

## 航空機 計器板의 적정배열을 위한 人間工學的 研究

(A Human Factors Study in Instrument Panel  
Layout of the Korean Air Force Aircraft.)

空軍少領 朴 鍾 誥\*

### ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the optimal arrangement of aircraft instrument panels through the human factors approach.

Human factors engineering is the process of effectively fitting the human component to the machine component in any man-machine system. The human factors are especially important to an aircraft pilot who must constantly shift his attention between the instrument panel within the cockpit and the surrounding area of the aircraft.

The preliminary part of this study is to find the general patterns of the Korean pilot's eye movements during their various flying maneuvers, and which instruments require the most attention while in flight. It is assumed that all pilots have a general pattern of eye movement when observing the aircraft instrument panel and that an optimum arrangement would be to minimize the eye travel distance between instruments.

In this thesis the arrangements of instruments is taken to be the independent variable and the eye travel distance between instruments the dependent variable. In order to compile the information necessary for this study, sixty Korean Air Force pilots were interviewed and requested to complete information forms. These information forms listed various flying maneuvers and listed each instrument used on the instrument panel. The compilation of the information on these completed forms listed the instruments most frequently used by the pilots.

The second part of this study was to determine the optimum instrument arrangement. It was necessary to study the various number of possible arrangements of instruments depending upon the number of instruments involved.

Therefore, these instruments are grouped by two major functions, The flight instruments were subdivided into three groups, and the engineering instruments were subdivided into six groups. With this subdivision we arrive at the possible number of arrangements of 4,320.

\* 空軍本部

Through the simulation method, total eye travel distance for each of these 4,320 arrangements is calculated and the arrangement which appears to be of optimum distance between the most frequently used aircraft instruments is determined. The results of this study indicate that the optimum distance between instruments would be 33,028cm and that the corresponding distance of the instrument panel now being used is 34,288cm. Therefore, an increased efficiency of 3.8% would be realized if the existing aircraft instrument panel were re-arranged according to layout proposed in this thesis.

## 제 1 장 서 론

### 1. 연구의 목적

Chapanis(1959)의 저서 "Research Techniques in Human Engineering"의 서문에서 인용된 "Machines do not fight alone"이라는 말은 제 2차대전 후에 과학기술자들에게 준 가장 큰 교훈의 하나이다. 이것은 기계의 직접적인 조작은 사람이 하는 것이지 기계가 하는 것이 아니기 때문에 기계를 다루는 사람의 오류로 인하여 그의 성능을 충분히 발휘하지 못하는 예를 설명해 주고있는 것이다. 따라서 인간이 범하는 오류를 최소화 시키며 동시에 기계의 성능을 최대로 발휘하기 위한 기계의 설계문제가 중요시 되어왔다. 이와같은 시대적인 요구에 따라서 대두된 인간공학은 인간과 기계의 문제를 하나의 시스템으로 생각하여 연구 발전하게 되었다. 본연구는 인간공학적인 배려를 필요로 하고있는 항공기의 새로운 제작 또는 구입시에 설계상의 문제들 중에서 인간공학적 가치평가를 할 수 있는 기준의 일부를 제시하는 데에 관심을 두었으며 특히 항공기를 설계하는 데 있어서 핵심부분이라 할 수 있는 조종석내부(cockpit)중에서 계기판 배열문제를 중점적으로 다루어 효과적인 배열방법의 하나를 제시하는 데에 그 목적을 두고 있다.

### 2. 연구의 범위

McCormick(1970)은 인간, 기계, 환경의 종합적인 관계를 하나의 시스템으로 보아서 그 중 인간의 작업형태와 구성요인들의 성격에 따라서 시스템을 세가지로 구분하여 설명하였다.

첫째로 간단한 손도구를 이용하는 수동적 시스템(Manual system)과 자동차, 항공기와 같은 기계적 시스템(Mechanical system) 그리고 컴퓨터, 자동교환기 등과 같은 자동적인 시스템(Automatic system)으로 구분하였다.

여기에서 본연구의 대상이 되는 항공기에 관한 기계적인 시스템을 설명하면 다음과 같다. 항공기 조종석시스템은 그림 1-1에서 보는 바와 같이 조종석 내부의 기계적인 기능과 조작을 통하여 비행계기판 즉 표시장치(Display)에 나타난 정보를 조종사(Man)가 직접 받아서 정보의 정확한 판단으로 일정한 조종장치를 이용하여 작업을 수행하는 전형적인 기계적인 시스템이다.

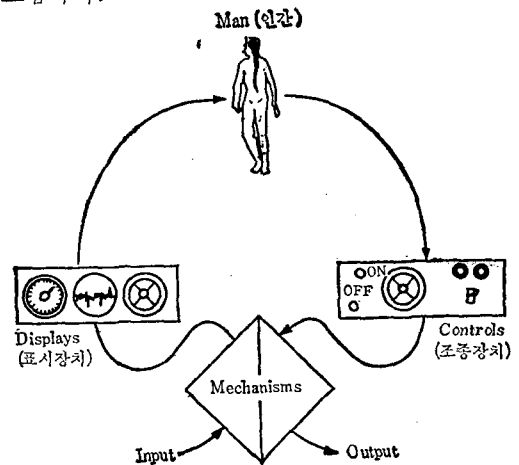


그림 1-1 기계적인 시스템(Mechanical system)의 인간과 기계의 관계  
McCormick, 1970

여기에서의 조종석 시스템(Cockpit system)이라 함은 조종사가 항공기를 통제할 수 있는 중추적인 작업장소인 것이다. 이러한 조종석 시스템을 기능별로 나누어 보면 크게 세가지

로 나눌수 있다.

- 1) 조종좌석(pilot's seat)
- 2) 주계기판(main instrument panel)
- 3) 조종장치 및 기타 보조장치(control and auxiliary equipment)

상기의 3항 모두가 인간공학적인 측면에서 중요한 관심의 대상이 되나 본 연구는 제2)항인 주계기판 장치를 조종사가 효과적으로 그리고 안전하게 조종할 수 있도록 적정배열 하는 것을 연구의 핵심으로 하였다.

### 3. 연구의 배경

#### 가) 인간공학의 형성

인간공학의 본격적인 개념이 탄생한 것은 제 2차 세계대전 중 미공군의 절박한 요구가 있었기 때문이다. 즉 무기의 충분한 성능을 발휘하기 위해서 인간공학적인 요인을 고려해야만 된다는 생각에서 출발했다. 미공군의 인간공학 개척자인 Fitts(1947)는 조종사 624명을 대상으로 항공기 사고 발생원인을 직접 면접으로 조사하였다. 조사결과와 하나로서 고도계의 다침(多針)계기의 오독으로 인한 사고가의 의외로 많은 것을 알고 단침(單針)식 고도계를 만들어 읽는 오차를 10분의1로 줄이게끔 하였다.

이러한 연구들로 부터 인간공학의 분야가 기계설계나 실험심리학이 합체가 되어 발전하게 되었다. 그후 이러한 학문을 공학심리학이라고 부르게 되었으며 학자에 따라서 다음과 같은 이름으로 부르게 되었다.

1. Biotechnology 2. Biomechanics
3. Psychoacoustics 4. Applied psychophysics
5. Applied experimental psychology
6. Human factors engineering

대전 후에 미국에서는 이러한 인간과 기계에 관하여 연구하는 분야를 통합하는 명칭으로 인간공학(Human Factors engineering)이라는 이름을 사용하게 되었다. 한편 유럽에서도 이 분야의 연구가 진행되어 회랍어의 "일", "작업"이라는 의미의 "Ergo"와 "법칙" "습관"을 의미하는 "Nomos"의 합성어으로써 "Ergonomics"라는 이름으로 인간공학과 같은 의미로 사용

되고 있다. 이와같이 인간공학은 인간과 기계의 관련을 합리적으로 연구하는 것이 목적이기 때문에 기계, 설비, 공구등이 인간에게 잘 맞도록 즉 안전하고 편리하게 사용할 수 있도록 설계상에서 부터 고려해야 하며 특히 기계설비에 부착되어 있는 표시장치에서 나오는 정보가 인간에게 정확하고 신속하게 포착되어서 효과적인 작업을 수행할 수 있게 설계를 하여야 할 것이다.

#### 나) 항공기의 인간공학적 설계개요

항공기는 다른 인간과 기계 시스템의 설계보다도 신뢰성(reliability)을 요구하고 있는 것 중의 하나이다.

항공기의 입력신호는 계기의 지시와 외계의 변화가 주는 시각정보가 대부분이고 이에 대하여 출력은 조종사가 조종을 하는 자체가 된다. 따라서 조종사는 입력정보량에 따른 빠른 처리와 아울러 정확성을 요구하고 있다. 이러한 요구조건들을 만족시키기 위해서 입력장치의 효과적인 설계문제는 끊임없이 연구되고 있다. 일반적으로 항공기 시스템의 입출력 장소로 정해진 조종석 시스템(cockpit system)은 주로 정보입력장치와 몇가지의 출력장치가 있다. 이러한 조종석을 설계하는 데 있어서 몇가지 문제들을 설명하면 다음과 같다.

#### (1) 조종석 위치설계

조종석은 공간적인 제약을 많이 받으므로 조종사가 차지하는 작업장이 최적인 것을 설계상의 문제로 취급하여 왔다. 미공군에서는 어느 정도의 공간이 최적정한 것인가에 대한 문제에 봉착하였으며 이후 미쉬간대학에서 제작한 만능좌석시험기계(universal test seat)로서 항공기 조종석 위치문제를 실험하여 그 결과를 다음표와 같이 제시하였다(Woodson, 1970).

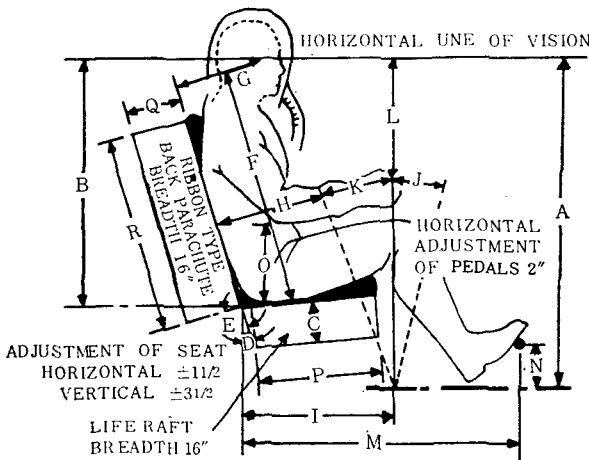
이것은 조종사의 앉은 키(A)를 기준으로 하여 조종간이 막대형태(stick type)로 되어있는 것과 바퀴형태(wheel type)으로 되어있는 것의 두가지 형태로 보아서 그에 따른 적정수치를 인치(inch)의 단위로 나타낸 표이다. 이것은 미국 공군 조종사들에 대한 앉은 키의 범위인 37인치에서 43인치의 범위를 선정하여 비행좌석의 적정공간을 고려한 실물모형(mock-

표 (I-1) 전투항공기 좌석설계의 적정 수치  
 HUMAN DIMENSIONAL REQUIREMENTS IN AIR CRAFT COCKPITS  
 WHEEL TYPE CONTROL  
 (ALL VALUES IN INCHES UNLESS OTHERWISE NOTED)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
37	30 $\frac{1}{4}$	5	21°	101°	29 $\frac{3}{4}$	10	16 $\frac{5}{16}$	19	6	9	10	36	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
39	30 $\frac{3}{4}$	5	19°	101°	30 $\frac{1}{4}$	9 $\frac{3}{4}$	15 $\frac{3}{4}$	19	6	9	10 $\frac{1}{2}$	35	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
41	31 $\frac{1}{2}$	5	16°	101°	31	9 $\frac{3}{4}$	15 $\frac{1}{8}$	19	6	9	10 $\frac{3}{4}$	34 $\frac{1}{2}$	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
43	31 $\frac{3}{4}$	5	16°	101°	31 $\frac{1}{4}$	10	15 $\frac{1}{8}$	19	6	9	11	34 $\frac{1}{4}$	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25

STICK TYPE CONTROL  
 (ALL VALUES IN INCHES UNLESS OTHERWISE NOTED)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
37	30 $\frac{1}{4}$	5	21°	101°	29 $\frac{3}{4}$	10	14 $\frac{1}{2}$	19	6	9	11 $\frac{1}{2}$	36	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
39	30 $\frac{3}{4}$	5	19°	101°	30 $\frac{1}{4}$	9 $\frac{3}{4}$	13 $\frac{3}{4}$	19	6	9	13 $\frac{3}{4}$	35	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
41	31 $\frac{1}{2}$	5	16°	101°	31	9 $\frac{3}{4}$	13 $\frac{1}{2}$	19	6	9	15 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25
43	31 $\frac{3}{4}$	5	16°	101°	31 $\frac{1}{4}$	10	13	19	6	9	17 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$	5	9 $\frac{1}{4}$	15	7	25



up)에 활동성, 안락성, 신뢰성등을 추가로 고려하여 최종설계치를 결정한 것이다.

(2) 계기배열

미공군의 Senders(1959)는 조종사들을 대상으로 계기배열문제를 다음과같이 실험하였다. 즉 계기바늘의 지시위치를 의식적으로 일정한 방향에 두는 정렬식 계기배열과 지시위치를 고려하지 않은 재래식 배열과를 비교 실험한 결과 재래식의 경우는 0.5초동안에 4개의 계기를 판독할 수 있는 반면에 정렬식 배열은 32개의 계기를 판독할 수 있다는 것을 알았다.

즉 항공기를 조종하는 조종사는 빠른 시간 내에 입력정보를 처리해야 되므로 계기자체의 문제로부터 출발하여 계기배열 문제까지 많은 연구가 요구됨을 알 수 있었다. 그후 계기자체의 문제를 연구한 대표적인 사람인 Grether(1949)로서 그는 고도계를 연구하여 조종사들이 신속정확하게 읽을 수 있는 드럼(Drum)식 고도계를 고안하였고, Roscoe(1968)는 계기들의 표시형태에 따른 분석을 실제적인 실험을 통하여 제시하였다. 이러한 연구들로부터 시작하여 현재에 이르게 되었으나 아직까지 계기들의 종합적인 배열에 관해서는 학술적으로 발표되고 있지않다.

(3) 기타 보조장치

조종사가 항공기 시스템의 입력정보를 빠른 시간 내에 받아들이는 것도 중요하지만 동시에 입력된 정보에 대하여 신속한 반응을 하는 것도 더욱 중요하다. 이러한 반응을 위한 매개체 역할을 하는것이 조종계통, 엔진계통, 기타 보조장치들이다. 따라서 이러한 장치들을 조종사가 쉽게 그리고 정확하게 다룰 수 있도록 설계해야 할 것이다. Woodson(1970)은 다음 몇 가지의 기준을 들어 인간공학적인 설계상의 요소를 설명하였다.

1. 크기 2. 모양 3. 위치 4. 동작의 방향
5. 동작의 길이 6. 저항능력 7. 조정과 표시의비(control and display ratio) 8. 온도 효과 9. 작업자의 위치 10. 기타

항공기에 있어서 주로 사용되고 있는 조종장치로서는 누름단추(push button), 토글 스위치(toggle switch), 회전손잡이(rotary knob), 페달(rudder pedal), 조종간(stick) 등이다.

(4) 문제점

인간공학적인 측면에서 항공기 설계상의 문제점을 든다면 크게 두가지를 들 수가 있겠다. 그 하나는 각국 인종의 신체크기의 차이로 인한 것이다. 즉 항공기좌석의 높이와 각도, 조종사 위치에 따른 조종장치들의 거리결정은 매우 중요하다. 예를들면 다리의 길이가 짧은 조종사가 페달(rudder pedal)을 작동하는 문제, 손의 크기가 작은 조종사의 조종간에 대한 적응문제, 기타 등등의 문제들이 직접 항공기 조종을 하는 데 있어서 곤란한 점을 많이 던져 주고 있다.

참고적으로 이미 몇가지 기초조사가 되어있는 한국 공군조종사와 미공군조종사와의 신체 비교(계원철 1961)로부터 특히 한국인의 하지(下肢)의 전체적인 길이(crotch height-me-

dial malleolus)는 몸체길이(胴長)에 비하여 미국인 보다 매우 짧고, 전체적으로 사지(四肢)의 길이 또는 수족(手足)의 길이가 폭에 있어서 현저한 차이가 있으며 이러한 것들은 항공기 조종석 설계는 물론 항공장구의 구체적인 설계상의 문제를 던져주고 있다.

표 1-2(각국 공군과 미공군과의 신체적 크기의 비교)는 이태리, 그리스, 터키, 일본, 한국의 신체적 크기를 미공군의 4분의3수준(3rd quartile)과 비교한 것으로서 많은 차이를 설명해 주고 있다.

둘째로 문제를 들 수 있는 것은 각국 국민의 습성과 습관의 차이로 인한 것이다. 이러한 습성과 습관에 따라서 기계를 설계하는 데 있어서 작업자가 편리하게 작동할 수 있도록 설계상의 문제를 고려해야할 것이다. 예를들면 왼손잡이와 오른손잡이의 습성, 또는 손으로 공구를 잡는 습관, 노동자의 움직임에 대한 습성등은 신체적 크기 및 구조의 차이로 인한 상이함을 나타낼 것이다. 항공기와 같이 반응시간이 짧은 조작을 요구하는 시스템일수록 이러한 습관성의 문제점을 설계시부터 많은 요구를 하고 있다. 왜냐하면, 항공기의 조종술을 습득하는 기간이 자칫 잘못 설계를 함으로서 길어지며 따라서 훈련비용이 많이 들고

COMPARISON, BETWEEN DIFFERENT NATIONAL GROUPS, OF PERCENTAGES OF SELECTED BODY DIMENSIONS WHOSE VALUES DO NOT EXCEED THE 75TH PERCENTILES (3RD QUARTILE) FOR USAF FLYING PERSONNEL\*

	Italian AF**	Greek AF**	Turkish AF**	South Korean AF+	Japanese AF±
Stature.....	93	93	96	99	99
Weight .....	88	95	97	98	99
Sitting height.....	89	86	88	81	87
Buttock-knee length .....	91	96	97	100	...
Gluteal furrow heigth .....	93	96	97	100	...
Foot length.....	82	85	87	00	...
Foot breadth .....	32	39	39	73	...
Hand length .....	78	84	83	97	95
Hand breadth at metacarpale.....	69	79	86	98	83
Head circumference .....	89	95	98	94	91

\*Hertzberg et al. (1954).  
\*\*Hertzberg et al. (1963).

+ Kay et al. (1961).  
± Oshima et al. (1962).

표 (1-2). 각국 공군과 미공군과의 신체적 크기 비교(Hertzberg, 1963)

또한 비상처치시에 순간적인 조작이 습성에서 우러나와 위험을 초래할 수 있기 때문이다.

#### 4. 인간공학의 시스템적 접근

인간공학의 집중적인 연구는 Kidd와 Vancott (1963)가 그 적용범위(그림 1-2)에서 보인 바와 같이 신형시스템(Original system)에서 많이 적용되고 있다. 신형의 시스템에서는 한번 만드는 데 비용이 많이 들뿐만 아니라 시험(Test)하는 데도 재래식(Traditional system)과는 달리 시행착오의 방법으로 적용할 수 없기 때문이다. 신형의 시스템과 재래식 시스템을 인간공학적인 설계시에 기준, 강조점, 접근형태 및 방법의 차이에 대해서 그림 1-3(신형과 재래식의 비교)은 비교 설명하여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 신형인 시스템 일수록 접근방법이 시스템 중심적이고 종합적인 분석이 되어야함을 강조하고 있다.

특히 Kidd(1963)은 신형시스템의 인간공학 적 적용은 다음과 같은 이점을 준다고 설명하였다.

1. 임무의 향상
2. 교육 및 훈련비용의 감소
3. 안전성 향상
4. 경제적 생산과 정비
5. 사용자의 안락성과 신뢰성 증진

이와같은 시스템 개발을 위한 종합적인 설계문제를 기계적인 시스템들과 연결시켜 일반

적인 인간과 기계의 시스템을 설계하는 그 흐름을 Chapanis(1959)는 다음과 같이 그림(1-4)로 나타내었다.

## 제 2 장 항공기 계기판의 적정배열을 위한 모의실험(Simulation)

비행시, 조종사의 눈의 움직임을 조사하고 그에 따른 적정계기 배열을 찾기위해서 가장 눈의 움직임을 많이 요구하고 있는 계기비행과목을 연구대상으로 하였으며 계기비행시, 눈의 움직임을 구체적으로 표기하기 위하여 F-5A 항공기 계기판을 이용하였다. 특히 조종사의 눈의 움직임(Eye-movement)을 조사하기 위해서 특수한 실험기구 즉 카메라(Eye-movement camera) 혹은 탐지종이(Detection paper)등을 사용하기에는 연구의 제약때문에 실시하지 못하고 의견조사 방법을 사용하였다.

### 1. 조종사의 비행시 눈의 움직임(Eye-Movement) 조사

가. 조사대상 및 인원

현재 한국공군에서 운용하고 있는 전투항공기는 여러가지가 있으며 이들 항공기의 계기 배열은 항공기 특성에 따라 다르지만 전술한 계기비행 과목절차는 기종에 관계없이 대부분 같은 절차로 운용되고 있다. 이러한 계기비행에 대한 조사 대상자는 한국공군의 두개 비행

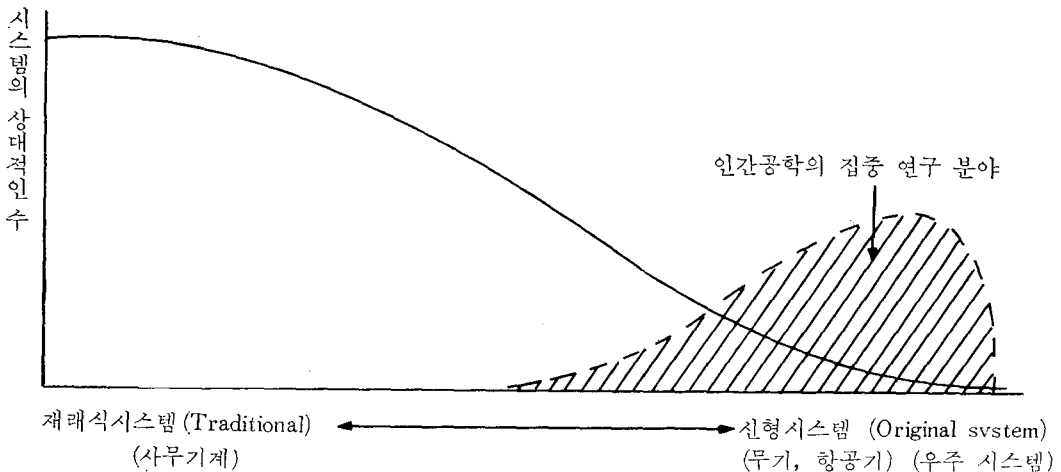
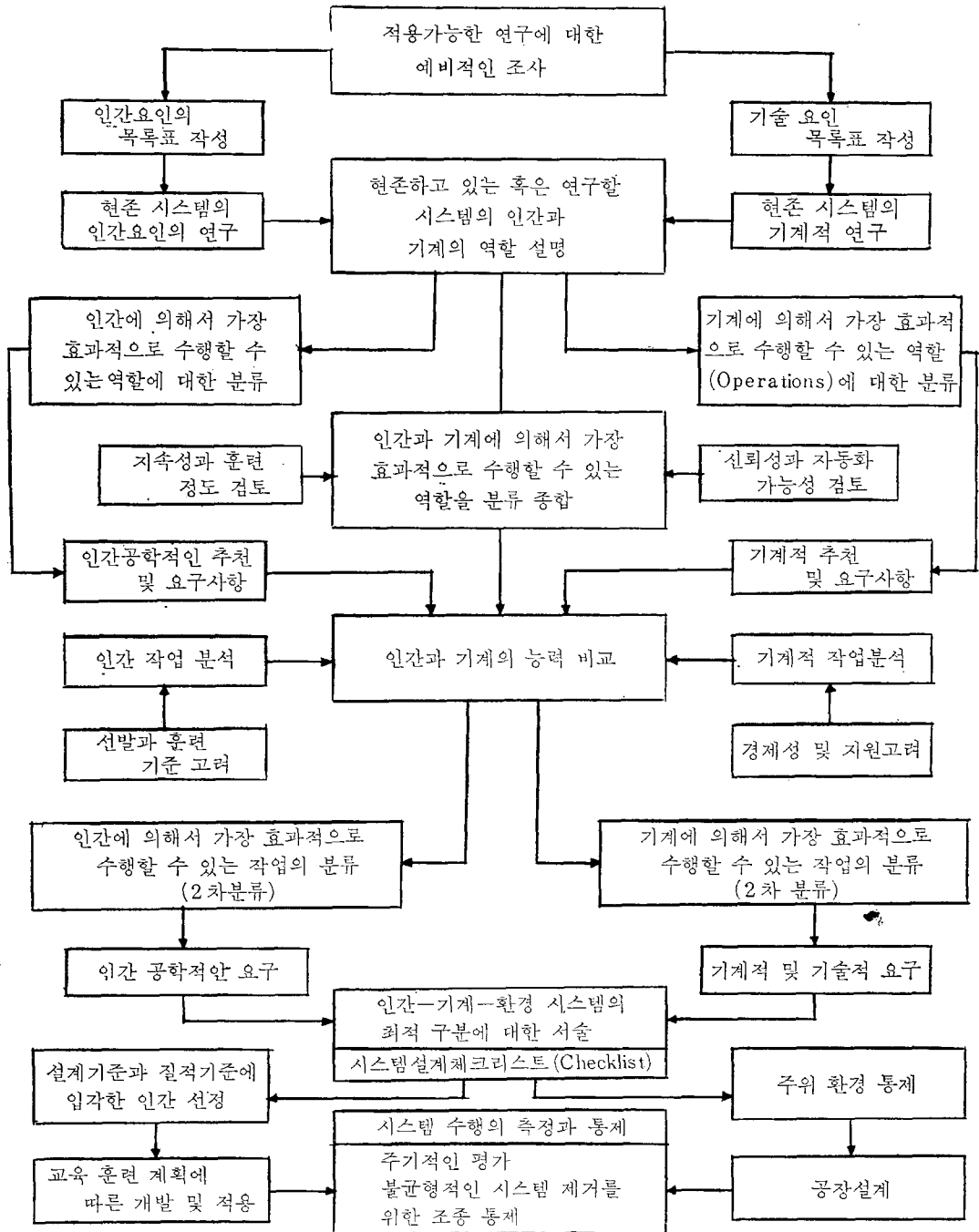


그림 (1-3). 인간공학의 적용범위(Kidd & Vancott, 1963).



그림(1-4). 인간-기계 시스템의 적정설계를 위한 인간공학의 접근방법(Chapanis, 1959)

단에서 비행하는 전투조종사로서 훈련의 제약 상 랜덤(Random sampling)이 어렵기 때문에 비교적 시간적 제약을 받지않는 수준급의 조종사를 조사대상으로 하였다. 표(2-1)은 조사대상 및 인원 에 대한 기종별, 계급별 인원 수를 설명한 것으로서 전체대상인원을 60명으

로 하였다.

나. 조사목적

비행계기 각 과목에 따른 눈의 움직임의 순서를 조사하고 그를 종합하여 전체적인 눈의 움직임(Eye-movement)에 대한 성향을 추적하는데에 목적이 있다.

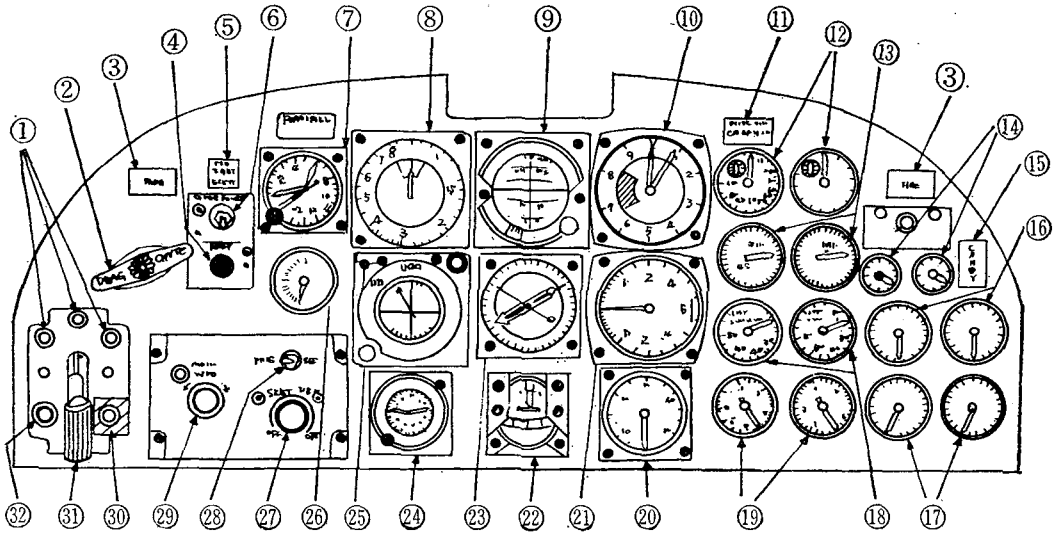
비행단	항공기종	계급 및 인원			대상인원
		소령	대위	중위	
A	a	5	2	4	11
	b	2	4	4	10
	c	2	5	2	9
B	a	3	4	2	9
	b	3	2	3	8
	c	5	5	3	13
계		20	22	18	60명

표(2-1). 조사대상 인원

다. 조사방법

대상인원에게 질문지(표 2-2)에 의거 계기 비행시 계기를 보는 순서대로 해당되는 계기 번호(그림 2-1참조)를 적게하여 일반적인 조종사의 눈의 움직임을 조사하였다. 질문지는 계기과목 24가지와 각 과목에 해당된 우선순위의 번호란으로 구성되어 있다.

눈의 움직임을 조사하기 위한 수집된 자료의 처리는 다음과 같다.



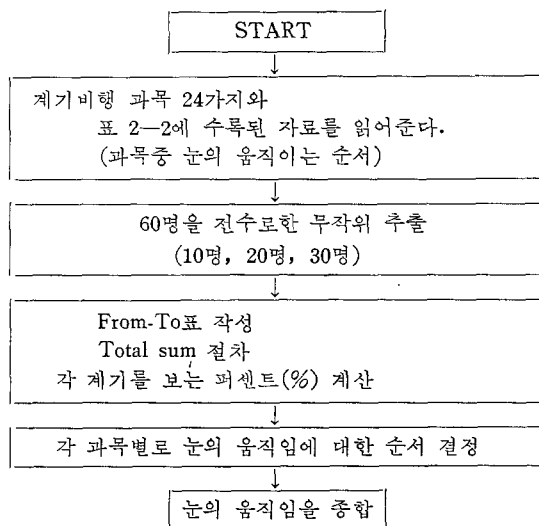
그림(2-1). 항공기계기판(F-5A) 공군교범 1975

Course	Priority	1	2	3	4	5	6	7	8
(1) ICC									
(2) ITO									
(3) Climbs									
(4) Level Off									
(5) Straight Level									
(6) Turns									
(7) Change Speed									
(8) Steep Turns									
(9) Climbs & Descents									



(10) Vertical S,	A																		
	B																		
	C																		
	D																		
(11) Unusual																			
T A C A N	(12) ID																		
	(13) Course Inter																		
	(14) Homing																		
	(15) Maintain Cour.																		
	(16) Holding																		
	(17) Penetration																		
	(18) Low App.																		
	(19) Missed App.																		
G C A	(20) Patterns																		
	(21) Glide Path																		
	(22) Azimuth Path																		
	(23) Missed App.																		
	(24) Full Stop																		

표 (2-2). 질문지 양식



여기에서의 From-To표의 작성은 다음의 예와 같이 조종사가 각 과목에서 계기를 보는 회

수가 순서적으로 누적되도록 작성하였다. 누적된 결과를 분석하여 종합하면 일반적인 조

중사의 눈의 움직임 추정을 할 수가 있겠다.

(예) : 비행과목 : 이륙(Take off)

From	To	계기번호													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	.....	.....	32
1															
2															
3															
4															
5															
9															
:															
:															
32															
합계															

계기번호	10명표본추출			20명표본추출			30명표본추출		
	10명표본추출	20명표본추출	30명표본추출	10명표본추출	20명표본추출	30명표본추출	10명표본추출	20명표본추출	30명표본추출
1	2.2	2.2	2.2	17	.4	.5	.4		
2	.3	.3	.3	18	0.0	0.0	0.0		
3	.5	.7	.7	19	1.5	1.6	1.6		
4	.6	.6	.6	20	.3	.3	.3		
5	0.0	0.0	0.0	21	9.4	9.1	9.0		
6	0.0	0.0	0.0	22	.6	.7	.7		
7	0.0	0.0	0.0	23	12.3	12.2	12.6		
8	19.6	19.7	19.3	24	.5	.5	.5		
9	19.1	19.6	19.7	25	3.0	2.9	2.9		
10	13.1	13.1	13.2	26	0.0	.0	.0		
11	.7	.8	.8	27	0.0	0.0	0.0		
12	11.4	10.6	10.7	28	0.0	0.0	0.0		
13	1.3	1.4	1.4	29	0.0	0.0	0.0		
14	1.5	1.5	1.5	30	0.0	0.0	0.0		
15	0.0	0.0	0.0	31	.0	.0	.0		
16	1.6	1.6	1.6	32	0.0	0.0	0.0		

표 (2-3) 포착빈도수(%)

라. 조사결과 및 분석

(1) 조종사들의 각 계기에 대한 눈의 포착 빈도수를 백분률(%)로 표시한 결과는 다음과 같다. (표 2-3)

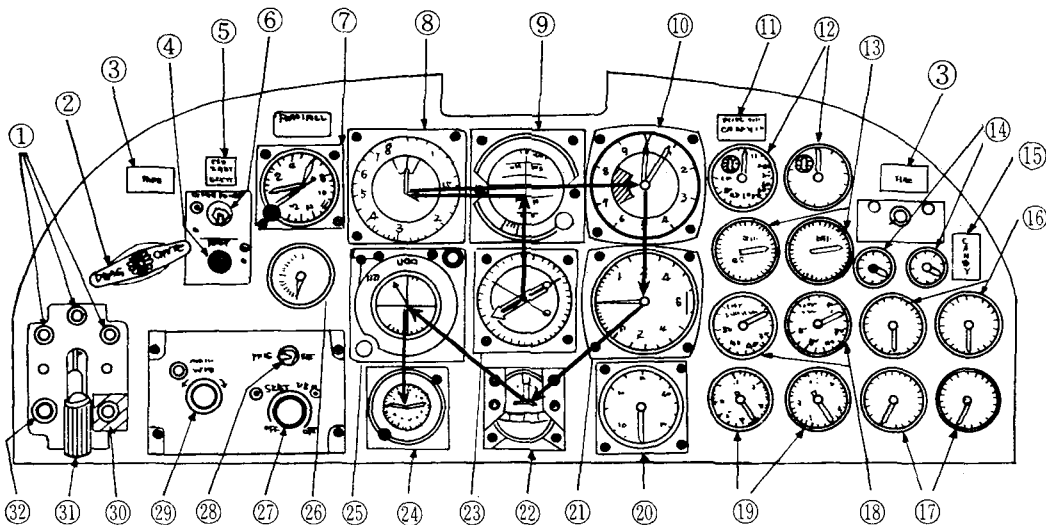
(2) From-To표의 결과 및 눈의 움직임 분석  
From-To표 상에서 얻은 결과를 순서적으로 연결하여가면 해당되는 계기번호를 알 수 있고 그 계기들의 연결순서에 따라서 응답한 것을 분석함으로써 과목에 따른 눈의 움직임 순

서를 알아내었다.

표 (2-4)는 계기비행 과목중 맨처음 과목인 계기좌석점검(I.C.C)시 컴퓨터로 자료를 처리한 결과 (From-To표)를 나타낸 것이고 이것을 분석 눈의 움직임을 계기상에 표시하면 그림 (2-2)와 같다.

(3) 종합적인 눈의 움직임

이미 서술된 분석방법에 따라서 각 과목별



그림(2-2). 계기좌석점검시 눈의 움직임

INSTRUMENT COCKPIT CHECK

계기 번호	TO																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
계기번호 FROM	N=30																																
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	0	0	0	0	0	0	0	30	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	30	30	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	0	14	14	0	0	0	0	0	

표 (2-4). 계기 좌석 점검시 From-To표 (3)

눈의 움직임의 알아내고 이를 연결해 보면 아래 표(2-5)와 같다.

아래 나타난 번호수는 각 계기의 번호를 나타내고 각 과목의 시작점은 “.”의 부호로써 나타내었다.

**2. 적정배열을 위한 모의실험(Simulation)**

이 모의실험은 전문 비행사 눈의 움직임을 이용하여서 가능한 계기배열 방법들에 대

한 총 눈의 움직이는 거리(Total eye travel distance)를 산출할 수가 있기 때문에, 계기들의 배열을 독립변수로 정하고 총 눈의 움직이는 거리를 종속변수로 정하여 가능한 계기 배열방법 중에서 가장 거리가 적은 계기 배열을 찾아내는 것이다. 거리가 적은 계기배열은 조종사들의 눈의 피로를 감소시켜 줄 것이고 또한 능력을 최대한으로 발휘할 수가 있으며 나아가서 긴급시에 효과적인 처치를 할 수가 있

METER NUMBER STRING CHECKING

<sup>1</sup> 23-	9-	8-	10-	21-	22-	25-	25-	<sup>2</sup> 23-	9-	12-	13-	16-	19-	14-	23-	8-	9-	8-	9-	10-	21-
8-	9-	10-	1-	9-	<sup>3</sup> 8-	10-	21-	23-	9-	8-	2-	3-	14-	19-	3-	8-	9-	10-	21-	23-	9-
8-	<sup>4</sup> 10-	21-	19-	8-	23-	12-	9-	10-	21-	20-	13-	16-	19-	14-	11-	<sup>5</sup> 9-	10-	23-	9-	10-	21-
9-	10-	23-	9-	10-	21-	8-	12-	13-	16-	19-	14-	11-	<sup>6</sup> 9-	10-	8-	10-	21-	8-	9-	23-	9-
10-	8-	10-	21-	8-	9-	23-	<sup>7</sup> 8-	9-	12-	10-	8-	12-	8-	9-	12-	10-	8-	12-	<sup>8</sup> 9-	10-	8-
12-	9-	23-	10-	21-	9-	12-	8-	<sup>9</sup> 9-	8-	10-	21-	12-	23-	9-	8-	<sup>10</sup> 9-	21-	8-	23-	9-	10-
21-	8-	23-	9-	21-	10-	8-	12-	<sup>11</sup> 9-	8-	9-	12-	9-	8-	9-	12-	9-	<sup>12</sup> 23-	<sup>13</sup> 25-	9-	23-	9-
10-	8-	12-	9-	25-	23-	9-	10-	8-	12-	<sup>14</sup> 23-	25-	23-	25-	9-	8-	<sup>15</sup> 25-	23-	9-	23-	10-	9-
8-	<sup>16</sup> 23-	9-	10-	8-	23-	9-	10-	8-	<sup>17</sup> 9-	12-	8-	25-	23-	10-	21-	8-	9-	<sup>18</sup> 25-	23-	9-	10-
8-	21-	<sup>19</sup> 10-	9-	8-	23-	12-	1-	8-	9-	21-	9-	10-	9-	8-	23-	12-	<sup>20</sup> 9-	23-	10-	8-	9-
17-	3-	11-	<sup>21</sup> 9-	21-	8-	9-	12-	23-	21-	<sup>22</sup> 9-	23-	8-	10-	21-	23-	9-	23-	9-	23-	8-	<sup>23</sup> 10-
9-	8-	23-	12-	1-	4-	8-	9-	12-	9-	10-	8-	23-	<sup>24</sup> 9-	10-	8-	12-	23-	9-	1-	8-	9-
10-	9-	12-	23-	9-	4-	8-	9-	1-	8-	2-											

<sup>N</sup>: 각 과목의 시작점  
 번호: 각 계기 번호  
 -: 눈의 연결 부호

표 (2-5). 종합적인 눈의 움직임

어 비행 안전면에서 볼 때에도 계기배열 문제를 다룰 때에 충분한 목적변수가 될 수 있다고 생각했기 때문이다.

가. 모의실험 (Simulation) 목적

가능한 계기배열방법 중에서 가장 거리가 적은 배열방법을 찾아냄으로서 최적의 계기배열방법을 제시하고 현재 운용되고 있는 항공기의 배열을 비교 분석하는 데에 있다.

나. 가정설정

가능한 계기배열의 방법수는 계기판에 설치된 계기들의 수에 따라서 결정되므로 본 연구의 대상인 F-5A항공기의 계기 수가 32개가 있으므로 무려 그 방법의 수는 32!(Factorial)개의 방법이나 된다. 따라서 몇 가지의 가정을 정하여 가능한 방법의 수를 찾아내었다.

가정 1: 계기배열은 기능적 집단배열(Functional grouping layout)을 원칙으로 한다. 즉 32개의 계기들 중에서 기능이 비슷한 계기 즉 비행계기, 엔진계기, 기타 보조계기들은 서로 집단적으로 배열한다.

가정 2: 비행계기는 다른 계기집단 보다도 중요하므로 계기판의 중심부에서 배열됨을 원

칙으로 한다.

가정 3: 비행계기 중에서도 자세계기(attitude indicator)와 방향계기(Heading indicator), 고도계(Altimeter)와 승강계기(Vertical indicator) 속도계기(Airspeed indicator)와 진입계기(Course indicator)등은 가정 1)에 따라서 기능적인 집단 배열을 한다.

가정 4: 기타 보조계기는 불변한다.

다. 모의실험 (Simulation) 방법

(1) 모의실험을 위한 계기좌표(cm)설정

그림 2-3(계기좌표)은 평면상의 좌표 X, Y 축에 따라서 각 계기에 해당되는 좌표 및 계기번호를 정해두었으며 이것은 실제 항공기의 크기를 길이의 축적 4:1로써 나타낸 축적도이다.

(2) 가정에 의한 가능한 배열방법의 수 결정

그림 2-4(계기배열 방법수의 가정)은 가정에 의거 집단배열을 표시한 것으로서 비행계기를 3집단으로 묶고(1과 4, 2와 5, 3과 6) 엔진계기는 6개의 계기집단(7, 8, 9, 10, 11, 12)으로 나누었다. 따라서 가정 1)에 의거 비행계기를 바꿀 수 있는 방법의 수는 6(3!=6)가지 이

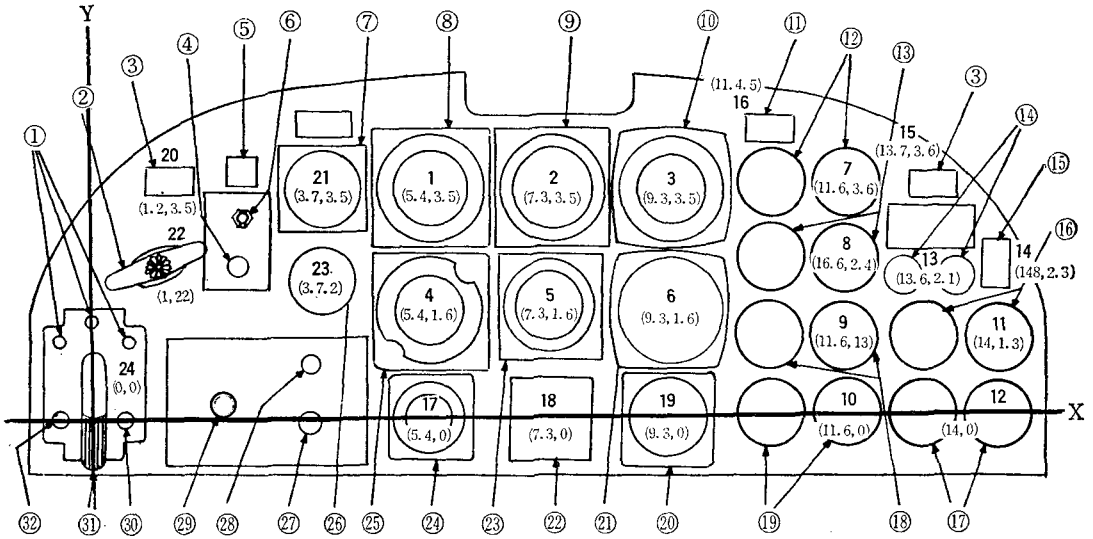


그림 (2-3). 계기좌표

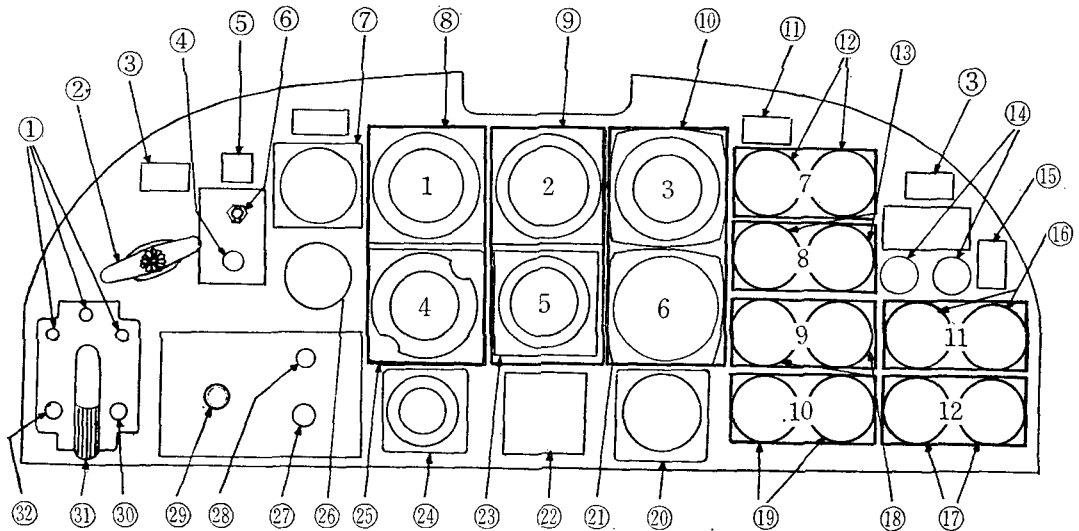


그림 (2-4). 계기배열 방법수의 가정

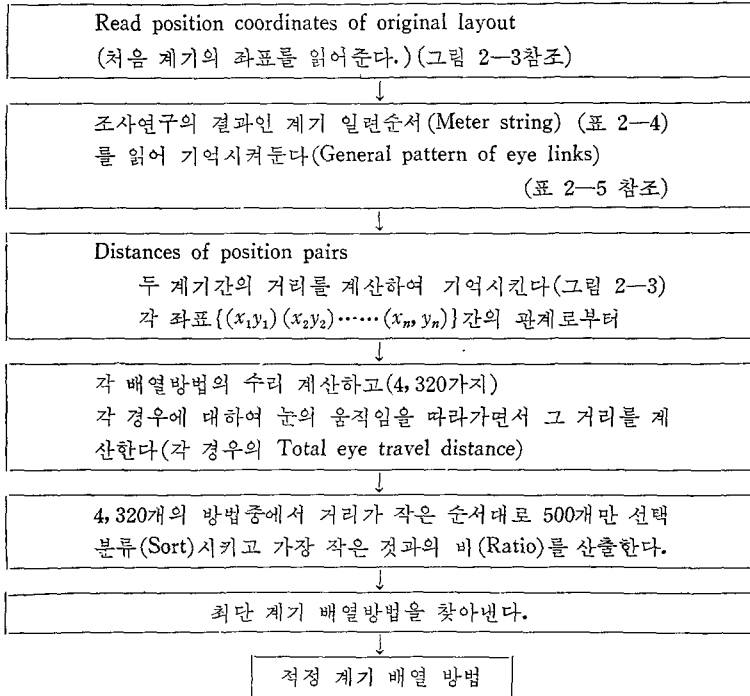
며, 엔진계기를 바꿀 수 있는 방법의 수는  $720(6! = 720)$ 가지가 된다.

그러므로 가능한 배열방법의 총수는  $4,320(760 \times 6)$ 가지가 되며 본 연구에서는 이 방법의 총수를 모두 연구의 대상으로하여 다루었다.

(3) 전술한  $4,320$ 가지의 배열방법을 각각의 경우에 대해서 조종사들의 눈의 움직임(표 2-

4)을 순서대로 따라가면 각 경우의 거리를 산출할 수가 있으며 그중에서 거리가 가장 적은 경우를 찾아낸다. 배열방법의 추적과 눈의 운동거리 계산은 한국과학기술연구소(KIST)의 72-14 CYBER 컴퓨터에 의해 실시되었으며 이 모의실험의 개괄적인 흐름은 다음과 같다.

(4) 모의실험을 위한 흐름



라. 모의실험 (Simulation) 결과 및 분석  
 계기배열의 방법수 4, 320가지에 대해서 모의실험 방법 절차에 따라 각 경우의 거리에 대한 결과를 얻었으며 가장거리가 적은 배열은 4, 320가지중 1, 561번째이고 그 거리는 8, 190 cm(축적길이)가 되며 가장 긴 경우의 거리는 (DLMAX) 10924. 99cm(축적길이)로서 나타났

다. 1, 561번째의 계기배열은 그림 2-5와 같으며 이것은 몇개의 계기들의 위치교환을 요구하고 있다.

그러나 본적자는 최적계기 배열을 선정하기 위하여는 거리의 최소는 물론 각계기가 차지하는 계기의 우선순위 즉 중요도를 고려해야 된다고 생각되므로 이미 조사된 비행계기들의

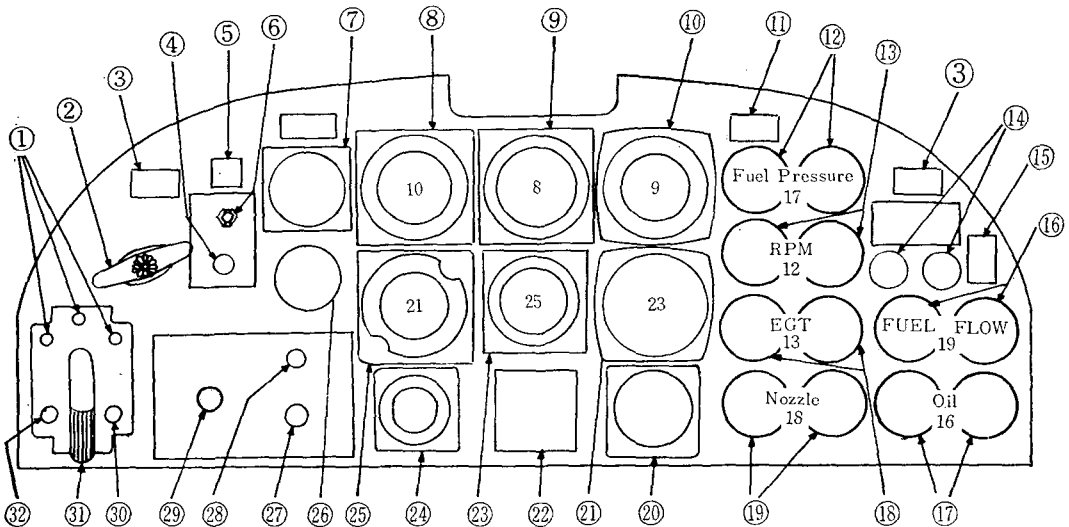


그림 2-5. 최소거리 계기배열

포착빈도률(%)을 선정된 최소거리 배열과를 비교할 때 비교적 동시에 만족시킨 배열이나 포착빈도률이 높은(표 2-7참조) 계기번호 12번인 엔진회전계기(r.p.m indicator)는 조종사가 쉽게 포착할 수 있는 위치가 아님을 알 수 있다. 따라서 그림 2-5에서 17번을 18번 위치에 두고 12, 13, 18번의 계기를 한단계씩 올려서 배열하였을 경우의 눈의 운동거리와 이미 얻은 최소거리 배열과를 비교하여 거리상에 큰 차이가 없을 경우 포착률(표 2-6)을 고려한 배열을 적정배열로서 선택한다.

포착률을 고려한 후자의 방법은 1,579번째로서 총 눈의 운동거리는 8,250cm(축적길이)로써 최소인 거리 배열보다 0.7% 긴 것으로 나타났으나 계기들의 우선순위 즉 중요도가 더

욱 반영된 것이기 때문에 최적 계기배열이라 할 수 있다. 그림 2-6은 본 연구의 결론으로서 제시된 최적계기 배열방법이고 계기간의 연결을 설명해주고 있다.

### 제 3 장 연구결론 및 제안

#### 1. 연구결론

가. 본연구 결과에서 얻어진 적정배열과 현재 운용하고 있는 항공기(F-5A)의 계기배열을 비교하여보면 연구결과에서 나타난 배열의 총 눈의 운동거리는 33,028cm이고 현행 항공기의 운동거리는 34288cm로써 약 1,260cm(4%)의 운동거리를 단축시킬 수가 있겠다.

나. 본연구에서는 계기비행시에 일반적으로

계기구분	계기번호 및 이름	빈도률(%) (표 2-3참조)	계(%)
비행계기	9(자세계), 23(방향계)	19.7, 12.6	32.3
	8(속도계), 25(진입계)	19.3, 2.9	22.2
	10(고도계), 21(승강계)	13.2, 9.0	22.2
엔진계기	12(회전계)	10.7	10.7
	기타 계기	각 1.6이하	각 1.6 이하
기타 보조계기	표 2-3(계기포착 빈도률(%)) 참조.		

표 (2-6). 빈도률(%)

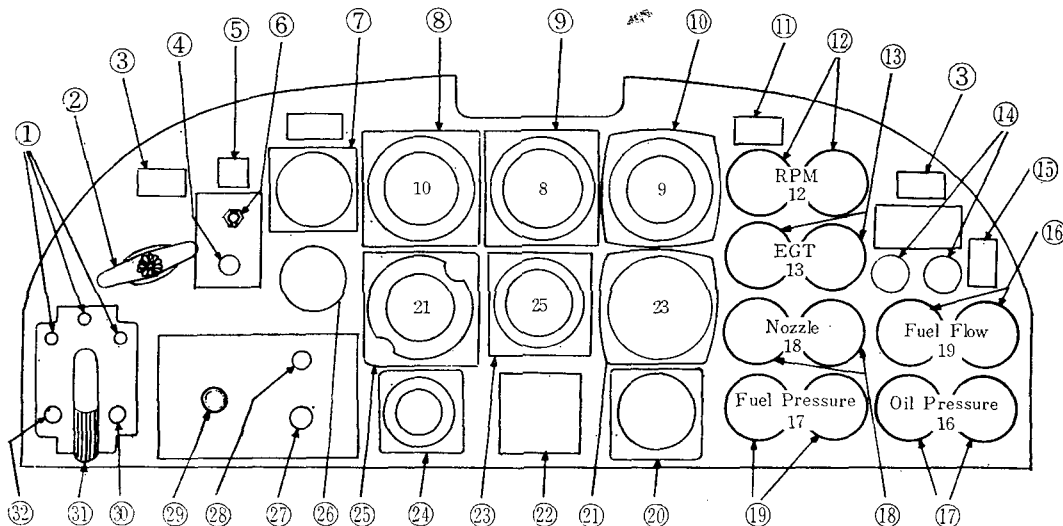


그림 2-6. 적정계기 배열

계기를 보는 순서를 알아내었고 조종사들이 주로 보는 계기들은 포착빈도물로 나타내었다. 가장 많이 보는 계기는 자세계 (Attitude indicator), 속도계 (Airspeed indicator), 고도계 (Altimeter) 순으로 거의 60% 이상을 차지하였으며 엔진계기중 회전계기 (r.p.m)도 자주 보는 것으로서 약 11%의 빈도물을 나타내었다.

다. 눈의 운동거리를 최소화 시키는 배열은 조종사들에게 피로를 작게 해주지만 반드시 최적배열이라고 말할 수 없다. 왜냐하면 인간공학적인 항공기의 계기판설계가 그 배열의 효율을 눈의 운동거리 단축에서만 찾지는 않기 때문이다. 예를 들면 비상신호등과 같이 중요한 계기는 거리보다도 경보가 더욱 배열의 기준이 되는 것과 같기 때문이다.

라. 항공기 계기판의 배열에 있어서 조종사의 눈의 운동거리를 짧게 하는 것과 아울러 눈과 계기판의 거리, 시선의 각도등도 매우 중요하므로 전체적인 배열을 조종사를 중심으로 약간의 원형이 되는 계기판 설계를 추천한다.

## 2. 본연구의 제안

가. 본 연구에서 조종사들의 눈의 움직임을 조사하기 위하여, 눈운동추정카메라 (Eye-movement camera)를 실험기구로서 이용하려고 하였으나 연구의 제약상 의견조사방법을 택하였으며 조사 대상인 조종사들의 훈련조건 때문에 자료수집을 위한 대상인원이 적었다.

나. 여러종류의 항공기를 보유하고 있는 현 한국공군에서 계기판에 부착된 계기 이외의 기타장치, 예를들면 바퀴다리와 활주저지 파라슈트 (DRAG-CHUTE) 등의 배열문제를 충분히 검토하여 조종사들의 비행안전에 더욱 기여할 수 있게 되기를 희망한다.

다. 특히 본연구에서 생략된 조종석의 좌석 설계문제, 계기판색갈과 계기밝기등의 각도 기타 조종장치등의 인간공학적인 과제가 앞으로 연구해야 할 것이다. 그중 몇가지를 서술하면 다음과 같다.

### (1) 조종석의 인간공학적인 설계

본 연구의 서론에서 취급한 표 1-1의 설계상의 신체제원은 한국인의 신체조건과는 상당

한 차이를 제시하고 있으므로 앞으로 한국 공군에서 독자적인 항공기 설계시에 필요한 신체적 제원은 반드시 인간공학적인 측면에서 연구해야 될 과제라고 생각된다.

### (2) 조종장치 및 배열문제

조종간의 크기, 조종사와 러더페달과의 거리, 콘솔의 위치 등은 한국인의 신체적 동작 및 작업효과에 비추어서 설계되어야 할 것이다. 특히 인간작용을 유발할 수 있는 조종장치의 배열은 착오로 인한 영향이 큰 것일수록 심각히 연구되어야 할 것이다.

위에 서술된 제안사항들은 비행안전에 직접적으로 관련되어 있는 항공기의 인간공학적 설계문제들을 나열한 것이며 기타 무기국산화를 위한 제반 문제들을 인간공학적인 측면에서 고려할 때 항공기 개발 및 제반 무기국산화에 많은 발전을 가져오리라고 생각된다.

## REFERENCES

1. Chapanis, A.: *Man-Machine Engineering*, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1959.
2. Chapanis, A.: *Research Techniques in Human Engineering*, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1969.
3. DeGreene, K.B.: *System Psychology*, McGraw-Hill Co., New York, 1970.
4. Fitts, P.M.: *Psychological Research on Equipment Design*, Government Printing Office, 1947.
5. Grether, W.F.: Instrument reading: I. The design of long-scale indicators for speed and accuracy of quantitative readings, *Journal of Applied Psychology*, 1949, Vol. 33.
6. Hertzberg, H.T.E.: "Engineering anthropology", in H.P. Vancott (ed.), *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill Co., 1963.
7. Kidd, J.S., & H.P. Vancott: "System and human engineering analysis", in H.P. Vancott (ed.) *Human Engineering Guide to Equipment Design*, McGraw-Hill Co., 1963.
8. McCormick, E.J.: *Human Factors Engineering*. McGraw-Hill Co., New York, 1970.
9. Roscoe, S.N.: *Airborne displays for flight and*



- navigation, *Human Factors*, 1968, Vol. 10.
10. Senders, J.W.: Survey of human dynamics data & a sample application, *USAF, WADC, TR59-712*, 1959.
  11. Vancott, H.P., & J.W. Altman: *Procedure for Including Human Engineering Factors in the Development of Weapon Systems*, Ohio Aeromedical Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, 1956.
  12. Woodson, W.E., & D.W. Conover: *Human Engineering Guide for Equipment Designer*, University of California, Berkeley, 1970.
  13. Handbook of Instructions for Aerospace Personnel Subsystem Design (HIAPSD) *USAF, AFSC Manual 80-3*, 1967.
  14. Technical order (TO-1) of 1F-5A-1, ROKAF, 1975.
  15. 계원철 : “한국 공군조종사 생체계측”, *항공의학* (9권), 1961.
  16. 坪内和夫 : *人間工學*, 日刊工業新聞社, 1959.