

비행안전을 고려한 조종사 안구움직임(visual search)의 특성에 관한 연구

최 정 현 , 김 영 준

공군사관학교 군사과학대학원 항공안전공학과

ABSTRACT

본 연구는 F-16 Simulator에서 모의비행하는 조종사를 그 대상으로 하였고 피실험자의 시역(視域)에서 물체에 대한 상대적인 눈의 움직임을 분석하고 영상처리기법을 사용하는 EL-MAR의 eye-tracking system을 사용하여 비행시 cross-check 하는 조종사의 눈 위치를 정확히 측정하고 안구움직임의 특성을 파악하였다. 비행상황을 정상상황, 비상상황으로 나누고 조종사는 숙련급, 비숙련급조종사로 구분하여 측정, 분석하였다.

정상비행상황에서는 숙련급조종사가 비숙련급조종사보다 계기에 머문시간은 짧고 계기의 관찰횟수는 많았으며 비상비행상황에서는 두 그룹의 조종사가 중점적으로 보는 계기가 달랐다. 조종사들이 많이 관찰하는 계기를 살펴보면, 계기에 머문시간에서는 HSI-ADI-ASI-ALT순으로 나타났고 계기의 관찰횟수에서는 ADI-HSI-ASI-ALT순으로 나타났다.

1. 서론

1.1 비행사고와 인적요소

1950년 이후 현재에 이르기까지 비행사고의 원인을 살펴보면 그 중 68%가 인적과실에 의한 사고임을 알 수 있다. 특히 최근('92~'94년)에는 비행사고의 거의 대부분이 인적과실에 의한 사고로 밝혀지고 있다.

[표1] 연대별 항공기 사고요인 현황

연대 원인	1950년대	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대	계	비율
인적요인	219(71%)	75(62%)	42(61%)	33(70%)	13(65%)	382	68%
자재요인	37	26	19	11	5	98	17%
원인미상	23	18	7	1	2	51	9%
기타	29	2	1	2	0	34	6%
계	308	121	69	47	20	565	100%

인적과실에 의한 사고가 많다는 사실은 역으로 방지할 수 있었던 사고가 그만큼 많다는 것을 의미한다.

그런데, 항공기 성능을 최대로 발휘하기 위하여는 항공기 자체의 성능이 우수해야함은 물론이고, 항공기와 그 운용자인 조종사 사이의 인간-기계 체계에 인간공학적 최적화를 구현함으로써 항공기 system의 최대 성능을 발휘할 수 있다. 표에서 보듯이 비행 사고중 대부분이 조종사 실수로 발생한

다고 보고되고 있어 인간공학적으로 최적 배치를 하여 Human Error를 최소화하게 설계함으로써 조종사 실수로 인한 사고를 사전에 예방할 수 있다.

1.2 연구의 필요성

인간이 외부로부터 받는 모든 정보의 80%는 눈을 통해서 받고 비행에 필요한 정보의 80~90%를 역시 눈으로 부터 얻어진다. 즉, 조종사는 사전에 비행속도나 고도, 방향 등에 관해 목표값을 머리속에 입력해 놓고 있으며, 계기나 외계로 부터 들어오는 정보들이 그 목표값에 맞도록 항공기를 조작한다. 만일 목표값과의 사이에 오차가 생기면 그 상태가 계기에 나타나므로 다시 수정조작을 하게 된다. 이런 일련의 Visual Information Processing을 통해 조종사는 비행정보를 얻게 된다. 이것을 비상상황에 적용해 보면, 비상상황하에서 조종사의 Emergency procedure는 잘 나와있지만 상황에 따른 비행조작은 조종사의 몫이다. 그 비행조작은 계기를 참조한 비행상황에 따른 것이다. 즉, 조종사들의 Cross-Check 를 추적하므로 조종사들의 정상비행이나 비상상황시의 진행사항을 파악할 수 있다.

이와같이 조종사의 Cross-check 즉, 안구움직임은 비행정보를 습득하는데 지대한 영향을 미치므로 조종사가 범할 수 있는 과오를 파악하고 감소시키는 방안에 대한 연구가 강조된다.

다시말해, 조종사-항공기 시스템에 있어서 조종사의 안구움직임은 비행안전에 직결된다고 할때 조종사 안구움직임에 대한 분석이 필요하다.

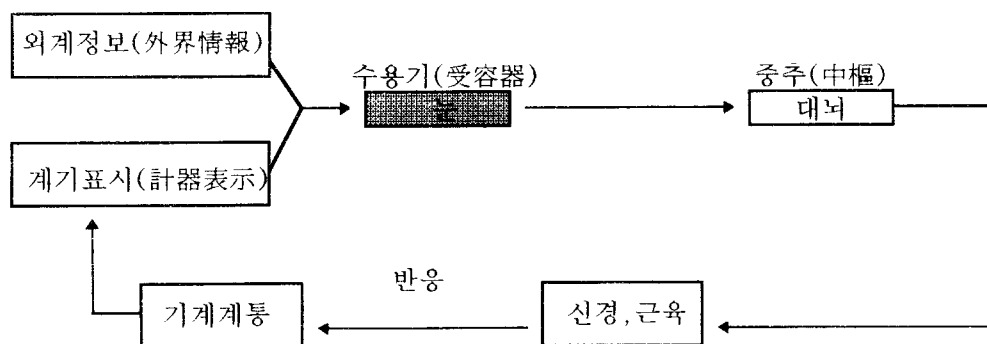
1.3 연구의 목적

본 연구에서는 조종사-항공기시스템에 있어서 조종사의 비행정보 습득과정을 파악하고자 한다. 즉, 비행중 조종사 안구움직임의 특성을 파악하고 분석하여 비행안전과 인적요소를 고려한 비행 계기 설계나 비행교육에 기여하려한다.

2. 연구배경

2.1 인간-기계 시스템(man-machine system)

비행과 관련한 인간-기계 시스템을 간단하게 도시하면 아래와 같이 된다.



< 그림1 비행과 관련한 인간-기계 시스템 >

조종사는 사전에 비행속도나 고도, 방향 등에 관해 목표값을 머리속에 입력해 놓고 있으며, 계기나 외계로 부터 들어오는 정보들이 그 목표값에 맞도록 항공기를 조작한다. 만일 목표값과의 사이에 오차가 생기면 그 상태가 계기에 나타나므로 다시 수정조작을 하게 된다. 이러한 feed back

경로에 있어서의 조종사의 역할과 문제점을 단계별로 나누어 생각하면 다음과 같다.

가. 정보의 수용 과정

조종사는 엔진의 상태나 비행기의 움직임 등을 항상 엔진의 모습(光景)이나 계기를 통해서 파악하고 조절해야 하는데 일반적으로 사물을 인지하기까지의 시간은 약 0.4초, 계기판독시간까지 포함하면 약 1.5초가 된다.

그런데 1.5초라는 시간은 속도가 빠른 항공기의 경우 어떤 대응조치를 취함에 있어 결코 무시할 수 없는 시간(시속 600마일이면 270 m 전진)이 되므로 시간을 조금이라도 벌기 위해서는 정보(계기) 표시의 조건으로서,

1) 보기 쉽고, 2) 정확히 그리고 신속히 판독되며, 3) 정보내용이 명료하면 이해 하기 쉽고, 4) 적절한 대응조작을 유도하는데 도움이 될 것 - 등을 들 수 있다.

나. 판단과 결심

계기판독과 같은 정보의 수용과정에 이어서 기계계통이나 항로 등에 비정상사태가 발생할 때 이를 어떻게 수정하느냐 하는 판단의 과정이 따른다. 이러한 수정동작은 정보의 수용과 동시에 반사적으로 이루어지는 경우가 많지만 상황에 따라서는 시간을 들여 신중하게 생각해야 할때도 있을 것이다. 보통 이 판단에 소요되는 시간은 약 2초인데 이는 인간-기계시스템에 있어 가장 중요한 시기에 해당되며 판단의 착오나 시간적 지연을 줄이는 일이 중요하다.

다. 조종의 전달

판단한 결과는 조종장치를 통해서 바로 기체(機體)에 전달되어야 한다. 가령 속도가 부족하다면 throttle lever를 밀어서 추진력을 높이거나 조종간을 앞으로 밀어서 기수(機首)를 숙임으로써 대기(對氣)속도를 증가시킨다. 항공기에서 이런 조작은 동시에, 순간적으로 이루어지는 경우가 많아서 손발의 협동동작이 필수적이다. 이 과정(조종장치의 조작)은 대체로 0.4초를 요하며 이런 조작에 의하여 기체가 반응하기까지에는 또다시 2초가 소요되며 상황의 인지(정보수용)로부터 기체가 반응하기까지 모두 5초 가까운 시간이 흐르게 된다.

이 조종의 전달과정에서 중요한 것은, 1)조종간을 좌로 누르면 비행기가 좌측으로 기운다는 식으로 조작과 기체의 반응관계가 알기쉽게 되어있어야 하며, 2) 조작이 쉽고 정확히 이루어질 수 있도록 조종장치의 구조나 배열 등이 적절해야 한다는 점이다.

끝으로 오늘날의 복잡한 기계계통에 있어서 그 성능의 끊임없는 향상과 개선은 결국에 가서 완전자동화로 매듭이 지어지는 듯한 감이 있으나 항공에 있어서는 조종사없는 비행기란 극히 제한된 목적 이외는 생각할 수가 없다.

3. 실험구성 및 설계

3.1 실험의 구성

본 실험은 다음의 두가지 형태로 구분된다.

1) 정상상황 비행조건에서 안구움직임 측정

정상상황 비행조건은 다시 6개 구간으로 나눠서 실험한다.

즉, 수평직진-수평선회-상승-상승선회-강하-강하선회 비행으로 구분하여 비행시 Cross-Check 하는 조종사의 눈위치를 정확히 측정하고 안구움직임의 특성을 파악한다.

2) 비상상황 비행조건에서 안구움직임 측정

정상상황 비행조건에서 비상상황(Simulator 조정실에서 입력)으로 전환되어 비상처리 절차를 수행하는 조종사의 눈위치를 측정하고 안구움직임의 특성을 파악한다.

3.2 정상상황 비행조건에서 안구움직임 측정실험

수평직진-수평선회-상승-상승선회-강하-강하선회 비행하는 동안 조종사의 안구움직임을 다음과 같이 측정한다.

계기에 머문시간(response time)과 계기를 본 횟수(frequency)를 각 구간별로 나눠서 측정한다.

3.2.1 실험목적

본 실험은 정상상황 비행에서 조종사의 안구움직임의 특성을 파악, 분석하고 비행계기 설계시 조종사의 비행정보를 습득하는 과정을 반영하여 비행안전에 기여하려 한다.

3.2.2 실험장비

본 실험에 사용된 실험장비는 안구의 위치를 정확히 측정하는 EL-MAR의 Vision 2000 Video eye-tracking system을 사용하였다. 그리고 실제 비행과 동일한 환경을 제공하는 F-16 Simulator 에서 각 비행상황을 부여하였다.

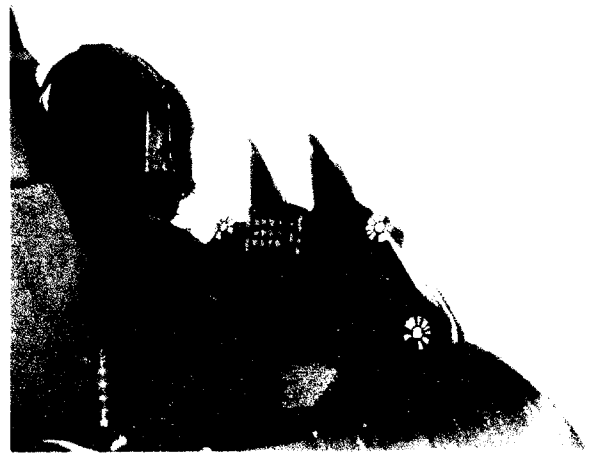
1) Video eye-tracking system (Version 1.0)

본 연구에서 사용할 EL-MAR의 eye-tracking system은 안구의 정확한 위치를 측정하기 위해 실시간 영상처리 기법을 사용한다. 이 system은 피실험자의 시역(視域)에서 물체에 대한 상대적인 눈의 움직임을 분석하는 데 필요한 적용에는 특히 효과적이다. 피실험자의 시역은 소형카메라에 의해 잡힌다. 카메라로 부터의 상은 눈의 수평과 수직 위치에 따라 움직이는 커서와 전기적으로 결합되어 있다. 결합된 상은 시역에서 피실험자의 응시와 물체간의 관계를 보이도록 비디오 테입에 녹화된다.

system에서, 눈은 눈-추적 HEAD-FRAME에 장착된 빛을 발하는 DIODE들로부터 적외선 빛에 의해 조명된다. 조명된 눈의 상은 EL-MAR의 카메라에 의해 잡히고 processing unit에 의해 처리된다. Tracking markers(각막-반사면 주위에 직각이고 동공의 중간에 지나가는)를 얹어 놓은 피실험자의 눈은 비디오-모니터에 계속 보여준다. 판단된 눈의 위치는 비디오 테입에 녹화되고 컴퓨터와 연결해서 분석하게 된다.



< 그림2 Vedeo eye-tracking system 장비 >



< 그림3 F-16 TFS에서의 Visual Search Test >

3.2.3 실험방법

1) 피실험자

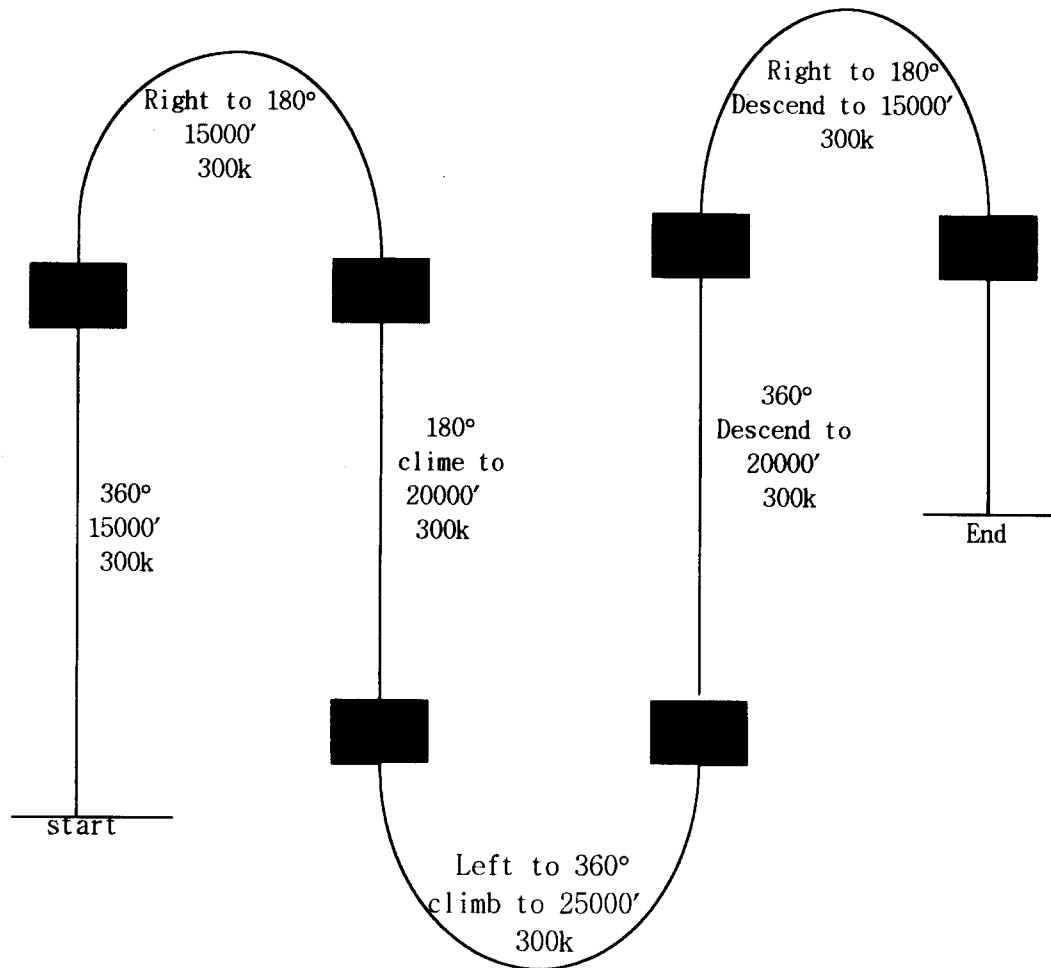
피실험자는 숙련급조종사 12명과 비숙련급 조종사 12명을 선정하였다.

숙련급조종사는 분대장자격 이상을 가진 조종사로 선정하였고, 비숙련급 조종사는 타기종에서 F-16으로 전환하는 조종사를 선정하였다.

2) 실험과정

피실험자는 본 실험에 앞서서 예비실험을 통하여 제반실험과정을 숙련시켰다.

즉, 장비로 인해서 평소 비행하는 것에 영향이 없도록 실험의 특성을 완전히 이해시키고 익숙하도록 하였다.



< 그림4 Mission profile for simulated 6-segment flight >

3-3 비상상황 비행조건에서 안구움직임 측정실험

정상상황 비행조건에서 비상상황(Simulator 조정실에서 입력)으로 전환되어 비상처리 절차를 수행하는 조종사의 눈위치를 측정하고 안구움직임의 특성을 파악한다.

즉, 비상절차 수행시 계기에 머문시간(responce time)과 계기를 본 횟수를 측정한다.

3.3.1 실험목적

정상비행 상황에서 도중에 비상상황(항공기의 한부분 또는 많은 부분이 비정상 상황)이 주어졌을 때 비상처치하는 조종사 안구의 움직임을 파악하는데 그 목적이 있다.

3.3.2 실험장치

본 실험은 정상상황에서의 실험에 사용된 실험장비와 동일하나 F-16 Simulator 조정실에서 비상상황을 입력하는 과정을 추가하여 실험한다.

3.3.3 실험방법

1) 피실험자

비상상황 실험에 있어서 피실험자는 정상상황 실험에 참여한 24명을 선정한다.

2) 실험절차

피실험자는 정상상황 비행시 비상상황이 주어지면 이를 곧바로 처치하는 절차에 들어간다.

피실험자에게 같은 상황을 부여하기 위해 out of control 이라는 동일한 비상상황을 부여한다.

Out of control은 항공기 조종상실을 말하며 이것은 의도하지 않은 항공기 motion 또는 control input 에 따라 항공기 반응의 failure로 특정지어진다.

4. 실험결과 및 분석

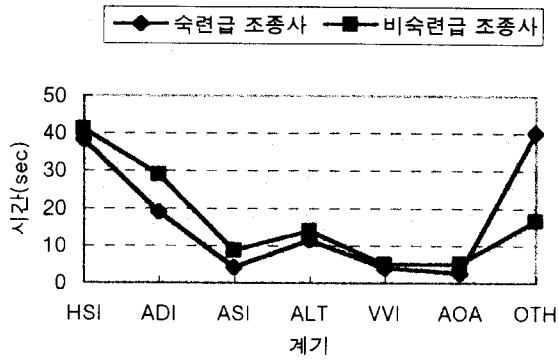
Session당 녹화된 자료중에서 임무별 안구 움직임을 변화 형태를 보기 위하여 Session에서 정상비행과 비상처치절차비행으로 구분하고 다시 정상비행을 6개 구간으로 구분하였다.

탐색형태(Scanning Pattern)를 크게 공간적 탐색형태(Spatial Scanning Pattern)와 시각적 탐색형태(Temporal Scanning Pattern)로 나누어 공간적인 탐색형태에 대해서는 관찰횟수를, 시각적 탐색형태에 대해서는 계기에 머문시간의 변화를 보았다.

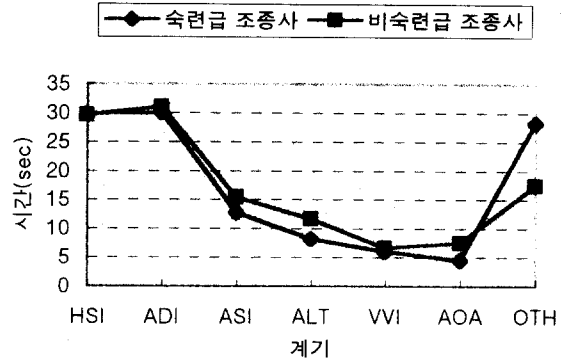
임무별 계기에 머문 시간(response time), 계기의 관찰횟수(frequency)을 파악하고 분석한다.

4.1 정상비행조건에서 계기에 머문시간의 결과 및 분석

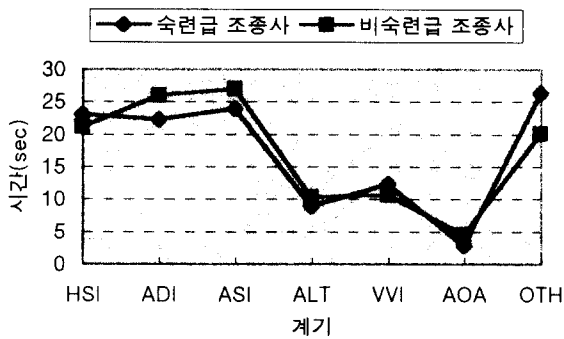
정상비행조건에서 수평직진-수평선회-상승-상승선회-강하-강하선회를 각 구간마다 2분 간격으로 측정을 하였다. 결과에 대한 분석은 반복이 있는 2-way ANOVA로 분석하여 주요인(main effect)와 교호작용(interaction)에 대한 유의성을 검정하였다. 각 구간별 계기에 머문시간의 결과는 <그림5> ~ <그림11>과 같다.



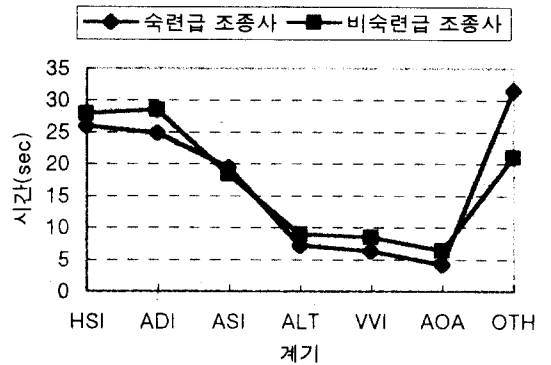
< 그림5 수평비행시 각 계기에 머문시간 >



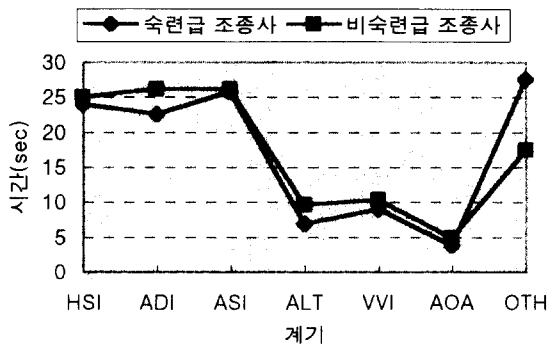
< 그림 6 수평선회비행시 각 계기에 머문시간 >



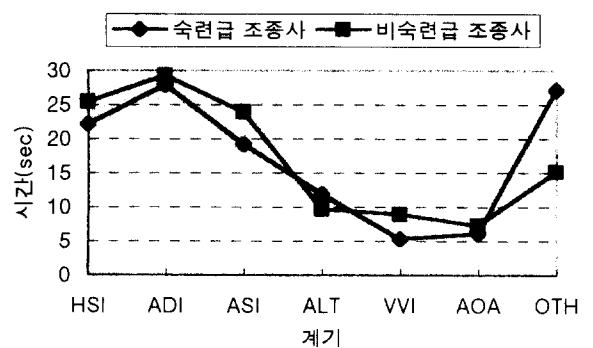
< 그림7 상승비행시 각 계기에 머문시간 >



< 그림8 상승선회비행시 각 계기에 머문시간 >



< 그림9 강하비행시 각 계기에 머문시간 >



< 그림10 강하선회비행시 각 계기에 머문시간 >

강하비행시 GROUP*INST의 교호작용효과외에는 전 구간에서 상당히 유의한 차이를 보였다($p=0.0001$). 수평직진비행에서 HSI(33%)-ADI(20%)-ALT(11%)순으로, 수평선회비행에서는 ADI(26%)-HSI(25%)-ASI(12%)순으로, 상승비행에서는 숙련급 조종사의 경우 ASI(20%)-HSI(19%)-ADI(18%)순으로, 비숙련급 조종사의 경우 ASI(23%)-ADI(21%)-HSI(17%)순으로, 상승선회비행에서는 HSI(23%)-ADI(22%)-ASI(15%)

순으로, 강하비행에서는 숙련급 조종사의 경우 ASI(22%)-HSI(20%)-ADI(18%)순으로, 비숙련급 조종사의 경우 ADI(22%)-ASI(21%)-HSI(20%)순으로 강하선회비행에서는 ADI(24%)-HSI(20%)-ASI(18%)순으로 계기에 머무는 시간이 많았다.

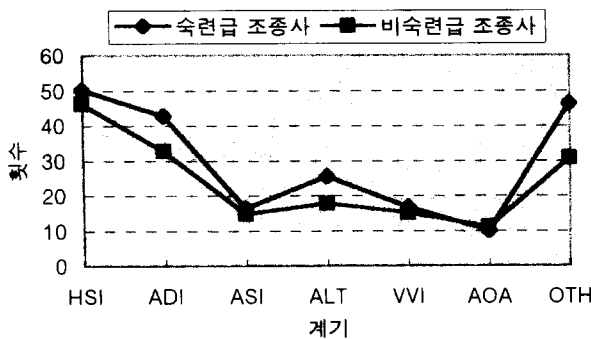
전체적으로 보면 숙련급 조종사의 경우는 HSI(22.7%)- ADI(20.4%)-ASI(14.7%)-ALT(7.6%)순으로 나타났고 비숙련급 조종사는 HSI(23.7%)- ADI(23.6%)-ASI(16.6%)-ALT(9.0%)순으로 나타났다.

HSI와ADI 가 가장 많이 머물렀고 HSI와 ADI 그리고 ASI ,ALT 등이 계기에 머문시간의 65%이상을 차지하고 있다.

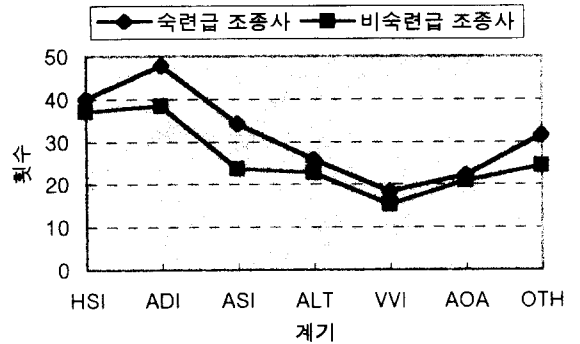
숙련급조종사는 비숙련급조종사와 계기를 많이 보는 순서는 비슷하였으나 계기에 머문 시간은 적음 < HSI(1%), ADI(3.2%), ASI(1.9%), ALT(1.4%) >을 알 수 있다.

4.2 정상 비행조건에서 계기의 관찰 횟수 결과 및 분석

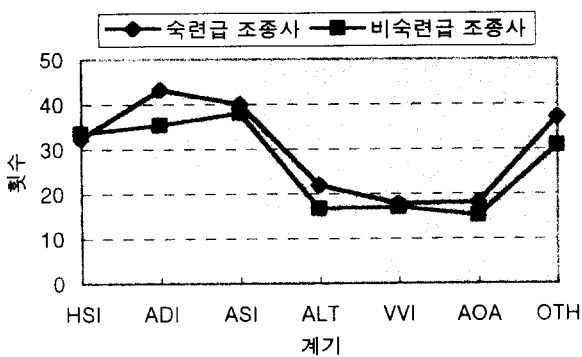
탐색형태를 공간적인 탐색형태(Spatial Scanning Pattern)인 관찰횟수를 살펴보았다. 각 구간별 계기에 머문시간의 결과는 <그림11>~<그림16>와 같다.



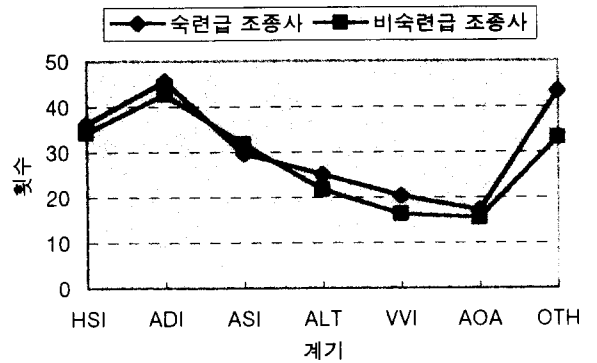
< 그림11 수평비행시 각 계기의 관찰횟수 >



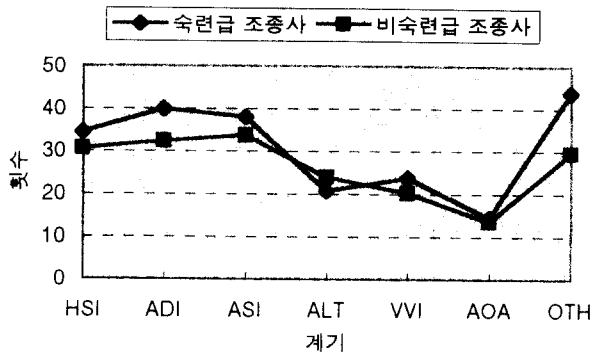
< 그림12 수평선회비행시 각 계기의 관찰횟수 >



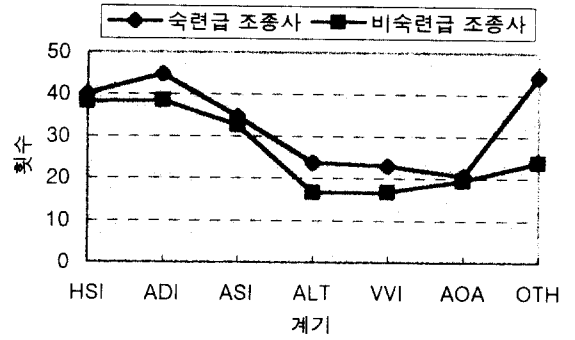
< 그림13 상승비행시 각 계기의 관찰횟수 >



< 그림14 상승선회비행시 각 계기의 관찰횟수 >



< 그림15 강하비행시 각 계기의 관찰횟수 >



< 그림16 강하선회비행시 각 계기의 관찰횟수 >

전 구간에서 상당히 유의한 차이를 보였다($p=0.0001$).

수평직진비행에서 HSI(25%)-ADI(20%)-ALT(11%)순으로, 수평선회비행에서는 ADI(21%)-HSI(19%)-ASI(14%)순으로, 상승비행에서는 숙련급 조종사의 경우 ADI(20%)-ASI(18%)-HSI(15%)순으로, 비숙련급 조종사의 경우 ASI(20%)-ADI(19%)-HSI(18%)순으로, 상승선회비행에서는 ADI(21%)- HSI(17%)-ASI(13%) 순으로, 강하비행에서는 숙련급 조종사의 경우 ADI(18%)-ASI(17%)-HSI(16%)순으로, 비숙련급 조종사의 경우 ADI(19%)-ADI(18%)-HSI(17%)순으로 강하선회비행에서는 ADI(20%)-HSI(18%)-ASI(16%)순으로 계기를 많이 관찰하였다.

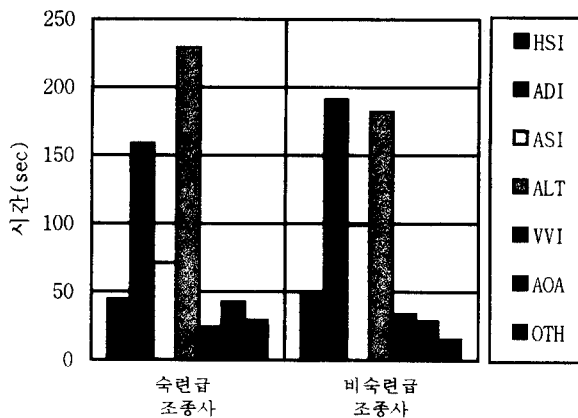
전체적으로 보면 숙련급 조종사의 경우는 ADI(20.3%)- HSI(17.9%)-ASI(14.8%)-ALT(10.6%)순으로 나타났고 비숙련급 조종사는 ADI(20.3%)- HSI(20.0%)-ASI(15.5%)-ALT(10.3%)순으로 나타났다.

숙련급조종사는 비숙련급조종사와 계기를 많이 관찰한 계기의 순서는 비슷하였으나 계기 보는 횟수는 숙련급 조종사가 비숙련급 조종사보다 많았다(8.4%).

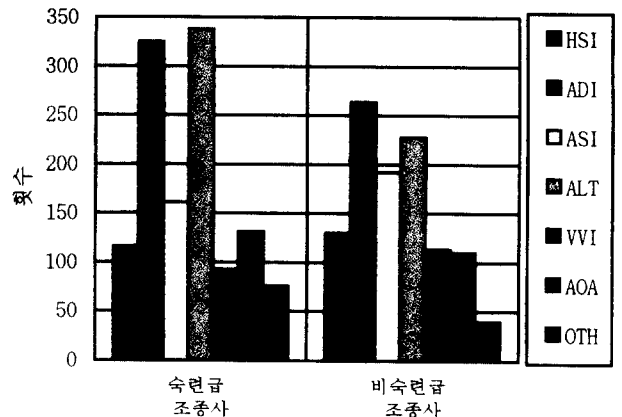
머문시간에서는 HSI-ADI-ASI-ALT인 반면 관찰횟수에서는 ADI-HSI-ASI-ALT로 나타났다. 즉 조종사가 주어진 시간에 타계기보다 ADI를 더 자주 관찰함을 알 수 있다.

4.3 비상 처치절차 비행조건에서 계기에 머문시간과 계기의 관찰 횟수의 결과 및 분석

정상상황 비행조건에서 비상상황으로 전환되어 비상처치 절차비행을 10분간 수행한 것을 측정, 분석하였다. 비상처치절차비행시 계기에 머문시간의 결과는 <그림17>와 같고 계기의 관찰횟수의 결과는 <그림18>과 같다.



<그림17 비상절차 수행시 각 계기에 머문시간 >



< 그림18 비상절차 수행시 각 계기의 관찰횟수 >

비상절차 수행시 계기에 머문시간의 GROUP외에 나머지는 상당히 유의한 차이를 보였다($p=0.0001$). 비상절차 수행시 계기에 많이 머문시간을 살펴보면, 숙련급 조종사의 경우는 ALT(38%)-ADI(26%)-ASI(11%)이었고 비숙련급 조종사의 경우는 ADI(31%)-ALT(30%)-ASI(16%)였다. 비상절차 수행시 계기의 관찰횟수를 살펴보면, 숙련급 조종사의 경우는 ALT(27%)-ADI(26%)-ASI(12%)이었고 비숙련급 조종사의 경우는 ADI(24%)-ALT(21%)-ASI(17%)였다. 비상처치절차 비행은 비상상황에 따라 중점적으로 보는 계기가 있다. 이 비행조건은 out of control 상황에서 처치하는 조건인데 ALT와 ADI를 주로 관찰했음을 알 수 있다. 여기서 숙련급조종사는 ALT를 더 중시한 반면 비숙련급조종사는 ADI를 더 중시하고 있다(비숙련급조종사 12명중 10명이 비상처치에 실패하였다). 따라서 각 상황에 맞는 적합한 계기를 알아야 하고 그것을 적용시에 좀 더 나은 비상처치가 될 것이다.

5. 결론 및 추후연구과제

5.1 결론

본 논문은 비행에 필요한 정보의 80%이상을 눈으로 부터 얻어지므로 조종사의 눈의 움직임에 추적하여 정상비행과 비상상황시의 정보습득사항을 파악하고자 하는 실험논문이다. 안구움직임의 특성을 파악하기 위하여 본 연구에서는 피실험자의 시역(視域)에서 물체에 대한 상대적인 안구움직임을 분석하고 영상처리기법을 사용하는 EL-MAR의 eye-tracking system을 사용하였다. 비행상황을 정상상황, 비상상황으로 나누고 조종사는 숙련급, 비숙련급 조종사로 나눠 수행하였다.

실험결과를 요약하면

- 1) 정상비행 상황에서는 숙련급 조종사가 비숙련급 조종사보다 계기의 머문시간은 짧고 계기의 관찰횟수는 많았으며,
 - 2) 비상비행 상황에서는 두 그룹의 조종사가 중점적으로 보는 계기가 달랐으며,
 - 3) 조종사들이 많이 관찰하는 계기를 살펴보면, 계기에 머문시간에서는 HSI-ADI-ASI-ALT 순으로 나타났고 계기의 관찰횟수에서는 ADI-HSI-ASI-ALT 순으로 나타났다.
- 이상의 실험결과를 비행교육과 비행설계 측면으로 나눠 설명하면 다음과 같다.

5.1.1 비행교육 측면

숙련급 조종사가 주요 계기에 대해 빠르게 움직였고 짧게 머문것은 비행정보 습득시 숙련급 조종사의 정보비율이 높다고 볼 수 있고, 비상비행 상황에서 중점적으로 보는 계기는 비상처치 절차시 중요한 변수로 작용함을 알 수 있다. 비숙련급 조종사의 정보비율을 높이기 위해서는 Simulator와 Mock Up 훈련을 체계적으로 실시하여 계기에 대한 cross-check 능력을 향상하고, 비상처치 절차수행시 중점적으로 봐야 할 계기는 T.O-1이나 Manual을 통한 비행지식과 Simulator 훈련, Case Study, IFF를 통한 간접경험을 통해 체득할 수 있다.

5.1.2 비행설계 측면

비행에 있어 중요한 변수들은 대부분 Visual Scanning Focus를 받는 6개의 비행계기의 형태안에서 설명되어지고 있으며 많은 실험을 하는 중에 가장 중요한 계기는 하나의 계기안에 두 개의 정보 (Pitch, Roll)를 가지는 유일한 계기인 ADI임을 알 수 있었다.

계기배치에 있어서 ADI와 HSI를 중앙에 세로로, 그 양옆에 속도계와 고도계를 배치하는 소위 T자형 배치가 되어야 함을 자료를 통해서 입증하고 있다. 이같은 배치방법의 표준화는 조종사의 혼란과 착오를 방지하고 다른 기종으로 옮길 때의 적응을 용이케 하는 의미에서도 중요할 것이다.

5.2 토의 및 연구과제

안구움직임의 자료 해석 및 분석과정에서의 연구과제를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 모의비행후 De-briefing시에 안구움직임이 녹화된 자료와 같이 설명하면 더 나은 브리핑이 될 것이다. 다시말해, 조종사의 잘못된 비행습관과 조작행위를 수정하기 전에 안구움직임 즉, cross-check를 교정함으로 비행안전에 크게 도움이 되리라 생각한다.
- 2) 기술이 좀 더 발달되어 항공기에 video eye tracking system을 부착하면 비행교육뿐만 아니라 비행사고 조사시에도 용이하리라 본다.
- 3) 조종사 안구움직임이 비행정보 습득에 많은 영향을 끼치므로 이후에 피로, 약물복용 그리고 수면상태에 따른 안구움직임을 파악하면 비행안전에 도움이 되리라 생각된다.

참고 문헌

1. 오영덕, 윤봉수, 김영준, 1996, AHP를 이용한 비행대대의 안전도 평가 모형개발에 관한 연구, 비행 안전과 Human Factors 세미나, 2(1): 192-193
2. 하재인, 1991, 항공안과학, 항공우주의학지, 1(1): 26-27
3. 김창희, 이동춘, 1995, 한글 인식과정에서의 안구운동 특성분석, 대한인간공학회 춘계논문집: 200-202
4. 최일규, 이경준, 1988, 학생조종사의 시각훈련 방법에 관한 연구, 한국 항공대학 논문집, 26(1): 26-28
5. 이관행, 1982, 복잡한 경계작업에서의 안구운동 특성, 서울대학교 석사학위논문: 1-3
6. 최민영, 1997, 안구운동 측정기를 이용한 제품의 시지각 분석에 대한 연구, 한국과학기술원 박사학위논문: 18-20
7. 조 업, 1988, 인간공학실험, 녹원출판사, 서울: 304-306
8. 공군제19전투비행단, 1996, F-16 C/D FLIGHT SIMULATOR 계통(BLOCK32): 5-10
10. 우 동필, 이 상도, 1995, 시각검사 작업시의 안구운동 분석, 대한인간공학회 춘계논문집: 145-154
11. 하 재인, 1994, 안기능의 항공의학적 평가, 한국항공의학지, 4(1): 37-54
12. 조 창현, 1988, 비행과 시각문제, 추계안전지: 97-103
13. 이 순요, 1996, 감성 공학, 청문각, 서울: 154-163
14. H. W. Heinrich, 1980, Industrial Accident Prevention, McGREW-HILL: 20-94
15. Luc Proteau, Digby Elliott, 1992, Vision and Motor Control, North-Holland, Canada: 3-32
16. Richard H. Wood, 1991, Aviation Safety Programs, IAP. INC., New York: 57-87
17. Gretchen Krueger-Anderson, Christine Poprik, Peter Bascom, 1996, Operation Manual For Vision 2000 Video Eye-tracking system, El Mar Inc., Canada: 4-14