

모의비행 훈련을 통한 비행적성 판단모형 연구

최성욱*, 조용관**, 은희봉***

A Study on the Model of the Pilot Aptitude through the Simulated Flight using the Pilot Aptitude Research Equipment

S. O. Choy*, Y. K. Cho**, H. B. Eun***

목	차
I. 서	론
II. 본	론
III. 결	론

Abstract

The Pilot Aptitude Research Equipment (PARE) at the Republic of Korea Air Force Academy had been installed to study the pilot aptitude of the cadets and the student pilots(Navy officers and Air Force officers from the pilot scholarship programs and the ROTC).

The T-37 simulated flight program and procedure, and the automatic evaluated program for simulated flight have been orderly developed to use the PARE effectively. The cadets who entered started to get simulated flight training by using those developed programs. Their flight situation has been recorded by the automatic evaluated program whenever they got the training. And then the cadets who took part in the simulated flight started the elementary combat flight training in 1,999 after getting appointed to an office and finished the advanced combat flight training in 2,001. The study of the relationship between the simulated flight and the combat flight training has begun after finding their combat flight training results. The Logistic Discriminal Analysis, technique of the SAS statistical analysis package was used to study the pilot aptitude model through the simulated flight training.

This study showed that it is possible to pre-estimate the result of the combat flight training using the PARE machine.

* 공군 사관학교 교수

** 해군 조종사 연세대학교 대학원 석사과정

*** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

I. 서 론

1. 연구 배경

가. 연구 배경

공군사관학교 항공우주연구소 조종사적성연구실의 PARE(pilot aptitude research equipment, 조종적성 연구 장비)는 1988년도에 도입 필요성이 제기되었고, 도입사업의 진행에 따라 1992년부터 순차적으로 도입되어 1995년도에 현재와 같은 모습을 갖추게 되었다. 장비를 도입한 이유는 비행을 처음 시작하는 자원들에 대한 비행적성을 판단하고, 덧붙여 여건이 허락한다면 판단결과에 따라 비행적성을 함양하는 방안을 모색하기 위함이다. 연구의 초기단계에서는 공사45기부터 46기 생도중 모의비행훈련에 관심이 있던 생도들이 도입시의 제공된 프로그램을 교관없이 자율적으로 이용하도록 하였다. 이후 1997년도에 생도들을 위한 저속도의 모의 T-37형 프로그램이 개발되고, 이 프로그램을 활용하기 위한 비행절차가 수립되었다. 1998년도에는 모의비행을 실시하는 개개인들의 모의비행 결과를 객관적으로 평가하기 위한 자동 평가 프로그램이 개발되었다. 이 자동평가 프로그램은 1999년도에 개발된 모의비행 절차의 합리적 수정 및 운영과 더불어 몇 번의 수정이 뒤따른 후 현재 사용되는 평가 프로그램으로 정착되었다.

47기 생도들은 생도를 위한 프로그램 개발 완료 뒤 처음으로 정해진 절차에 따라 모의비행을 실시함으로써 실제 비행에 관한 기본을 간접적으로 익히는 기회를 가졌으며, 그 경험을 가지고 초등비행 훈련에 임하게 되었다. 그들이 모의비행 후 남겨 둔 평가 결과는 조종사 적성 연구실에 자료(data)로 보관되었으며, 모의비행 훈련에 임했던 생도들이 공식 비행훈련의 마지막 단계인 고등훈련을 종료함에 따라 '모의비행 훈련을 통한 비행적성판단 모형 연구'에 관한 연구가 진행되었다.

나. 연구결과 활용방안

이 연구는 모의비행 훈련과 실제 비행훈련과의 관계에서 비행적성을 판단하는 모형을 살펴보는 데 목적이 있다. 모의비행 훈련과 실제 비행훈련과의 관계를 살펴봄으로써 모의비행 훈련이 실제 비행훈련에 미치는 영향을 살펴볼 수 있을 것이며, 이것은 결국 실제 비행훈련전에 개개인의 모의비행 결과를 통하여 비행훈련 결과에 대한 예측을 가능하게 할 것이다. 개인의 모의비행 성적을 비행훈련을 이수하기 위한 필요 모의비행 성적 이상으로 향상시킨다면 개인의 비행훈련 결과는 보다 긍정적으로 나타날 수 있을 것임을 예상할 수 있다. 결국 모의비행은 실제비행과 다소 차이는 있을지언정 나름대로 상당수준의 비행에 관한 내용을 습득할 수 있다는 것으로 귀결될 수 있을 것이다.

2. 연구 범위

이 연구는 모의비행 훈련결과와 실제 비행훈련과의 관계를 연관시키는 것을 목적으로, 양자 사이의 상관관계를 구명하기 위하여 SAS 통계분석법을 이용한다. 수료자와 재분류자 구분을 위한 판단모형을 위하여 로지스틱 판별 분석법을, 그리고 비행적성 판단을 위한 적정 상태의 모의비행 횟수 및 기량(기술습득) 상태 점검을 위하여 의사결정 나무 분석을 이용한다. 우선 보유하고 있는 자료의 반을 이용하여 로지스틱 판별 분석법을 통한 판별모형을 산정한다. 이것은 모의비행 결과를 통하여 모의비행 실시자들의 비행훈련 결과를 예측하는 것이다.

3. 연구 방법

이 연구를 위해 모의비행 훈련을 하고자 하는 생도들을 대상으로 적절하게 시간을 분배하여 모의비행을 실시하였다. 모의비행을 실시하며 동시에 모의비행에 대한 평가를 실시하여 그 결과를 자료철(data file)로 보관하였다. 생도들이 졸업 후 시작하는 비행훈련 결과를 추적하여 모의비행 훈련 실시자들의 비행훈련 상태를 점검하고 이후 비행훈련이 종료되면 적절한 통계기법을 통하여 추구하고자 하는 내용을 분석하였다.

가. 모의비행 훈련 실시

조종사 적성 연구실의 '조종적성 연구 장비(PARE)'는 주로 생도들을 대상으로 운영되고 있으며 때로는 조종장학생들을 위해서도 활용되고 있다. 모의비행 훈련을 위한 공고가 있는 뒤 자발적인 다수의 지원생도 중

연구실의 여건을 고려 적정수(20명)를 선발하였다. 이 생도들을 대상으로 비행에 관한 간단한 이론 교육을 실시한 뒤 모의비행 훈련을 실시하였다. 이론 교육은 주로 간단한 항공 역학 및 항공기 조종 방법, 그리고 모의비행 절차로 이루어졌다. 훈련은 주로 낮에는 생도들의 개별학습 시간표가 구성되어 있었기 때문에 일과 후, 그리고 점호가 끝난 뒤부터 밤 10:00까지 실시하였다.

나. 자료 수집

비행훈련 자료는 이미 자동화 평가 프로그램이 개발되었기 때문에 비행훈련 시작 전 개인 구분 및 모의비행 횟수를 구분할 수 있는 이름만 제대로 등록하면 되었다. 이렇게하여 생성된 자료는 모의비행 후 기 개발된 자동화 평가 프로그램을 사용하여 실시한 모의비행에 대한 비행계획 및 모의비행 평가기준에 따른 점수화를 기할 수 있었다.

다. 비행훈련 결과 추적

실제 비행훈련이 끝나면 비행훈련 결과를 각 비행훈련 담당부서에 요청하여 획득하였다. 그 결과 초등비행 훈련, 중등비행훈련, 그리고 고등비행훈련이 끝난 뒤 훈련을 담당한 비행부대로부터 각 생도들의 훈련자료가 조종사적성 연구실로 송부되었다. 보내준 자료를 기준으로 모의비행 훈련을 실시한 생도들의 비행훈련 결과를 추적하여 그들의 훈련 진행 상황을 파악하였다.

라. 통계 분석

1) 수료율 분석 : 모의비행 장비를 활용한 생도들과 활용하지 않은 생도들의 차이점을 간략하게 두 집단간의 비행훈련 수료율을 통하여 비교, 분석하였다. 자료수가 많지 않아 모의비행 실시자와 미실시자의 차이점을 상호 비교, 살펴 볼 수 있는 특별한 통계 방법의 활용이 어려웠다. 따라서 두 집단의 차이점을 비행훈련 수료율을 비교함으로써 간단하게 비교하였다. 이 비교는 모의비행 훈련을 통하여 기량이 함양될 수 있다는 것을 간접적으로 살펴볼 수도 있었다.

2) Logistic 판별 분석 : 이 통계분석 방법을 통하여 비행훈련 결과를 예측할 수 있는 모형을 살펴보고자 하였다. 자료의 반을 이용하여 판별 분석식을 만들고 나머지 반의 자료를 이용하여 예측모형의 신뢰도를 검증하고자 하였다.

3) 자료 보정 : 초기 개발된 자동화 평가 프로그램은 생도들이 모의비행을 실시하는 도중 준수해야 하는 절차를 전혀 시행하지 못했을 경우 전혀 점수를 획득하지 못하는 결과를 양산하였다. 이러한 프로그램을 활용하여 얻은 보유자료는 결과분석에 있어 큰 영향을 미쳤다. 이것은 자료수 및 자동평가 프로그램의 문제점에 기인하였을 것이다. 필기와 달리 실기관 못해도 어느 정도의 평가점을 받을 수 있는 것이 합리적이므로 프로그램에서 얻지 못한 점수를 부여하는 방법을 강구해야 할 것이다. 따라서 보정이 필요한 경우라면 변형된 결과와 변형되지 않은 결과를 비교함으로써 신뢰성 있는 비행훈련 결과를 예측하는 방안을 강구해야 할 것이다.

II. 본 론

1. 모의비행 훈련 체계

가. 모의비행 훈련 지원자 선발

연구를 수행하기 위한 모의비행 훈련 대상은 47기 생도들이었으며, 기본적으로 장비를 활용할 수 있는 시간은 생도일과를 고려 제한되었다. 모의비행훈련을 위한 최선의 시간은 생도일과 후 개인의 시간을 활용하는 것으로서 18:00시 이후부터 20:00시 점호시간 전까지, 점호 후 20:30분부터 22:00까지로 제한되었다. 그 동안 생도들의 모의비행 훈련을 관찰하고, 실력의 향상 정도를 관찰한 결과, 착륙을 원활히 할 정도의 수준에 도달하기 위해서는 개인의 기량차이를 고려하더라도 대략 15회의 탑승이 요구되었으나 장비는 1대 밖에 없는 단점이 있었다. 이러한 제한 사항을 고려 적절한 수준인 20명으로 인원을 제한하였다.

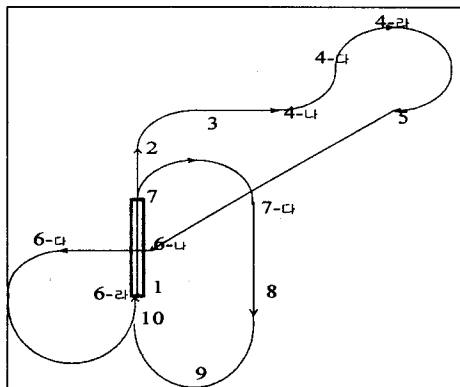
연구의 시발점은 선발된 20명에 대한 모의비행 훈련결과와 실제 비행훈련 결과를 추적하는 것이었다. 비록 20명의 인원은 sample 인원으로 작은 수이나 당시의 근무여건상(사무실 여건 및 생도 일과) 더 많은 인원을 수용할 수 없는 최선의 인원이었다.

나. 모의비행 절차

1회의 모의비행 훈련은 연구실의 제한된 연구 인원, 장비의 특성상 지형 지물을 확연하게 구분할 수 없는 것, 탑승시간 등 제반 여건이 고려된 절차가 필요하였다. 생도들이 실시하는 모의비행 훈련절차는 이러한 여건 및 모의비행 자동 평가 program 개발이 가능하도록 고려되었다. 그 결과 모의비행 절차의 기본틀을 이륙, 상승 및 선회, 그리고 장주에서의 기동 등으로 설정하였다. 더불어 모의비행 절차는 실제 비행훈련에서 활용되는 절차의 일부인 이륙, 장주이탈, 공역진입, 공역경계선회, 귀환, initial 및 장주(내곽)비행, 착륙 등을 포함하고 있으며, 이것은 실제훈련과 많은 연관성이 있다. 이 모의비행 절차는 연속적인 동작이나 단계별로 다음과 같이 구분된다.

- 1) 이륙
- 2) 장주이탈
- 3) 훈련 공역 진입
- 4) 선회
- 5) 귀환
- 6) 장주 진입
- 7) 활주로 진입(initial)
- 8) Pitch Out
- 9) Down Wind 진입
- 10) 착륙 동작 실시
- 11) 착륙.

이러한 모의비행 절차는 그림 [1]로 시각적인 설명이 가능하다. 이 T-37형 모의비행 절차를 수행하기 위해서는 약 25분 정도의 시간이 소요되며, 약 1,200여개의 비행기록이 생성된다. 이러한 비행기록을 토대로 각 항목에 대한 평가가 가능하며, 또 다른 모델에 대한 평가모델이 개발도 가능하다.



[그림 1] T-37 모의비행 장주

다. 모의비행 훈련 자동 평가 프로그램

1) 비행기록자료

모의비행에 대한 평가는 PARE 도입 당시 제공되었던 프로그램을 수정하여 출력한 비행기록자료를 이용하였다. 비행기록자료는 <표 1>에서 보는 바와 같이 매초(time)마다 고도(altitude), 방향(heading), 속도(speed), 위치(x position, y position), 상승자세(pitch), 선회경사각(bank), 비행장에서의 거리(TACAN, range), 비행장의 방향(bearing), CSW degree, gear 내림상태, flap 내림상태, 속도제어기(speed brake) 내림상태의 값을 가지고 있다. <표 1>의 자료는 모의비행 훈련 중 성무기지 활주로에서 이륙하기 전의 비행기록들을 보여준다. 이 자료들은 시간이 경과함에 따라 그 값이 계속하여 변동된다. <표 2>는 이러한 값들에 대하여 설명하고 있다.

<표 1> 모의비행기록 자료

T	Alt	Hdg	Spd	Pos X	Pos Y	Pitch	Roll	Range	Bearing	Csw	Gear	Flap	S/B
0	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	0	20	1	0	0
1	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	0	20	1	0	0
2	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	0	20	1	0	0
3	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	0	20	1	0	0
17	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	0	20	1	0	0
18	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	-72.7	-52.7	1	0	0
20	265	340	0	32.356	-22.688	0	0	0	-72.7	-52.7	1	0	0

- * T : time
- * S/B : speed brake
- * T : time
- * S/B : speed brake

<표 2> 모의비행 기록 자료 설명

항 목	설 명	단 위
Time	진행된 비행의 기록시간	sec
Alt	항공기 고도(altitude)	feet
Hdg	항공기 방향(heading)	dgree
Speed	항공기 속도(speed)	kts
Pos X	남한지역의 중심을 0으로 기준하여 X축상의 상대위치	-50 ~ 50
Pos Y	남한지역의 중심을 0으로 기준하여 Y축상의 상대위치	-50 ~ 50
Pitch	항공기 기수 높낮이 기울기	degree
Roll	항공기 좌우 기울기	degree
Range	항공기로부터 비행장까지의 거리	nm
Bearing	항공기에서 보는 비행장의 방향	degree
CSW	활주로의 연장선을 기준으로 한 항공기의 위치	degree
Gear	Landing gear 올림·내림(up·down)상태 표시	0, 1
Flap	Flap 올림·내림(down·half·full)상태 표시	0, 0.5, 0.7
S/B	Speed Brake 상태(in·out) 표시	0, 1

- * 항공기 위치는 (A,B)로 표시되며, A는 Y, B는 X 위치를 나타냄.
- * CSW는 활주로 연장선상에서 항공기의 위치를 나타내는 것임. 항공기가 활주로 우측에 있을 경우 -degree로, 좌측에 있을 경우 + degree로 나타남.
- * gear, flap, S/B는 상태에 따라 0에서 1까지의 수치로 나타남. 예를 들어 gear down b상태는 0, up 상태는 1임.
- * 항공기 위치는 (A,B)로 표시되며, A는 Y, B는 X 위치를 나타냄.
- * CSW는 활주로 연장선상에서 항공기의 위치를 나타내는 것임. 항공기가 활주로 우측에 있을 경우 -degree로, 좌측에 있을 경우 + degree로 나타남.
- * gear, flap, S/B는 상태에 따라 0에서 1까지의 수치로 나타남. 예를 들어 gear down b상태는 0, up 상태는 1임.

2) 평가항목 분류

모의비행절차는 일련의 비행항목들을 연속적으로 조작한다. 이 연속된 조작은 한 가지의 동작이 아닌 변화되는 동작의 연속(예를 들면 이륙 후 선회, 선회 후 수평, 수평 후 선회 등)이기 때문에 평가를 위해서는 이러한 일련의 항목들을 구분시켜주어야 한다. <표 3>에 각각의 비행항목을 구분하기 위한 분류기준이 제시되어 있다. 분류기준은 전 단계의 비행항목과 명확하게 구분될 수 있는 요소(속도, 선회경사각 등)를 선택하였으며, 일정시간동안(5초) 정해진 조건(모의비행절차의 제원을 고려하여 작성되어진)을 만족하는가에 따라 비행항목을 판단하는 것으로 하였다.

<표 3>. 모의비행 평가항목 분류기준

항 목	분 류 기 준
이 륙	초기 조작시(speed가 1이상)부터
상승선회	heading이 345° 이상일 때 bank가 5° 이상 5초 이상 지속될 때
15° 선회	altitude가 4,000ft 이상이고, heading이 340° 이상일 때 bank가 -5° 이하 5초 이상 지속될 때
30° 선회	heading이 335° 이하일 때 bank가 5° 이상 5초 이상 지속될 때
45° 선회	heading이 70° 이상일 때 bank가 5° 이상 5초 이상 지속될 때
Over Station	heading이 245° 이상일 때 bank가 -5° 이상이고 5° 이하이거나 bank가 -10° 이하이면서 5초 이상 지속될 때
Initial	heading이 250° 이하일 때 bank가 -5° 이하이면서 5초 이상 지속될 때
Pitch Out	altitude가 3,000ft 이하이고, heading이 340° 이상일 때 bank가 5° 이상이면서 5초 이상 지속될 때
Down Wind	heading이 155° 이상일 때 bank가 -5° 이상이고 5° 이하이면서 5초 이상 지속될 때
Turn	heading이 160° 이상일 때 bank가 10° 이상이면서 5초 이상 지속될 때
착 륙	heading이 335° 이상일 때 bank가 -5° 이상이고 5° 이하이면서 5초 이상 지속될 때

다음의 program은 이륙하여 상승선회 하는 비행항목을 구분하는 것을 나타낸다.

```

int NextIsRaise() {
    static count = 0;
    static flag = FALSE;
    if(current_dp->heading >= 340 + 5 || current_dp->heading <= 70) {
        if(current_dp->bank >= 5) {
            count++;
            if(count == 5) {
                flag = TRUE;
                count = 0; } }
        else {
            count = 0;
            flag = FALSE; } }
    if(flag) {
        break_dp = current_dp;
        while(break_dp->bank >= 2) {
            break_dp = break_dp->prev; } }
    return flag; }
    
```

이륙한 후 상승선회를 하게되면 방향(heading)이 340° 에서 70° 으로 변화하기 때문에, 조작의 편차를 고려

하여 방향이 345° 이상(70° 이하)이 되면 상승선회가 시작되었는지 판단하기 시작한다(㉞). 상승선회는 우측으로 30°의 선회경사각을 갖고 선회를 하게 된다. 따라서 조작의 편차를 고려하여 선회경사각이 5° 이상으로 5초간 지속될 경우에 상승선회를 하고 있다고 판단할 수 있다(㉟). 그러나, 실제로 상승선회가 시작된 시점은 상승선회가 시작되었다는 것을 판단할 수 있는 시점보다 앞서 있기 때문에 그 시점(실제 상승선회가 시작된 시점)을 찾아낼 필요가 있다. 이것은 경사선회각이 변화하는 시점(조작의 편차를 고려하여 2°로 정함)으로 역추적함으로써 알 수 있다(㊱).

3) 평가요소

모의비행에 대한 평가는 각 항목별로 이루어지며, 각 항목마다 주어진 제원에 따른 세부적인 평가요소들이 있다. <표 4>는 이러한 평가요소들을 보여주고 있는데, 이는 실제 조종사의 조언으로 모의비행에서 객관적으로 평가가 가능한 요소들을 산출하였다. 평가에 대한 자료기준은 주로 속도(speed), 상승자세(pitch), 방향(heading), 고도(altitude), 선회경사각(bank)의 유지에 대한 것을 중점사항으로 하였으며, 이러한 사항은 실제 비행에서와 유사하도록 기준을 마련하였다.

<표 4> 모의비행 평가항목별 평가요소

평가항목	평가요소	비고
이륙	속도, 상승자세, B/P 속도, L/G 및 Flap UP 속도	이륙
상승선회	속도, 상승자세, 선회 후 방향, 선회속도	장주이탈, 공역진입
선회(15° 30° 45°)	속도·선회경사각·고도유지	공중조작(선회)
Over Station	속도, 고도, Initial 진입시 비행장까지 거리	RTB
Initial	속도, 선회경사각, 고도, 강하자세, CSW 변화	Initial
Pitch Out	속도, 선회경사각, 고도	Pitch Out
Down Wind	속도, 고도, L/D gear 및 Flap down 속도	
Turn	속도, 고도	Base/Final Turn
착륙	방향, 고도	착륙

- * B/P(back pressure) : 이륙 당김, L/G : landing gear
- * B/P(back pressure) : 이륙 당김, L/G : landing gear

<표 5>는 각 평가요소들에 대한 평가기준을 보여주고 있다. 속도(speed), 고도(altitude), 상승자세(pitch), 선회경사각(bank), 방향(heading)에 대한 평가기준에서 첫 번째 값은 기준이 되는 값을 나타내주고 있으며, 두 번째 값은 각 기준값으로부터의 간격을 보여주고 있다. 즉, 이륙항목에서 속도를 살펴보면 200, 5로 표시되어져 있는데, 이것은 속도가 200kts에서 ±5kts를 유지할 때 A등급을 부여한다는 것을 보여주고 있는 것이다.

<표 5> 모의비행 평가기준

	Speed	Altitude	Pitch	Bank	Heading	Check1	Check2
이륙	200, 5		10, 1			S, 75, 5	S, 110, 20
상승	200, 5		10, 1		70, 2	A, 1100, 200	
선회(15)	200, 5	4000, 50		-15, 1			
선회(30)	200, 5	4000, 100		30, 2			
선회(45)	200, 5	4000, 150		45, 3			
Overbase	200, 5	3500, 50				A, 3500, 50	R, 3.5, 0.5
Initial	200, 5	1100, 50	-10, 2	-25, 5		C, 0, 10	
Pitchout	200, 5	1100, 50		35, 1			
Downwind	200, 5	1100, 50				S, 145, 5	
Turn	125, 5	1100, 50					
착륙	125, 5			0, 1	340, 2		

<표 5>의 각 항목에서 check1과 check2는 비행절차에 대한 것을 평가하는 기준을 보여주고 있다(표 6. 참조). 알파벳으로 표시되어진 것은 각 비행절차에서 check되어야 할 평가요소를 나타내주는 것으로, S는 속도(speed), A는 고도(altitude), R은 비행장까지의 거리(range), C는 csw값(표 4. 참조)을 표시하는 것이다. 선회에서 선회경사각(bank)의 -값은 좌선회, +값은 우선회를 나타낸다. Initial에서 pitch값이 -를 보이고 있는 것은 강하자세를 유지하며 접근하고 있음을 의미한다.

4) 항목별 평가

항목별 평가는 비행단계 중 항목별로 분류되어 저장된 비행기록자료를 기초로 속도(speed), 고도(altitude), 선회경사각(bank), 상승자세(pitch), 방향(heading)등의 비행자세 유지능력과 각 시기에 맞는 적절한 절차 수행 능력을 점검하여 평가한다. 항목별로 점수를 차등부여하기 위하여 주어진 평가요소를 몇 단계의 등급으로 나누어 평가하였으며, 가중치의 적용은 고려하지 않았다. 비행자세 유지능력의 평가는 시간과 상관없이 그 항목별로 일정한 등급을 매기도록 하였다. 다음 program은 '15' 좌선회' 항목을 평가하기 위한 것이다.

```
int EvaluateLeft30Roll(){
    int count_altitude = 0, count_speed = 0,
        count_bank = 0, count_pitch = 0, count_heading = 0;
    float score_altitude = 0, score_speed = 0,
        score_bank = 0, score_pitch = 0, score_heading = 0;
    dp = sp->data;
    while(dp->next != NULL) {
        count_altitude++;
        score_altitude=score_altitude + Grade(dp->altitude, 4000, 0, 50);
        count_speed++;
        score_speed = score_speed + Grade(dp->speed, 200, 0, 5);
        count_bank++;
        score_bank = score_bank + Grade(dp->bank, -15, 0, 1);
        dp = dp->next; }
    sp->speed_score=score_speed/count_speed;
    sp->bank_score = score_bank/count_bank;
    sp->altitude_score = score_altitude/count_altitude;
    sp->total_score = sp->speed_score + sp->altitude_score + sp->pitch_score + sp->bank_score +
    sp->heading_score + sp->check1_score + sp->check2_score + sp->check3_score;
    if(sp->next != NULL) sp = sp->next; }
```

위의 program은 평가요소에 대한 평균값을 얻기 위해서 각 평가요소에 대한 카운트를 하였다(㉓). Grade 함수의 첫 번째 인자값은 현재의 고도(속도, 선회 경사각 등의 값)를 알려주는 것이며, 두 번째와 세 번째 인자는 기준이 되는 고도와 그 폭을 알려주고 있다. 또한 네 번째 인자는 등급을 구분하는 간격을 보여주는 것이다(㉔). ㉕와 ㉖는 각 평가요소와 항목에 대한 결과를 계산해주고 있다. 위의 program에서 알 수 있듯이, 평가요소별로 등급을 부여할 때 기준이 되는 값과 차등평가가 가능한 간격을 지정해 줌으로써, 각 항목마다 다른 기준으로 평가가 가능하도록 하였다. 다음 program은 등급을 부여하는 함수이다. ㉗, ㉘, ㉙, ㉚, ㉛는 각 등급을 나타내주는데, 이것은 각각 4, 3, 2, 1, 0의 점수를 표시하고 있다.

```
float Grade(float value, float std, float delta, float interval){
    if(value >= std - delta - interval * 1
        && value <= std + delta + interval * 1) {
        return A; }
    else {
        if(value >= std - delta - interval * 2
            && value <= std + delta + interval * 2) {
            return B; }
        else {
            if(value >= std - delta - interval * 3
                && dp->speed <= std + delta + interval * 3) {
                return C; }
```



```

else {
  if(value >= std - delta - interval * 4
    && value <= std + delta + interval * 4) {
    return D; }
  else {
    return F; } }
    
```

<표 6>은 각 항목별 평가배점을 보여주고 있다.

표 6. 모의비행 항목별 평가배점

	Speed	Altitude	Pitch	Bank	Heading	Check1	Check2	Total
이륙	4.00		4.00			4.00	4.00	16.00
상승	4.00		4.00		4.00	4.00		16.00
선회(15°)	4.00	4.00		4.00				12.00
선회(30°)	4.00	4.00		4.00				12.00
선회(45°)	4.00	4.00		4.00				12.00
Overbase	4.00	4.00				4.00	4.00	16.00
Initial	4.00	4.00	4.00	4.00		4.00		20.00
Pitch Out	4.00	4.00		4.00				12.00
Down Wind	4.00	4.00				4.00		12.00
Turn	4.00	4.00						8.00
착륙				4.00	4.00			8.00
합계	40.00	32.00	12.00	20	4	21	10	136

라. 모의비행 훈련 결과 : 모의비행을 실시한 생도들의 평가결과는 다음과 같다.

표 7. 모의비행 자동평가 결과

성명	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	훈련결과*
A		61.1		66.3	83.2	80.2	89.5	0
B		98.1	97.7	102	116			0
C		74.1	53.4	92.4	82.9			0
D	40.5	62.7	73.1		86.9	83.9		1
E	63.5	70.8		82.2		98.6		0
F		65	91	91.7	88.8	94.9		1
G					76.8	103		1
H	65.1		72.2					0
I								0
J								1
K	66.7	68.2		88.9	94.1			1
L		56	78.5	81.8	80.4			0
M				73.6				1
N				68.8				1
O			90		89.2			0
P			82.9	78.9	86.3	98.6		1
Q	87.3	83	92	83.7	93			1
R			82.3	93.9				1
S			70.4	93.4	81			1
T	75.7	73.6		75.6				0

* 1은 수료를 0은 재분류를 의미함

2. 분석

가. 원자료 분석

1) Logistic 회귀 분석

가) 로짓 모델

독립변수를 이용하여 조종장학생이 성공적으로 비행훈련 과정을 수료할 확률을 예측하는 모델은 회귀분석을 이용할 수 있으며 일반적인 회귀분석식은 다음과 같다.

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

여기서 Y_i = 종속변수, $x_{ik}(k=1, \dots, k)$ = 독립변수, β_k = 회귀계수(β_0 는 상수항)이다. ε_i 는 오차항이며, $E(\varepsilon_i)=0$, $\text{Var}(\varepsilon_i)=\sigma^2$, 그리고 $\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j)=0$ 이다 ($i \neq j$). 회귀분석에서 Y_i 의 값은 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 사이의 어떤 값도 자유로이 취할 수 있으나 Y_i 가 범주형 변수로서 단지 두개의 값(예컨대 0 과 1; 성공 및 실패)만을 취한다고 하면 종속 변수 Y_i 의 기대값 $E(Y_i)$ 는 다음과 같다.

$$E(Y_i) = 1 \cdot \text{Prob}(Y_i=1) + 0 \cdot \text{Prob}(Y_i=0) = \text{Prob}(Y_i=1)$$

따라서,

$$\text{Prob}(Y_i=1) = E(Y_i) = \beta_0 + \sum \beta_k x_{ik} \quad (2)$$

즉, 종속변수 Y 의 기대치 $E(Y_i)$ 는 Y_i 가 1이 될 확률로 요약되며 식(2)는 이 확률 이 독립변수와 선형적인 관계를 가지므로 선형확률모델(linear probability model : LPM)이라 한다. 확률 $P(Y_i=1)$ 의 값은 음수가 되거나 1보다 큰 경우가 생길 수 있으며, $P(Y_i=1)$ 은 x_i 와 비선형적인(nonlinear) 관계로 가정할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하는 방안은 좌변이 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 사이의 값을 갖도록 $P_i [=P(Y_i=1)]$ 를 변환(transformation)하는 것으로 이러한 변환은 두 확률의 비율(odds ratio)에 자연로그를 취함으로써, 즉 $\log(P_i/(1-P_i))$ 로 변환하면 ($-\infty, +\infty$)사이의 값을 갖게된다. 이렇게 변환된 아래의 식(3)의 모델을 logit 모델 (혹은 로지스틱 회귀분석: logistic regression)이라 한다.

$$\log \frac{P_i}{(1-P_i)} = \beta' X_i \quad (3)$$

따라서, P_i 는 다음과 같이 표시된다.

$$P_i = \frac{\exp(\beta' X_i)}{1 + \exp(\beta' X_i)} \quad (4)$$

식(4)는 로지스틱 함수라고 불리우는 것으로 P_i 즉, $Y_i=1$ 이 될 확률이 로지스틱 확률단위(logistic probability unit: logit)로 표현되며, P_i 는 0과 1사이에서 대칭형의 S자 커브 형태를 갖게 된다.

나) 로짓 모델의 추정

Logit 모델에서 $\beta(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ 의 추정은 최우추정법(maximum likelihood estimation: MLE)을 이용하는 데, n 개의 독립적인 y_i (Y 로 표시)를 관측할 확률, 즉 우도함수(likelihood function)는 최종적으로 다음식으로 표시된다.

$$P(Y | X_i, \beta) = \prod_{i=1}^N \left(\frac{\exp(\beta' X_i)}{1 + \exp(\beta' X_i)} \right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + \exp(\beta' X_i)} \right)^{1-y_i} \quad (6)$$

최우추정법(MLE)은 위의 우도함수(L 로 표시) 값 즉, 주어진 n 개의 관측치를 얻을 확률을 가장 크게 해주는 $B' = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k\}$ 를 구하는데 먼저 수학적인 편의상 우도함수를 대수변환($\log L$)하면 다음과 같다.

$$\log L = \sum_{i=1}^N [y_i \log P_i + (1 - y_i) \log (1 - P_i)] \quad (7)$$

식(7)을 최대로 하는 B 를 구하기 위하여 β_k 에 대해서 각각 편미분($\partial \log L / \partial \beta_k$) 을 구한 뒤 이를 각각 영(zero)으로 놓고 β_k 에 대해서 푼다.

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^N \left(y_i - \frac{\exp(\beta' X_i)}{1 + \exp(\beta' X_i)} \right) x_{ik} = 0, \quad k=0, 1, \dots, K. \quad (8)$$

우도 방정식은 β_k 에 대해서 비선형적(nonlinear)이므로 임의로 β_k 의 초기치를 부여한 뒤 이를 반복적으로

개선해 나가는 방법(iterative algorithm)으로 구하는데 이렇게 추정된 β_k 의 MLE 추정치인 b_k 는 식(7)이 단 일극대치(unique maximum)가 되기 위한 조건을 만족한다. MLE 추정량은 모수에 대해 불편성(unbiasedness)과 효율성(efficiency)을 가지며 점근적으로(표본크기가 100이상이면) 정규분포를 갖는데 분산-공분산 행렬인 Σ (정보행렬: information matrix)는 아래의 식(9)와 같으며 이를 이용하여 각 독립변수에 대한 유의성검정 ($H_0: \beta_k=0$)을 하게된다.

$$\Sigma = \left[E \left(-\frac{\partial^2 \log L}{\partial \beta \partial \beta'} \right) \right]^{-1} \quad (9)$$

다) 모델 추정 결과

- (1) 총 데이터 : 20명의 생도들을 선발하여 훈련을 시킨 결과가 남아 있다.
- (2) 분석을 위한 데이터 할당 : 남겨진 자료들은 모형구축을 위해 60%인 12명의 자료가 임의로 사용되었으며 나머지 40%인 8명의 자료는 만들어진 모형에 대한 검증용으로 사용되었다.

표 8. Analysis of Maximum Likelihood Estimates

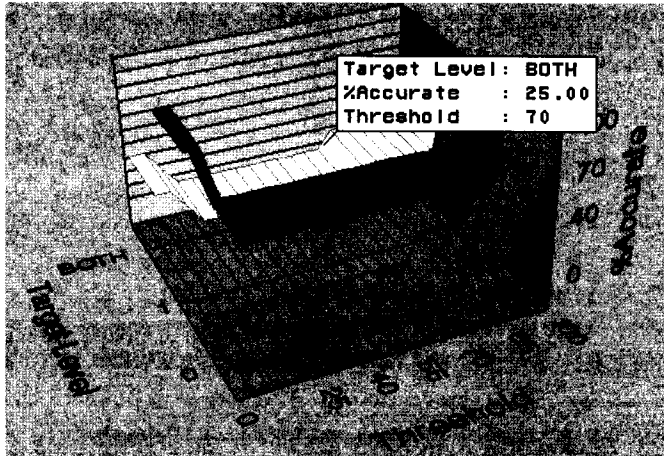
parameter	df	estimate	stand. error	wald chi-sq.	pr>chi-sq.
intercep	1	23.2994	33.7708	0.48	0.4902
x1	1	-0.1247	0.1696	0.54	0.4623
x2	1	0.5838	0.4654	1.57	0.2096
x3	1	-0.0735	0.0799	0.85	0.3575
x4	1	0.0872	0.1155	0.57	0.4503
x5	1	-0.3962	0.3998	0.98	0.3217
x6	1	-0.2343	0.2555	0.84	0.3590
x7	0	0			

- * df(자유도) : degree of freedom
- * stand. error(표준편차) : standard error
- * chi.-sq.(카이제곱) : Chi-square

로짓모델의 추정을 위하여 사용될 독립변수들은 위에서 두 그룹간에 유의한 차이를 나타내는 독립변수로 한정하는 것이 바람직하다. 모든 독립변수를 다 사용하는 것보다는 그룹간의 차이를 보이는 변수만을 사용하는 것이 모델을 간단하게(parsimonious) 추정하는데 유리하다. 이 검사에서는 독립변수(답송횟수)의 수가 작은 관제로 모든 변수를 사용하였다. 로짓모델 추정에 사용된 7개의 독립변수 중에서 유의하게 나타난 변수는 없었다. 이것은 분석을 위해 사용된 sample의 수가 너무 적은 것임과 또한 그 자료들이 실험에서 남겨진 것이 양호하지 못한 것임을 유추할 수 있다. 위의 결과를 이용하여 로지스틱 회귀 분석에 의한 분류모형을 제시하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{P}(y=1/x_1, \dots, x_7) \\ = \frac{\exp(23.2994 - 0.1247x_1 + 0.5838x_2 - 0.0735x_3 + 0.0872x_4 - 0.3962x_5 - 0.2343x_6)}{1 + \exp(23.2994 - 0.1247x_1 + 0.5838x_2 - 0.0735x_3 + 0.0872x_4 - 0.3962x_5 - 0.2343x_6)} \end{aligned}$$

Logit 모델의 예측은 만일 $P(Y_i=1)$ 의 추정치인 $\hat{P}(Y=1)$ 이 어느 정도 이상이 되면 $Y=1$ 이라고 예측하고(수료자라고 예측하고) $\hat{P}(Y=1)$ 이 어느 정도 이하가 되면 $Y=0$ 이라고(재분류자라고) 예측한다고 할 때 이러한 예측이 실제의 Y 값과 어느 정도 일치하는가를 나타내는 것이 hit ratio이다. 실제 Y 값과 logit 모델에 의한 예측을 요약해 놓은 것이 분류표(classification table)이다. Thresh.는 성공과 실패를 구분하는 경계값으로써 이 수치를 기준으로 크면 성공할 것으로 작으면 실패할 것으로 예측하는 것이다. 다음 그림에서 청색은 민감도(수료를 수료로 분류할 확률), 적색은 특이도(재분류를 재분류로 분류할 확률), 노란색은 정분류율(수료는 수료로 재분류는 재분류로, 즉 민감도와 특이도를 동시에 고려한 확률)로써 각 분류기준값에서의 분류정확도를 나타낸다. 이 분류기준값은 가장 예측율을 높이는 수치로서 시행착오(施行錯誤)를 거쳐 찾는 수치이며, 이 값은 세 가지의 값이 모두 높은 값을 선택한다. 이 분석에서 경계값은 0.7이다.



<그림 3> 원자료 분석 분류 기준값

위의 모형을 이용하여 검증용 데이터(40%)를 분류하면 다음과 같다.

<표 11> 원자료 분석 정분류표

----- THRESH=70 -----

TABLE OF ACTUAL BY PREDICT

ACTUAL	PREDICT		Total
	0	1	
0	1 12.50 20.00 33.33	4 50.00 80.00 80.00	5 62.50
1	2 25.00 66.67 66.67	1 12.50 33.33 20.00	3 37.50
Total	3 37.50	5 62.50	8 100.00

위의 도표는 다음과 같이 해석할 수 있다. 20명의 자료 중 검증을 위하여 사용된 생도 수는 8명이다. 그 중 첫 번째 세로 항은 비행훈련 결과이다. '0'이라 함은 실패한 생도이고 '1'은 성공한 생도이다. 가운데 세로 항은 실패로 예측한 결과이며, 마지막 세로 항은 성공으로 예측한 결과이다. 이 자료에 의하면 8명의 대상 생도들은 실제 훈련에서 5명이 실패하였고 3명이 성공하였다. 5명의 실패자 중 판단 모형은 1명을 실패할 것으로 나머지 4명은 성공할 것으로 예측함으로써 1명에 대해서만 바르게 예측하였다. 성공한 3명에 대해서 판단 모형은 2명은 실패할 것으로 1명은 성공할 것으로 예측함으로써 전체적으로 8명 중 2명에 대해서만 제대로 예측한 결과를 양산하였다. 한편, 분류모형을 전체의 자료에 대하여 검증하면 다음 <표 10>과 같다. 분류모형에 의한 추정값은 <표 10>의 도표 중 마지막 항의 값으로 표기된다. 마지막 항의 0,x는 예측모형에 의한 결과를 나타내는 것이다. x는 예측모형에 의한 분류가 틀렸다는 것이며 0는 맞았다는 것이다. 그 결과

모의비행에 있어 전혀 값을 얻지 못한 2개의 자료를 제외한다면 18개의 자료 중 7개를 바르게 예측함으로써 적중율 약 40%의 높지 않은 예측모형을 제시하고 있다. 이 원인은 이미 제시한 바와 같이 분석을 위한 자료가 많지 않고, 그 자료조차 많은 부분이 값을 가지고 있지 않은 관계(위의 표에서 빈 공간)로 나타나는 현상이기 때문일 것이다.

<표 12> 원자료 분석 결과

성명	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	훈련결과	분류모형값	예측결과
A		61.1		66.3	83.2	80.2	89.5	0	0.9999	x
B		98.1	97.7	102	116			0	1	x
C		74.1	53.4	92.4	82.9			0	1	x
D	40.5	62.7	73.1		86.9	83.9		1	0.00988	x
E	63.5	70.8		82.2		98.6		0	1	x
F		65	91	91.7	88.8	94.9		1	0.994156	o
G					76.8	103		1	2.78E-14	x
H	65.1		72.2					0	0.99995	x
I								0		
J								1		
K	66.7	68.2		88.9	94.1			1	1	o
L		56	78.5	81.8	80.4			0	1	x
M				73.6				1	1	o
N				68.8				1	1	o
O			90		89.2			0	7.9E-09	o
P			82.9	78.9	86.3	98.6		1	3.79E-15	x
Q	87.3	83	92	83.7	93			1	1	o
R			82.3	93.9				1	1	o
S			70.4	93.4	81			1	0.002951	x
T	75.7	73.6		75.6				0	1	x

나. 자료 보정

1) 고려 사항 : 빈칸으로 남아있는 경우는 그 당시 모의비행 결과가 좋지 않은 것임에 틀림이 없다. 이것을 보정하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하였다.

가) 같은 횟수의 모의비행 결과 중 가장 낮은 점수 : 20여명의 모의비행 훈련자 중 탑승횟수에 따라 빈칸으로 남아 있는 생도의 점수는 그 횟수에 있어서의 점수 보정은 가장 낮은 점수를 받았던 생도의 점수보다 커서는 아니될 것이다.

나) 모의비행 횟수의 증가에 따른 점수 증가 : 계속하여 점수를 받지 못하였다면, 이어지는 빈칸은 먼저 점수를 받지 못했던 경우와 같은 점수가 아니라 어느 정도 향상된 점수를 받아야 할 것이다. 비행훈련은 탑승횟수가 증가함에 따라 실기 점수가 계속 상승되는 것임을 이해해야 할 것이다. 비행횟수가 증가함에 따라 일정 비율로 기량이 향상되는 척도에 대한 가정이라 할 수 있다.

2) 보정 방법 : 남겨준 자료 중 빈칸이 있는 곳은 다음과 같은 방법으로 보정해 주었다. 이것은 실제 훈련을 담당하고 있는 비행교수들의 의견을 반영한 것으로 비교적 합당한 것이라 여겨진다.

가) 비행기량 성장도 : 초등비행훈련 과정은 대략 24회의 비행횟수를 기준으로 하고 있다. 여러 번의 평가를 거쳐 최종적으로 평가를 통과한 조종학생들은 마지막으로 단독비행에 임한다. 이 단독비행을 무사히 이수하면 초등비행훈련은 끝이 난다. 이 24회의 기량을 100이라 가정한다면 매 비행시마다 대략 5정도의 수준이 향상된다고 가정할 수 있다. 24회째 100의 기량에 도달하며 단독비행을 할 수 있기 때문이다. 개인별로 차이가 있고 비행기량이 반드시 선형적으로 증가하는 것은 아니나, 탑승할수록 기량은 증가되는 것임을 살펴볼 때 합리적 가정이라 일컬을 수 있을 것이다. 따라서 산술적으로는 매 비행시 마다 4%의 비행기량 증가를 가정할 수 있으나 여기에서는 5%의 기량증가를 가정하였다.

나) 모의비행 점수 : 동일 횟수를 비행하였을 경우 점수를 받지 못한 경우는 동일횟수를 비행한 다른 생도

들의 최저 점수를 넘지 못할 것이다. 더구나 기량 자체가 최저점수를 받은 경우에 비해 어느 정도 뒤떨어지므로 점수를 받지 못한 경우의 비행기량은 대략 최저 점수의 75%정도이면 타당하다는 것이 비행교수들의 견해이다.

3)결과 : 점수를 받지 못하였을 경우에는 다른 생도 동일 비행횟수 최저점수의 75%로 보정한다. 연속적으로 점수를 획득하지 못하였을 경우에는 다른 생도 동일 횟수 최저점수의 75%, 그리고 75% 점수가 선행 보정점수 보다 낮을 경우에는 선행 보정점수 기준 5% 기량상승이 있는 것으로 가정한다. 이와 같은 사항을 고려하면 점수를 받지 못한 빈칸은 다음과 같이 보정된다. (6회 및 7회의 빈칸은 대다수의 생도들이 모의비행을 하지 않은 경우임)

<표 13> 모의비행 평가 보정 결과

성명	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	훈련결과
A		61.1	44.1	66.3	83.2	80.2	89.5	0
B		98.1	97.7	102	116			0
C		74.1	53.4	92.4	82.9			0
D	40.5	62.7	73.1	49.7	86.9	83.9		1
E	63.5	70.8	44.1	82.2	57.6	98.6		0
F		65	91	91.7	88.8	94.9		1
G		42	44.1	49.7	76.8	103		1
H	65.1	42	72.2	49.7	57.6			0
I		42	44.1	49.7	57.6			0
J		42	44.1	49.7	57.6			1
K	66.7	68.2	44.1	88.9	94.1			1
L		56	78.5	81.8	80.4			0
M		42	44.1	73.6	57.6			1
N		42	44.1	68.8	57.6			1
O		42	90	49.7	89.2			0
P		42	82.9	78.9	86.3	98.6		1
Q	87.3	83	92	83.7	93			1
R		42	82.3	93.9	57.6			1
S		42	70.4	93.4	81			1
T	75.7	73.6	44.1	75.6	57.6			0

다. 보정 자료 분석 : Logistic 회귀 분석

현재 보유하고 있는 자료는 모두가 같은 횟수의 모의비행을 실시해야 했으나 여건상 다른 비행횟수를 보이고 있다. 기록된 자료 중 첫 번째 비행은 관속을 위한 것으로서 절차를 익히는 것에 기본 목적이 있으므로 분석을 위한 자료에서 제외하였다. 모의비행을 한 횟수가 서로 다른 것은 형평을 고려하기 위하여 모두가 비행한 기록이 있는 5회까지의 자료만 유효한 것으로 가정하였다. 변형된 자료는 보다 신뢰감있는 모형을 구축하기 위하여 60%인 12개를 통계분석 자료로 사용하였고 나머지 40%인 8개는 검증을 위하여 사용하였다. 로지스틱 회귀분석을 활용, 다음과 같은 필요인자를 추출하였다.

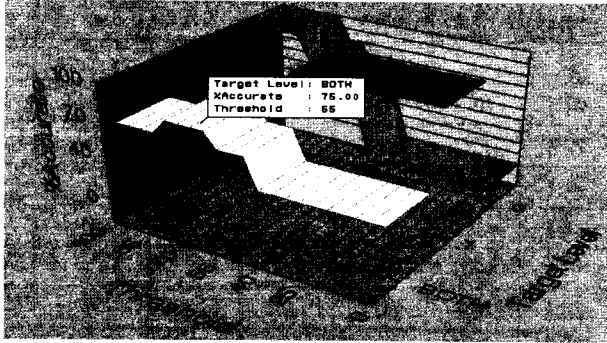
<표 14> Analysis of Maximum Likelihood Estimates(보강자료)

parameter	df	estimate	stand. error	wald chi-sq.	pr>chi-sq.
intercep	1	-0.5917	5.2342	0.01	0.9100
x1	1	-0.0411	0.0668	0.54	0.4621
x2	1	-0.0115	0.0374	0.09	0.7684
x3	1	0.0354	0.0480	0.54	0.4615
x4	1	0.0224	0.0631	0.13	0.7223

여기에서 x1은 2회 째의 탑승을 의미하며 x2는 3회 째의 비행, x3는 4회 째, 마지막으로 x4는 5회 째의 비행을 의미한다. 위의 표를 참고로 다음과 같은 분류 모형을 구성하였다.

$$\bar{P}(y=1/x_1, \dots, x_4) = \frac{\exp(-0.5917 - 0.0411x_1 - 0.0115x_2 + 0.0354x_3 + 0.0224x_4)}{1 + \exp(-0.5917 - 0.0411x_1 - 0.0115x_2 + 0.0354x_3 + 0.0224x_4)}$$

임계값은 65%에서 가장 높은 분류정확도를 가지며 다음의 표는 그것을 나타낸다.



<그림 5> 보정자료 분석 분류 기준값

기준값에 따르는 정분류표는 다음과 같다.

<표 15> 보정자료 분석 정분류표

----- THRESH=65 -----

TABLE OF ACTUAL BY PREDICT

ACTUAL	PREDICT		Total
	0	1	
0	4 50.00 80.00 80.00	1 12.50 20.00 33.33	5 62.50
1	1 12.50 33.33 20.00	2 25.00 66.67 66.67	3 37.50
Total	5 62.50	3 37.50	8 100.00

사용된 8개의 모형구축용 데이터를 분류모형에 의거한 결과분석은 다음과 같다. 분석결과 수료와 재분류를 구분하는 경계값은 0.65이다. 이 값을 기준으로 실제 비행훈련 결과, 재분류된 생도를 재분류로 예측한 경우는 5명 중 4명이며 나머지 1명은 수료할 것으로 예측하였다. 또한 실제 비행훈련 수료생도 3명 중 1명을 재분류될 것으로 예측하고 2명은 수료할 것으로 예측함으로써 이 경우의 정확도는 8명 중 6명을 맞추는 정도였다. 결과적으로 변형한 데이터를 이용하여 구축된 모형으로 분류 시 8개 데이터 중 6개 데이터를 정분류 함으로써 분류정확도는 75%에 이르렀다. 이 분류모형을 전체의 자료에 대하여 검증하기 위하여 20개의 변형된 자료를 얼마나 제대로 예측하였는가를 점검하였다. 다음은 그 도표이다.

<표 16> 보장자료 분석 결과

성명	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	훈련결과	분류모형값	예측결과
A		61.1	44.1	66.3	83.2	80.2	89.5	0	0.646	o
B		98.1	97.7	102	116			0	0.613	o
C		74.1	53.4	92.4	82.9			0	0.706	x
D	40.5	62.7	73.1	49.7	86.9	83.9		1	0.425	x
E	63.5	70.8	44.1	82.2	57.6	98.6		0	0.548	o
F		65	91	91.7	88.8	94.9		1	0.716	o
G		42	44.1	49.7	76.8	103		1	0.658	o
H	65.1	42	72.2	49.7	57.6			0	0.475	o
I		42	44.1	49.7	57.6			0	0.556	o
J		42	44.1	49.7	57.6			1	0.556	x
K	66.7	68.2	44.1	88.9	94.1			1	0.795	o
L		56	78.5	81.8	80.4			0	0.711	x
M		42	44.1	73.6	57.6			1	0.745	o
N		42	44.1	68.8	57.6			1	0.711	o
O		42	90	49.7	89.2			0	0.600	o
P		42	82.9	78.9	86.3	98.6		1	0.811	o
Q	87.3	83	92	83.7	93			1	0.496	x
R		42	82.3	93.9	57.6			1	0.794	o
S		42	70.4	93.4	81			1	0.880	o
T	75.7	73.6	44.1	75.6	57.6			0	0.461	o

이렇게 분석하였을 경우 20개의 자료 중 15개를 바르게 예측함으로써 75%의 예측정확도를 보이고 있다. 비록 보정을 하였으나 그 보정기준이 실제 비행훈련을 시키고 있는 교관(수)들의 그 동안의 경험에서 비롯된 것이기에 나름대로 합리성을 부과할 수 있을 것이다. 그 결과에 따른 판별분석에 의한 비행훈련 결과예측은 그 예측정도가 매우 우수한 것임을 인지할 수 있다.

3. 결과

현재의 자료로 모의비행 결과와 실제 비행훈련 결과의 상관관계의 연구에는 자료의 특성상 보정을 통하여 비행적성을 판단하는 적절한 모형을 살펴볼 수 있었다. 이러한 어려움은 대략 두 가지로 분석된다.

첫째는 선정된 sample의 수가 너무 작기 때문이다. 통계분석에 필요한 최소의 sample 요구조건 수에 상당히 부족하기 때문에 통계분석이 제대로 수행되기 어려운 것으로 예상된다. 다음으로 자동화 평가 프로그램의 문제점에 있다. 비행이라는 것은 실기에 해당하는 내용이므로 아무리 못한다 하더라도 어느 정도의 점수를 부여해야 한다는 것을 예상했어야 했다. 그렇게 되었다면 점수를 받지 못하여 빈칸으로 남아 있는 곳이 많지 않았을 것이며, 보정을 통하지 않고도 통계분석을 위한 자료로서 역할을 다할 수 있었을 것이다. 초기 자동평가 프로그램 개발시에는, 이러한 중요한 것을 간과한 채 기량이 우수한 생도와 그렇지 못한 생도와의 차이만 구분할 줄 알면 평가 프로그램으로서 충분한 것으로 예상하였던 것이다. 이 연구를 위하여 사용된 원자료(data)는 모의비행훈련의 기량차이를 보여줄 수 있는 정도의 조건은 충분히 충족하고 있는 상태이다. 그럼에도 불구하고 이제까지의 적성연구와는 달리 모의비행 훈련 단독으로서 비행훈련을 예측할 수 있는 모형을 고찰할 수 있다는 가능성은 충분히 살펴볼 수 있었다. 실제 비행과 유사한 환경을 제공할 수 있는 모의비행 장비가 제공해 줄 수 있는 가장 큰 장점을 살펴볼 수 있었던 것이다. 이것은 비행적성을 판단할 수 있는 방안을 제시하여 주었다는 것에서 그 의미를 찾을 수 있을 것이다.

III. 결 론

이 연구를 통하여 모의비행 훈련을 통한 비행적성 판단 모형을 살펴보고자 하였다. Sample의 수가 적고, 자동화 평가 프로그램에서는 생각하지 못했던 문제가 발생하여 실제 비행훈련을 담당하고 있는 비행교수(관)들의 조언에 힘입어 로지스틱 판별 분석법을 이용한 결과, 비행적성 판단 모형을 고찰할 수 있었다.

로지스틱 판별에 의한 판별 모형은 20개의 자료 중 12개는 모형유출을 위하여 8개는 검증을 위하여 활용되었다. 검증 결과 75%, 전체자료에 대한 검증 결과 역시 75%의 적중율을 보임으로써 매우 높은 정도의 예측확율을 나타내었다. 이를 근거로 피상적으로 느끼는 시뮬레이터를 이용한 모의비행 훈련의 가치를 수치로 확인할 수 있게 되었으며, 체계적인 모의비행 훈련은 실제 비행훈련에 많은 도움을 줄 수 있음이 입증되었다.

이 연구는 비행적성을 위하여 도입된 모의비행 훈련 장비(PARE)를 통한 최초의 연구결과로서 그 가치를 지니고 있다. 모의비행 훈련을 통하여 조종사가 되기를 희망하는 도전자들에 대한 비행적성을 판단하고, 그것을 함양할 수 있는 근거가 마련되었음을 인지할 수 있다. 이를 시발점으로 체계적인 모의비행 훈련 방법과 평가방법을 선택함으로써 적성연구의 획기적인 틀을 마련할 수 있을 것이다.

더불어 모의비행을 경험한 생도들과 그렇지 않은 생도들의 비행훈련결과를 수료율만 가지고 비교를 한다면, 46기 및 47기까지 모의비행을 조금이라도 경험한 생도들은 41명이 입과, 중도 신체검사 탈락자 2명을 제외한 39명 중 25명이 수료하였고, 48기 생도는 35명 경험자 중 고등 수료 19명, 훈련 중 9명 재분류자 6명, 유급 1명이었다. 따라서 현재 훈련 중인 장교 포함 74명 중 54명이 비행훈련 중에 있음으로 수료율은 73%에 이르고 있다. 반면, 미경험 46기 및 47기 생도들은 349명이 입과하여 195명이 수료, 56%의 수료율을 나타내고 있다. 단순비교로서도 모의비행 훈련의 효과를 짐작하게 하는 결과인 것이다.

모의비행 훈련을 통한 비행적성 판단 모형을 좀 더 효과적으로 고찰하기 위하여 본 연구에서 나타난 문제점인 자동 평가 프로그램을 보강하고, 체계적으로 모의비행 훈련을 실시하며, 훈련 결과 재 추적 및 분석 등을 계획적으로 실시한다면 알차고 현실에 근접하며 신빙성있는 적성 연구로의 도약을 이룰 수 있을 것이다. 아울러 모의비행 훈련을 통한 적성판단 모형의 창출이 가능하고, 모의비행 훈련이 실제 비행훈련에 효과가 있음이 입증되었으므로 보다 효율적인 프로그램을 개발하여 제공한다면 적성연구 및 함양의 박차를 기할 수 있을 것이다.

▣ 참 고 문 헌

1. 김진호, 최성욱, 조종적성검사와 비행훈련과의 상관관계에 관한 연구, 공군사관학교, 1999.
2. 최성욱, 강한태, 김민호, 조종적성검사와 모의비행과의 상관관계에 관한 연구, 공군사관학교, 1999.
3. 최성욱, 김민호, 모의비행 수행도 측정을 위한 자동평가 프로그램 개발에 관한 연구, 공사논문 제 45집, 2000.
4. 최성욱, 강한태, PARE 모의비행 자동화 평가를 위한 초등비행 과목 가중치 연구, 공사논문 제 46집, 2000.
5. 최성욱, 조종적성 검사를 통한 비행훈련 성공 및 실패예측에 관한 연구, 공군사관학교, 2000.
6. 최성욱, 최재덕, 은희봉, 모의비행 장비를 활용한 여성 조종적성 함양 사례 연구, 공사논문 제 47집, 2001.
7. 손소영, 신형원, "범주형 자료에 대한 데이터마이닝 기법 성능 비교", 산업공학 Interface 지, Vol. 12, pp 551-556.
8. Berry, M. J.A., and Linoff, G., Data Mining Techniques, John Wiley & Sons, pp 243-285, 1999.