 따른 시각 기능 장애의 영상 모의와 흉부압박 체감각 정보로 제공되는 G 수준이 비행 조작에 따라서 어떻게 나타나는지, 그리고 신체 변수 및 생활 변수 등의 가속도 내성 영향요인들의 변화에 따라 그 결과가 어떻게 달라지는지를 정상적인 의식상태에서 가상적으로 체험해 볼 수 있는 기회를 제공한다. 즉, 이 비행 모의훈련 시스템은 비행환경 및 세 범주의 입력 변수와 이에 따른 결과적 상황모의간의 인과관계를 의식이 명료한 상태에서 인지적으로 학습할 수 있도록 해준다.

### 지면근접 비행상황인식

**지면 근접시 시각 단서:** 항공기 조종은 시각에 크게 의존한다. 특히 착륙이나 지상사격과 같이 지면에 근접하는 비행의 경우에 조종사는 눈에 들어오는 지형지물의 크기, 모양, 지면 결의 기울기, 결의 흐름 등 시각적 단서를 해석하여 고도와 속도를 조절하게 된다 (Green, Muir, James, Gradwell, & Green, 1996). 예를 들면, 착륙시 조종사는 사다리꼴 형태로 보이는 활주로 패턴(모양과 크기)에 의존하여 자신의 항공기 고도가 얼마인지를 대략적으로 알게 된다(이강준, 박창범, 김현택, 2001). 조종사의 머리 속에는 수없이 반복된 착륙 경험을 통해서 각 고도별 활주로의 모양과 크기에 대한 시각적 정보가 저장되어 있는 것으로 보인다.

그런데 이와 같이 모양과 크기에 대해 학습되어 있는 전형적인 기억이 때로는 부정적인 결과를 가져올 수도 있다. 활주로의 폭과 길이는 대체로 국제적 규격을 따르기는 하지만 공항의 지형적 형편에 따라서 그 폭과 경사도에 있어 다소의 차이가 있을 수 있다. 이와 같은 활주로는 평소에 보아왔던 정상적인 활주로의와는 모양이 다르게 지각되어 고도 및 진입각의 판단에 착오를 불러오게 된다. 실제로 활주로 내에서 사고가 발생하여 활주로는 폐쇄되는 경우, 연료부족이나 항공기 결함 등으로 긴급착륙 해야하는 항공기가 있을 때는 주 활주로보다 폭이 좁은 보조 활주로나 taxi-way에 착륙하게 된다. 이러한 경우, 조종사는 기존의 정상적인 크기의 활주로 패턴에 익숙해져 있는 관계로 새로이 긴급 착륙할 좁은 활주로는에 대한 접근 조절이 쉽지 않으며, 평소 해오던 대로 조작을 수행할 경우 강착(hard landing)할 가능성이 높다. 즉, 조종사는 거의

자동적으로 평소에 익숙한 정상 폭의 활주로 모양을 염두에 두고 조작하기 때문에 정상 폭의 활주로에서보다 고도 및 속도를 더 낮고 빠르게 가져가게 된다. 따라서 조종사는 사전에 다양한 환경조건에서 지면에 근접하는 상황을 경험하여 그 차이를 인식하는 것이 필요하다.

**비행관련 시각 단서의 변화 모의:** 본 비행 모의훈련 시스템은 조종사가 변화된 비행 환경에 대해 정확한 상황인식과 올바른 판단을 훈련할 수 있도록 시각적인 비행환경이 다양하게 변화될 수 있도록 만들어졌다. 시지각과 관련된 환경조작은 크게 세 부분으로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 착륙과 관련이 있는 시지각 단서들이 다양하게 변화가 가능하도록 하였다. 그 단서들은 활주로의 폭, 경사도, 활주로 주변의 지형지물 크기, 활주로 활강시의 주변 결의 흐름 속도, 활주로 길이 착시와 관련이 있는 주변 도로의 배치 등이며 이를 변화 조작할 수 있도록 하였다. 일반적으로 주 활주로의 폭은 150feet이나 본 시스템에서는 75feet, 100feet, 200feet, 230feet 등 다양하게 활주로 폭을 바꾸어 시현할 수 있다. 활주로 경사도는 정상(수평), +2°, -2°로 변화가 가능하도록 하여 활주로는가 위쪽 또는 아래쪽으로 기울어질 수 있도록 하였다. 활주로 주변의 지형지물은 주로 비행장 내의 건물 및 시설물이 해당되는데, 그 크기는 실물 대비 0.4배, 0.7배, 1.3배, 1.5배로 변경될 수 있도록 하였다. 활주로를 향해 활강할 때 또는 활주로는 상에서 이·착륙을 할 때에는 조종사는 주변 결의 흐름을 통해 직접적으로 속도를 지각하게 되는데, 이러한 주변 결의 흐름 속도도 실제 속도계보다 더 빠르거나 더 느리게 변화할 수 있

도록 모의하여 그 속도가 실제 속도의 0.6배, 0.8배, 1.2배, 1.4배가 되도록 하였다. 간단하게 표현한다면, 실제 속도와 속도계간의 불일치 정도를 다르게 조작하는 방식이다. 즉, 속도를 나타내는 계기를 실제 주변결의 흐름 속도와 다르게 인위적으로 더 빠르게 또는 더 느리게 설정하는 방법이다. 마지막으로, 활주로 끝단에 임의의 가상 도로를 화살표 형태로 만들어 Müller Lyer 착시를 유발하게 하여 활주로의 심리적 길이를 변화시킬 수 있도록 하였다.

두 번째로는 전투기의 지상사격(기총 사격 및 폭탄 투하)과 관련이 있는 사격장의 표적 서클 크기 및 해상선박(해상공격의 경우)의 크기 등이 다섯 단계로 조절가능하도록 하였다. 동일한 표적에 대한 상대적 크기를 변화시키는 것은 조종사에게 한계 고도 이하의 진입에 영향을 줄 수 있는 요인을 인지시킬 수 있다. 조종사는 특정 위치에서 늘 친숙한 표적 크기에 노출되다가 그 표적이 작거나 크게 보이면(실제로 그 크기를 인위적으로 바꾸었지만) 표적확보를 위해 한계고도 이하로 진입하거나 충분한 표적확보로 지상사격을 미리 실시해 버릴 수도 있다.

셋째로는 기상의 변화이다. 즉, 주간 및 야간, 야간시 월광 또는 무월광, 구름(구름 층은 1층에서 3층까지, 구름의 두께, 층간 폭, 고도, 구름 종류 등), 우천, 눈, 뇌우, 황사, 안개 등 다양한 기상변화 모의가 가능하도록 하였다. 그리고 이러한 변화는 시스템을 정지하여 초기 설정해야 하는 기존의 비행 모의훈련장비와는 달리 시스템 동작 중에도 수시로 변경 설정하여 제시할 수 있도록 하였다.

이와 같은 다양한 환경변화에 대한 훈련은 실제 비행에서는 단기간에 하기 힘들며, 무엇보다도 사고위험에 대한 불안 없이 다양한 조

건을 경험해 볼 수 있다는 것이 비행 모의훈련장비의 장점이다. 특히 본 시스템의 특징은 기존의 비행 모의훈련장비들이 구현하고 있는 기상환경모의 기능 이상으로 비행과 관련된 다양한 시각 단서에 대한 경험이 가능하도록 했다는 데에 있다.

### 비행상황인식 모의훈련 시스템

**비행모의장비의 기본 구성:** 본 비행 모의훈련 시스템은 비행기능 측면에서 FFS(Full Flight Simulator)<sup>4)</sup>처럼 항공기와 동일하게 모든 기능을 구현한 장비가 아니라 앞서 기술한 목적의 훈련 수행에 필요한 비행 기능만을 선택적으로 구현한 제한된 기능의 비행모의 장비이다(그림 3). 그러나 항공기 모의장비인 만큼 비행은 물론이고 이·착륙과 같은 항공기의 기본적인 기능이 수행될 수 있도록 기본적인 계기와 조작장치(조종간, 쓰로틀 러더 페달, 그리고 스위치(착륙기어 스위치, HOTAS)<sup>5)</sup> 스위치) 등이 갖추어져 있으며, 특히 조종간의 경우에는 실제와 유사하게 조작부하가 느껴지도록 forced stick을 적용하였다. 본 비행모의 장비에서는 실제 항공기의 조종석 패널에 부착되어 있는 기타 스위치류를 적용하지 않았다. 그 이유는 첫째, G-LOC 비행상황이나 지면 근접 비행상황에 대한 조종사의 인식능력

4) FFS란 실제 모델이 되는 항공기와 동일한 계기 및 스위치류를 장착하고 있으며 그 작동방식이나 기능도 실제 모델 항공기와 동일하게 모사되는 시뮬레이터를 말한다. 일반적으로 FFS의 개발비용액은 실제 모델 항공기보다도 비싼 편이다.

5) HOTAS(Hands On Throttle And Stick): 비행시 조종사가 조종간이나 쓰로틀 조작중에도 자주 사용되는 통화 스위치 및 레이더 스위치 등을 조종간이나 쓰로틀에 설치하여 조작할 수 있도록 인간공학적으로 설계된 조종간 체계를 말함



그림 3. 비행모의 훈련 시스템 구성

을 향상시키는 것과는 크게 관련이 없기 때문이며, 둘째는 개발비용의 한계가 있었기 때문이다. 조종석의 형상 및 비행역학은 공군에서 개발된 T-50 초음속 훈련기를 모델로 하였다. T-50 초음속 훈련기는 기능 면에서 F-16과 같은 빠른 기동과 순간 가속도에 쉽게 도달하는 최신에 기종으로서, 본 시스템이 목표로 하는 G-LOC 비행상황인식 훈련 및 차세대 항공기에 대비한 훈련에 적합한 선택이라고 할 수 있다.

비행모의장비에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 시각적 영상장치 부분이다. 비행 모의훈련 장비에서 시각적 영상장치는 실제 비행과 얼마나 유사한 지를 결정하는 중요한 요소일 뿐만 아니라 동시에 개발비용면에서도 전체 개발비용의 60% 이상을 차지하기 때문이다. 본 시스템의 영상은 디스플레이 장치와 영상을 발생시키는 컴퓨터로 구성되어 있다. 디스플레이 장치는 한 채널당 84인치 크기인 평면스크린이 6개가 조합된 다채널 후면투사방식이다. 영상을 발생시키는 컴퓨터는 각 채널당 한 개씩 할당되도록 하였다. 전체 디스플

레이의 시야각(FOV)은 수평이 180°, 수직이 90°이다. 시야각의 제한과 평면스크린으로 시각적 영상을 구현한 것은 개발 비용의 한계 때문이다. 물론 디스플레이의 시야각 제한이 거의 360°로 구현되는 돔형(dome type)에 비해 실제성을 다소 떨어지게 하는 것은 사실이다.

**G-LOC 비행상황인식 관련 부가장치:** 앞서 1.2의 'G-LOC에 대한 비행상황인식에 영향을 미치는 요인' 부분에서 기술한 바와 같이, G 수준에 대한 정보를 흉부압박 체감각 자극 형태로 전달해 주기 위해서 'G-Belt'라고 명명한 흉부 압박장치가 조종석에 설치되어 있다. 하드웨어 구성은 서보모터와 제어용 컴퓨터, 그리고 흉부 압박 패드 및 벨트로 되어 있다. 압박장치의 앞부분은 조종사의 가슴에 압박을 가하는 패드가 설치되어 있으며, 자동차 안전벨트 식의 버클 2개로 고정하도록 되어 있다.

가속도 부하가 유발되는 비행시 조종사의 L-1 호흡 실시 유무 및 누적 강도를 측정하기 위해서 'G-Sensor'라고 하는 인장식 압력센서를 복부에 착용하도록 하였다. 조종사가 가속도

유발 비행기동을 할 때 하복부 근육에 힘을 주어 근육이 팽창되면 센서의 값이 바뀌고, 이 값은 신호증폭회로 보드를 통해 컴퓨터로 전달된다. 이때 조종사가 G 내성치를 최대화하려면 먼저 L-1 호흡을 실시하여야 하고 부가적으로 평균 3초간 호흡을 정지한 후 0.5~1 초 내에 힘주어 빨리 호기하는 호흡을 시행하여야 한다.

## 논 의

조종사가 항공기를 조종할 때에 노출되는 위험은 상당히 광범위하고 다양하다. 임무수행시 수반되는 위험을 관리하기 위해서는 신속하고도 정확한 상황인식이 필요하다. 상황인식 능력은 해당 상황에 대한 반복적인 경험을 통해서 향상될 수 있다. 그러나 실제 비행을 통해서 다양한 비행상황을 경험한다는 것은 비행사고의 위험성과 목적에 맞는 상황의 연출이 힘들기 때문에 한계가 있다. 이 때문에 항공기 개발 초기 시절부터 여러 가지 모의훈련장비가 개발되어 왔다.

본 비행모의 훈련 시스템은 비행상황인식에 필요한 기본적 비행장치와 몇몇 부가적인 조작장치로 구성되어 제한된 기능을 구현하는 비행시뮬레이터이다. 그렇긴 하지만 본 비행모의 훈련 시스템은 실제 항공기의 비행역학을 그대로 적용하였고, 상황인식 훈련에 맞게 인간의 감각적 특성을 충분히 고려하여 특화 설계하였다는 점에서 기존의 일반적인 시뮬레이터와는 차별화된다. G-LOC 비행상황의 모의에서는 G정도에 따라 디스플레이상의 영상을 단계별로 구현하였으며 아울러 G-Belt를 통해 체감각 정보도 제공되도록 하였다. 다만, G 내성에 영향을 미치는 생활변수와 생리변수의

범위와 가중치는 정확한 데이터에 근거한 한 것이 아니라 신체의 최상 조건을 기준으로 하여 임의적으로 부여하였다. 그 이유는 우선 각 변수들의 영향에 대해 수치적인 관계를 밝힌 연구가 부족하고, 보다 실용적인 이유는 각 변수들의 변화에 의한 G 내성의 차이를 느끼게 하는 것이 주 목적이기 때문에 각 변수들의 차이에 대한정확도가 필요하지 않았다. 그렇지만 향후 보다 엄밀하고 정확한 실험적 데이터에 근거하여 그 범위와 가중치를 명세할 필요는 있을 것으로 보인다.

항공분야에서 심리학적인 기초 지식과 원리를 적용한 비행 모의훈련 시스템 개발은 심리학의 적용 가능성과 적용 영역의 확장에 시사하는 바가 크다. 물론 국내에서는 이제 시작의 첫발을 내딛는 단계이고, 보다 세밀하고 특화된 심리학적 기능 구현이 요구되지만 단순한 비행모의 기능을 넘어서게 한 계기를 마련했다는 측면에서 그 개발의 의의가 있다고 하겠다. 그러나 더욱 중요한 것은 개발된 본 비행 모의훈련 시스템의 향후 활용이다. 기본적으로는 조종사를 대상으로 사고방지를 위한 교육 및 훈련에 이용될 수 있겠지만 조종사의 비행조작행동 특성 등 항공심리학적인 연구에 활용될 수 있다. 예를 들면, 본 시스템에 쓰인 동작분석기나 안구운동추적 장치 등을 결합할 경우 비행 초보자와 숙련자간의 비행조작 차이나 시각 정보처리 방식의 차이에 관한 연구 등이 가능하며, 외부 환경 변화가 비행조작의 정확성에 미치는 효과(예컨대, 착륙시 활주로의 폭의 넓이에 따른 착륙의 정확성, 경사진 활주로와 경사지지 않은 활주로간의 착륙 정확성, 기상상태에 따른 비행 조작의 안정성, 지상 또는 해상사격시 표적물의 크기에 따른 사격 적중률의 차이연구 등등)라든지,

학습의 전이(transfer) 문제라든지 등 다양한 연구를 수행해 볼 수 있다. 본 시스템의 개발이 국내에서는 아직은 생소한 항공심리학 분야의 연구 활성화에 계기가 되었으면 한다.

### 참고문헌

- 권오영, 신현정 (1999). 비행기 착륙장면에서 진입각 지시등의 배열과 거리 및 활주로 단서가 진입각 판단에 미치는 효과. 한국심학 및 인지심리학회 여름학술대회발표논문집, 43-52.
- 이강준, 박창범, 김현택 (2001). ERP를 통해 나타난 항공기 진입각 지시등의 배열에 따른 높낮이 판단의 효율성 차이. 한국심리학회지: 생물 및 생리, 13, 83-101.
- 손영우, 박수애 (2003). 전문성과 작업기억 부하량이 조종사의 상황인식에 미치는 영향. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 16, 155-174.
- 공군항공의료원 (2002). 항공생리학 교본. 139-166.
- Boeing Commercial Airplane Company (2003). *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations, 1959-2003*.
- 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*, 283-314, New York: Wiley.
- Endsley, M. R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (pp. 97-101). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Endsley, M. R. (1995a). A taxonomy of situation awareness errors, In R. Fuller, N. Johnson, N. McDonald (Eds.). *Human Factors in Aviation Operations*, 287-292, Aldershot, England: Avebury Aviation, Ashgate Publishing Ltd.
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- Flach, J. M. (1995). Situation awareness: Proceed with caution. *Human Factors*, 37, 149-157.
- Hart, S. G., Hauser, J. R., & Lester, P. T. (1984). Inflight evaluation of four measures of pilot workload. In *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Human Factors Society* (pp. 945-949). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Green, R. G., Muir, H., James, M., Gradwell, D., & Green, R. L. (1996). *Human Factors for Flight*. Avebury Aviation.
- Nagel, D. C. (1988). Human error in aviation operations. In E. L. Weiner and D. C. Nagel (Eds.), *Human Factors in Aviation* (pp. 278-280), San Diego: Academic press.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1991). Situation awareness: A critical but ill-defined phenomenon. *International Journal of Aviation Psychology*, 1, 45-57.
- Sohn, Y. W. (2002). Mental models, situation models, and expertise in flight situation awareness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, 377-381.
- Tenney, Y., Adams, M., Pew, R., Huggins, A., & Rogers, W. (1992). *A Principled Approach to the Measurement of Situation Awareness in*

- Commercial Aviation* (NASA Contractor Report 4451). Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Whinnery, J. E. (1991). *The G-LOC Syndrome* (Report No. NADC-91042- 60). Naval Air Development Center, Warminster, PA.
- Wickens, C. D. (1998). Frame of reference for navigation. In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention and Performance, Vol. 16*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wickens, C. D. (1999). Cognitive factors in aviation, In F. T. Durso, R. S. Nickerson, R. W. Schvaneveldt, S. T. Dumais, D. S. Lindsay and M. T. H. Chi (Eds.), *Handbook of Applied Cognition*, 247-282, John Wiley & Sons Ltd.
- 1차원고 접수: 2005. 7. 13  
최종게재결정: 2005. 12. 5

K C I

## Development of Flight Simulator for Improving Pilot's Situation Awareness

Oh-Young Kwon

Kang-Jun Lee

R.O.K. Air Force Safety Center

It is very important that pilot should be attached to correct situation awareness of diversifying circumstantial information for keeping on flight safety. Every pilot needs to attain pre-experiences on various circumstances for getting to correct and immediate situation awareness. For this goal, improving their abilities in situation awareness, we developed an unique training system, unlike the formerly existing simulators for flight training, with which we are able to focus on exercise in situation awareness. The development of this flight training system was continued with focusing on situation awareness especially in G-LOC and Ground Approach condition which may causes severe flight accident. Some possibility and the future practical use of the present system were discussed.

*Keywords : situation awareness, flight simulator, G-LOC, ground approach*