

# 비행시뮬레이션을 통한 비행규격 이탈의 메타분석

신현삼\* · 송병흠\* · 임세훈\* · 변순철\*\*

\*한국항공대학교 · \*\*국토 해양부 항공사고조사 위원회

## A meta-analytic study on flight data monitor of pilot's flight deviation parameters by flight simulation

Hyon Sam Sin\* · Byung Heum Song\* · Se Hoon Lim\* · Soon Cheol Byeon\*\*

\*Korea Aerospace University · \*\*Korea Aircraft and Railroad Accident Investigation Board

### Abstract

This study was conducted with respect to the causal factors revealed through the investigation of the recent airlines aircraft crash accident which occurred while aircraft was on the climb-out or on the final approach.

This study also highlighted the importance of flight deviation and exceedance occurrences in consideration of Flight Operational Quality Assurance Program(FOQA). Twenty airline pilots participated in the flight experiment to perform ten(10) sets of simulated approaches and landings. As a result, Twelve(12) kinds of deviation events were discovered. In this respect, The FOQA program must be fully implemented to prevent any flight safety incident under the auspices of the Korea domestic aviation community as well.

Keywords : FOQA, CFIT, GPWS, ILS, Glide slope, Localizer, Event

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

본 논문은 항공기 이륙, 접근 또는 착륙 중에 발생하는 표준 비행규격의 이탈(Deviation)을 억제하기 위하여 개발된 FOQA(Flight Operation Qualification Assurance) 프로그램과 연계하여 국내외 이탈사례와 실제 비행시뮬레이션의 수행을 통한 조종사의 정격 비행수행치의 이탈경향을 분석하고 효과적인 비행규격의 관리방안을 국내 최초로 연구 제시하는데 그 목적과 의미가 있고, 국내 공역 내의 대형 민간항공기 사고예방과 항공안전문화의 창달에 기여하는데 있다.

### 1.2 연구의 범위와 방법

우리나라 터미널 공역 내의 항공기 사고를 중심으로 조종사의 인적에러를 분석하고 사고가 발생하기 이전의 단계에서 표준 비행규격의 이탈에 관한 국내외 통계분석과 비행시뮬레이션의 수행을 통한 조종사의 이탈경향을 통하여 비행기록 감시프로그램의 운영성과 효율적인 활용방안을 제안하였다.

### 1.3 연구 설계

#### 1.3.1 항공기 사고통계 분석

터미널 공역 내에서 접근 및 착륙 도중 발생한 항공기 사고사례를 중심으로 조종사 Error의 인지적 특성, 원인, 유형 별로 자료를 수집하고 사고의 원인을 분석하였다.

† 교신저자: 송병흠, 고양시 덕양구 항공대학교 100, 항공운항학과 사무실

M · P: 011-771-1995, E-mail: bhsong@kau.ac.kr

2008년 7월 접수; 2008년 9월 수정본 접수; 2008년 9월 게재확정

1.3.2 표준 비행규격 이탈사례 분석

FOQA 프로그램을 통하여 터미널 구역 내의 표준으로 규격화된 비행방식의 조작 특성 및 유형을 포함하여 Event 발생사례를 분석하고, 외국 항공사와 일부 국내 항공사의 FOQA 운영사례, 이탈사례의 분석과 감시에 관한 규정을 검토하였다.

1.3.3 비행 시뮬레이션 분석

항공기의 이륙, 접근 및 착륙단계에서 표준화된 비행규격의 이탈이 발생하는지를 조사하기 위하여 국내 민간 항공사 소속 20명의 조종사가 참여하여 개인당 10회, 총 200회의 모의 실험비행을 실시하였다.

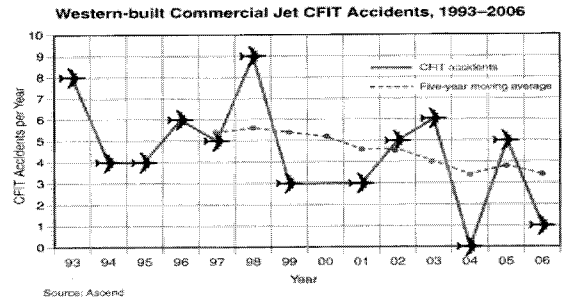
2. 항공기 사고의 원인 분석

2.1 사고사례와 동향분석

CFIT 사고는 “충분한 자격과 증명을 갖춘 조종사가 사전에 인지하지 못하고 지상의 장애물이나 수면지역으로 비행함으로 인해 야기되는 항공기 손실과 인명피해가 수반되는 인적요인과 관련된 재해”(Wiener, 1977)로서, 최근 발생한 2002년 4월 15일 11:21:17경 베이징/부산 노선을 운항하는 중국 국제항공공사 소속 129편, 보잉 767-200ER 항공기가 김해국제공항 활주로 18R로 선회접근 도중 활주로 18R 말단으로 부터 북쪽 4.6km에 위치한 뚝대산 표고 204미터 지점에 추락하여 탑승자와 기장과 2명의 객실 승무원 포함 129명이 사망한 사고는 외국 항공사의 여객 항공기가 국내공항에 접근 중에 발생한 CFIT (Controlled Flight into Terrain) 항공기 사고이다. 또한, 1997년 8월 6일 대한항공 B747-300 항공기가 미국령 괌의 아가나 공항에 착륙 접근 중 공항으로부터 약 6Km 떨어진 니미츠 힐에 추락한 사고도 전형적인 CFIT 사고이다. 그리고 1993년 7월 26일 아시아나항공 B737-500 항공기가 목포공항 접근 착륙 중 운거산에 충돌한 사고로 66명이 사망한 사고 역시 CFIT 사고이다. 이와 같이 CFIT 사고는 정밀/비정밀 계기접근 절차의 수행 중에 주로 발생하였다. 또한, 미국의 FSF(Flight Safety Foundation)가 발표한 통계자료에 의하면 1980-1996년 기간 중에 287건의 항공기 사고가 접근 및 착륙단계에서 발생하여 7,185명의 희생자가 발생하였다. 1996년에는 1,187명으로 1985년의 1,169명의 희생자 수효와 대조를 나타내고 있다. [16]

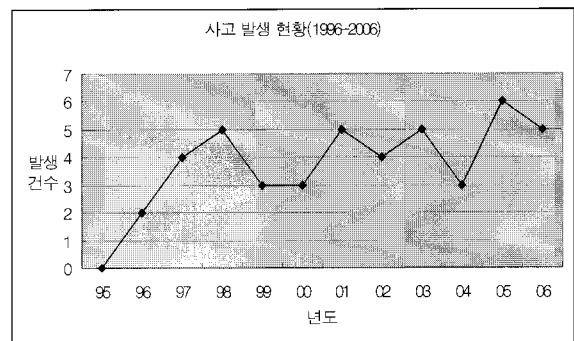
2.2 항공기 사고통계

CFIT 사고는 항공기 전손사고 및 인명손실의 주요한 요인으로 밝혀졌고 제트항공기가 상용되기 시작한 이래 1950년 이후 CFIT 사고로 전 세계적으로 9,000명 이상이 사망하였으며, 국제민간항공기구(ICAO) 통계자료에 의하면 <그림 1>과 같이 최근 1993년부터 2006년까지 62건의 CFIT 사고가 발생되었고 연평균 약 4~5건의 사고가 발생하였다. [21]



<그림 1> CFIT 항공기 사고발생 현황

CFIT 사고율은 전 세계적으로 1975년 이전에는 백만 이륙 비행 횟수 당 0.85건의 사고가 발생하였으며 1975년 이후에는 백만 이륙 비행 횟수 당 0.09건의 사고가 발생하였으며 1975년 이후의 항공기 형식에 관계없이 GPWS(Ground Proximity Warning System) 개발에 의해서 CFIT 사고율이 급격히 감소하였으며 프로펠러 항공기가 전체의 CFIT 사고의 50%를 차지하였다. 국내의 경우, 항공·철도사고조사위원회의 통계에 따르면 1995년부터 2006년까지 지난 12년간 총 45건의 항공기 사고가 발생하였으며 260명이 사망하고 309명이 부상당하였으며, 3,438억원의 재산피해가 있었으며, 또한 12년간의 사고 중에서 대형 사고는 판 사고, 포항 사고 및 김해 사고와 같은 CFIT에 의한 사고인 것을 알 수가 있다. [19]



<그림 2> 국내 항공기 사고 발생현황 및 피해현황(1995~2006)

## 2.3 조종사 요인의 고찰

### 2.3.1 인적요인의 분류

항공사고에 대한 인적요소의 연구(2001, 캐리)에 의하면 미 해군항공안전연구소(1991)는 항공기 사고와 관련된 항공인적요인을 8개의 범주로 구분하고 인적 실수 점검 리스트를 개발하였다.

- 1) 감각 및 지각적 요소
- 2) 의학적 및 생리적 요소
- 3) 지식 또는 기술적 요소
- 4) 개성과 안전에 대한 태도/인식
- 5) 위기 판단/결심 요소
- 6) 의사전달/조종사간 협동요소
- 7) 항공기 설계/시스템 요소
- 8) 감독 요소

### 2.3.2 인적요인의 해석

항공기 사고는 악천후와 같은 기상조건 과 조종사의 비행조작 상의 반응과 조치에 감각과 지각, 경계, 판단 과 같은 인지적인 요인이 작용하고 있다. [21]

- 1) 상황인식(Situational Awareness) 실패  
적절한 상황판단에 실패하였을 경우, 예를 들면 항공기가 FAF(Final-Approach-Fix)에 도달하기 전에 MDA(Minimum Descent Altitude)까지 강하하는 것 등이며 상황인식의 실패 인한 사고가 전체 CFIT 사고의 44.9%로 높은 비율을 나타내고 있다.
- 2) 의사결정(Decision Making) 부적절  
부적절한 의사결정을 했을 경우로 착륙을 위하여 공항접근 중에 아무 이유 없이 공항으로부터 멀어지는 관제지시를 받아들인다든지 활주로 시각 참조 물을 발견하지 못하고 DH(Decision Hight)이하로 강하하는 것 등이다. 이러한 의사결정의 착오로 인한 사고가 전체 CFIT 사고의 44.2%를 차지하고 있다.
- 3) 비행절차(Flight Procedure) 미숙  
조종사의 비행절차 수행의 미숙은 브리핑 미실시 또는 내용의 미흡, 점검표(Checklist)에 기술된 사항의 미 준수, 절대고도(Radio Altitude) 확인 미실시 등으로 전체 CFIT 사고의 34%를 차지하고 있다.
- 4) 감시(Monitoring) 및 조치(Challenging)의 소홀  
다른 승무원의 부적절하거나 잘못된 행동에 대한 집중감시 또는 교정조치를 하지 못하였을 경우로서

기장이 PF(Pilot Flying) 임무를 수행하면서 결심고도(DH)에서 활주로 시각 참조물을 발견하지 못한 상태에서 계속 강하할 때 이에 대한 감시 또는 복행(Go-around)의 제의실패 등의 경우 이다. 감시 및 조치의 소홀로 인한 사고가 전체 CFIT 사고의 28.7%를 차지하고 있다.

- 5) 항법(Navigation)의 미숙  
항공기가 항행안전시설의 주파수, 공항으로부터의 방위(Radial), 항공기가 비행할 기수방위(Heading) 등을 잘못 입력하였을 경우나 조종사가 공항의 접근비행절차를 기록한 Jeppesen 차트를 잘 못 판독하였을 경우가 전체 CFIT 사고의 11.5%를 차지하고 있다.
- 6) 항공기 운영(System Operation)의 불량  
항공기 조종에 관련된 시스템의 부적절한 조작으로 GPWS를 끄거나 경고를 무시한 비행, 자동조종장치(Autopilot)의 잘못 사용, 연료계기를 잘 못 판독하는 경우들로서 전체 CFIT 사고의 8.3%를 차지하고 있다.
- 7) 의사소통(Communication)의 불량  
부정확한 복명복창으로 인한 부정확한 의사 전달이 전체 CFIT 사고의 7.1%를 차지하고 있다. 주로 주파수 변경지시나 부정확한 위치 정보를 제공하는 등의 의사소통에 불량한 상태의 경우에 발생하였다.
- 8) 기타 요인  
기타 요인으로 고정관념이나 비행능력의 과도한 확신, 비행자적/경험/훈련 상태의 부적절 등이 있었다.

## 3. 비행자료의 분석과 감시

### 3.1 표준 비행규격

조종사는 성공적인 접근과 착륙을 보장하기 위해서 현재 기상이 계기비행상태인 경우 비행장 표고를 기준하여 고도 1000피트, 시계비행 기상상태인 경우, 500피트에서 활주로 접지점까지 다음의 정격화된 표준 비행규격과 비행조건을 유지하는 것이 요구된다.(FSF Flight Safety Digest 8-11월호, 2000), [8]

- 1) 항공기는 올바른 비행로 상에 위치해야 한다.
- 2) 최종 접근단계에서는 소량의 항공기 기수방향과 피치 각(7도)의 변화가 요구된다.
- 3) 최종접근단계에서의 항공기의 접근 속도는  $V_{ref} \pm 20$

- 노트의 지시속도와 Vref정도의 속도를 유지하여야 한다.
- 4) 항공기는 Landing Gear, Flap과 Slat 등, 착륙에 필요한 정격 비행자세(Configuration)를 유지해야 한다.
  - 5) 항공기의 접근 강하율은 분당 1,000피트 보다 높지 않아야 하며, 접근 강하율이 분당 1,000피트를 초과할 경우 특별한 접근브리핑이 요구된다.
  - 6) 항공기 엔진의 출력세팅은 항공기의 접근에 필요한 비행자세를 유지하기에 적합하며, 항공기 운항규범(FOM)에 명시된 바와 같이 최저 출력치 아래로 떨어지지 않도록 유의한다.
  - 7) 모든 브리핑과 점검점의 수행이 완료되어야 한다.
  - 8) ILS(Instrument Landing System) 접근 시 Glide slope 과 Localizer의 1 Dot 이내에서 비행이 수행되어야 한다.<표 1><표 2>
  - 9) ILS CAT II/III 접근 시 Localizer 주파수 대역 내에서 비행이 수행되어야 하며, 선회접근 시에는 항공기가 비행장 표고로부터 300피트 높이에 도달할 때, 날개가 수평자세를 유지하여야 한다.
  - 10) 특별 접근절차 또는 비정상적인 상황의 발생으로 상기운항 조건을 수행하기 곤란한 경우 별도의 브리핑이 요구된다.

### 3.2 표준 비행규격 이탈 Event

비행장에 접근 및 착륙 시에 요구되는 규격화된 비행방식을 이탈하는 대표적인 Event는 다음과 같다. [8]

- 전체적인 접근이 초기단계부터 접지에 이르기까지 높은 고도와 속도관리도 Idle Thrust 유지
- 경사가 심한 접근<표 1>
- 경사가 낮은 접근(Glide Slope 3도 미만)<표 1>
- 저속도 비행조작
- 최종접근 코스에 진입 시 경사각이 30도 초과
- GPWS/TAWS 경고 발생
- Flap 작동 지연
- 최저안정 규격고도 통과 시 과도한 비행규격 이탈
- 과도한 경사각, 강하율, Step Down 고도강하
- 활주로 Threshold로부터 3마일 이내 위치 시 스피드 브레이크 작동함
- 활주로 말단에 접근 중 비행표준규격의 과도한 위반
- 활주로 Threshold 통과고도가 50피트 초과
- Flare가 늦고 활주로 접지시점이 길어짐

<표 1> ILS Glide slope 수직 고도 이탈범위 [10]

Miles from touchdown (nm)	5	4	3	2	1
One-dot (1/4 degree) deviation	130'	104'	78'	52'	26'
Two-dot (1/2 degree) deviation	260'	208'	156'	104'	52'

출처; AEAT/ RAIR/ RD02325/ R002 Issue 1(2001.12), Norway CAA

<표 2> ILS Localizer 수평범위 이탈범위 [10]

Miles from touchdown (nm)	5	4	3	2	1
One-dot (1-1/4 degree) deviation	838'	706'	573'	441'	308'
Two-dot (2-1/2 degree) deviation	1677'	1412'	1147'	882'	617'

출처; AEAT/ RAIR/ RD02325/ R002 Issue 1(2001.12), Norway CAA

### 3.3 FOQA 프로그램

#### 3.3.1 FOQA 개요

FOQA는 표준비행 중 비행규격을 이탈하여 발생하는 각종 Event에 대한 데이터를 분석하여 안전과 관련된 문제들을 과학적이고 객관적으로 평가한 후 안전저해요인을 식별하고 위험요인에 대해 해결 또는 완화하는 조치를 취하는 프로그램이다.

#### 3.3.2 FOQA의 개발

FOQA 프로그램은 1958년 미연방항공청이 운송용 항공기의 FDR(Flight Data Recorder)의 의무 장착을 법규화 시킨 것에 기원을 두고 있다. 초기의 FDR은 시간, 항공기 기수방위, 고도, 수직가속도 와 무선 송신시간 등 단지, 6개의 비행 규격항목을 기록하여 항공기 사고발생 당시 또는 항공기 사고 이전 상황을 재구성할 수 있는 가치 있는 비행기록 감시도구였다.

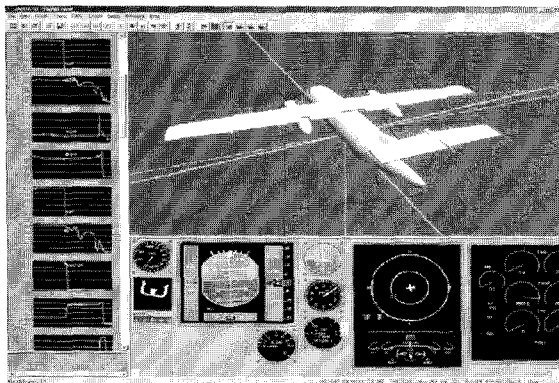
1960년대까지 최초로 비행기록 자료를 모니터한 항공사는 트랜스월드 항공사로서 제한된 숫자의 비행 조작변인을 항공기의 접근과 착륙에 적용하였으며, 이후 적어도 비미국 국적의 8개 항공사가 25년 이상 비행기록 감시프로그램을 운영하였다.

1962년 영국의 브리티시에어 항공사는 자사 항공기의 감항성 한계를 적정화하기 위하여, FDR에 기록된 조종사의 비행수행 자료를 분석하였는데 브리티시에어 항공사의 비행자료 모니터 프로그램은 훗날 FOQA 프로그램의 효시가 되었다. [17]

### 3.3.3 FOQA의 적용

1974년 일본이 FOQA 프로그램을 도입 운영하였고 네델란드의 KLM, 독일의 루프트한자, 스칸디나비아(SAS) 등 여러 항공사들도 이를 채택하였고, 미연방항공청은 비행기록 모니터 프로그램의 도입에 따른 비행안전 성과와 항공기 사고율 감소에 고무되었다.

1998년 알래스카 항공사는 미국국적 항공사 중 네 번째로 1급 FOQA 프로그램 분석 항공사 그룹에 가입하였다. 컨티넨탈 항공사는 비행수행 자료의 감시와 분석을 위해 필요한 38대의 B-737-500, B-737-800 기종에 디스크형의 QAR(Quick Access Reading)을 설치하였으며, 1996년 자사 소유기종인 B-737-500, B-737-800, B-757, B-767, 및 B-777에 대한 FOQA 분석을 실시하였으며, 1998년까지 총 30,000 건의 비행수행 자료를 분석하였다. [17]



<그림 3> FOQA 프로그램 비행재현

이와 같이 지난 20년 동안 미국, 영국을 위시한 많은 국가의 항공사들은 이 기법을 이용하여 일상 운항에 대한 표준 비행규격을 점검하고 안전을 저해하는 경향에 대한 확인 및 교정조치를 하여 왔다.

### 3.4 FOQA Event 사례 분석

외국의 주요 항공사들은 항공기 사고가 주로 초기 이륙단계와 접근 또는 착륙과정에서 발생한다는 인식에 기초하여 FOQA 프로그램을 통해 Event를 분석하고 있으며, 항공사회의 지대한 관심 하에 미국의 FSF가 1993년도 기간 중에 미국 국적항공사를 대상으로 조사한 비행 규격이탈 사건에 대한 연구결과는 <표 3>, <표 4>와 같다. 분석결과가 시사해주는 바와 같이 항공기의 계기접근 중에 우발적으로 발생하는 표준비행규격의 이행실패는 항공기의 사고 또는 준사고로 발전될 가능성을 내포하고 있으므로 비행수행상태

를 분석하고 이탈 원인과 안전 취약요인을 발굴하여 이를 교정하고 개선하는 것은 항공회사나 조종사를 위시한 항공사회 전체에게 모두 유익한 수단이다. 특히, 10대 event로 분류된 비행규격이탈 사건은 국내, 외 공항에서의 항공기 출발 또는 접근과 착륙과정에서 항상 발생할 수 있는 개연성을 갖고 있으므로 각국의 항공사는 이와 같은 비행운항 자료를 공유하여 조종사의 교육 및 비행훈련에 반영하고 있다.

<표 3> 10대 Event 분류 (1)

비행규격이탈 구분	1종	2종	3종	합계	분포
고도 10,000피트 미만에서 높은 속도	700	202	-	902	20.32%
낮은 접근 속도	-	638	64	702	15.81%
Unstick 시 저속도	-	267	326	593	13.36%
강하율 분당 1,000피트에서 500피트 미만 적용	-	380	91	471	10.61%
Flap을 Speed Brake로 사용	-	14	430	444	10.09%
상승율 분당 400피트 내지 1500피트 이상 적용	-	414	8	422	9.50%
착륙 후 활주		301	46	347	7.82%
과도한 Speed Brake 사용	267	-	-	267	6.01%
강하율 2000피트에서 1000피트	140	12	4	156	3.51%
Flap 미사용, 높은 가속 경향	128	-	4	132	2.97%
합계	1,235	2,232	973	440	100%

출처 : Sagem Avionics, 1993/FSF Flight Safety Digest, June-July 2004.

<표 4> 10대 Event 분류 (2)

비행규격이탈 사건	발생횟수	발생빈도(%)	평균이탈시간	평균/최대값
활주로 접지 2분 이상 저속도 유지	2379	31.31%	32초	119
Flap을 Speed Brake로 사용	1475	18.63%	28초	69
Unstick시 저속도	1419	17.92%	141초	40
강하율 분당 1000피트 내지 500피트	333	4.21%	10초	-1803
접근 시 엔진 저출력	249	3.15%	17초	277
착륙 후 활주	146	1.83%	42초	114
활주로 접지 2분 동안 고속 접근	74	0.93%	80초	281
부정확한 Flap 사용	57	0.72%	1초	2
초기 상승단계 400피트에서 1500피트까지 저속도 유지	36	0.45%	7초	135
Localizer 좌측 편류	28	0.35%	11초	2

출처 : FSF Flight Safety Digest, June-July 2004.

3.4.1 브리티시에어 Event

브리티시에어 항공사의 모든 Event 발생사례를 분류한 결과 총 27개 항목으로 다음과 같다. [17]

- 주행 중 이륙포기
- 지정고도의 이탈
- 비정상 피치 착륙 - 높음
- 터치다운 과정의 90초 이내에서 접근속도가 높음.
- 이륙 후 초기 상승단계인 400피트에서 1500피트까지 이륙속도 낮음.
- 절대고도 200피트 미만에서의 높은 강하
- 낮은 강하 각에 의한 착륙
- 절대고도 500ft 미만에서 착륙 Flap위치 부정확
- 활공각 경로 아래로 600피트 이상 초과
- Mmo 운용한계 초과
- 이륙 후 성급한 플랩변경
- 이륙 시 피치 율 높음
- Flap/slat 고도 운용기준 초과
- 감소된 Flap 착륙
- 절대고도 500피트 위에서 과도한 경사(Bank) 적용
- 감소된 Tail clearance 적용
- 과도한 피치 자세
- 절대고도 1,000피트 미만에서 접근 중 Speed brake 조작
- Flap placard 속도 운용기준의 초과
- 조종간 흔들림
- 고도 1000 피트 미만에서의 복행
- Tail-strike(후미 지상접촉) - GPWS 경고
- TCAS RA(공중충돌 회피 상승강하 조인)
- 1000 ft 고도에서의 과도한 엔진 고출력
- Unstick speed 낮음
- 착륙시 통상적으로 높은 가속유지
- Vmo 운용기준 초과

3.4.2 콩코드 항공 Event

프랑스 콩코드 항공사의 경우 브리티시에어 항공사의 Event 항목 외에 8개 항목의 Event를 추가로 분류하고 있었다. [17]

- Droop nose speed 운용한계 초과 (모든 각도)
- 음속 Mach 1.75 초과 비행 시, 재 가열 처치
- 음속 Mach 1.0 초과 시 피치자세 낮음
- 고도 30,000 ft 위에서 엔진 역 추진 장치 가동
- Radiation - instantaneous
- 속도 375노트 초과 상태에서 엔진 역 추진 장치 가동

고도 46,000피트 위에서 재 가열처치  
이륙 시 타이어 한계속도 높음

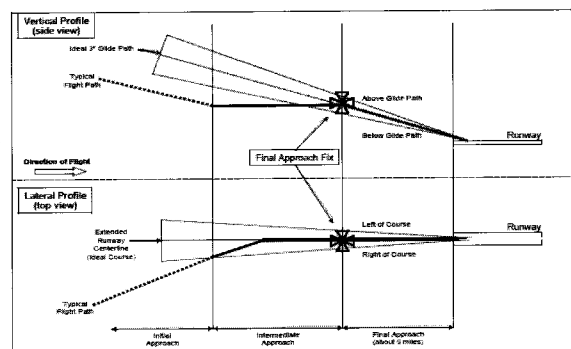
3.4.3 대한항공 Event 사례

대한항공의 경우 B777-200 계열의 이륙부양 중 후미스키드 피치각도가 12도였는데 B777-300의 경우 8.5도로 감소하면서 부양단계에서 꼬리접지의 위험 부담으로 조종사들이 과소 량의 부양조작을 실시하는 경향이 많았다. 그래서 초기 상승속도가 V2+25노트까지 증가하게 되어 고양력장치 제한속도의 한계에 접근하는 Event가 빈번히 발생하였다. 특히, 풍향풍속의 변화로 초기 상승제한속도 한계 도달현상의 발생과 Flap의 하중해제기능이 작동되어 Flap이 자동적으로 Up되는 위험한 현상이 발생하였다. 통상적으로 항공기의 이륙 시, Flap사용은 성능범위 내에서 최대 Flap을 사용하나, B777-300 기종인 경우 이륙중량이 많은 경우 이륙 Flap조작 시 한 단계 낮은 Flap을 사용토록 운항교범(FOM)을 개정하고 집중교육을 실시하여 초기상승 시의 위험이 현저히 감소하였다. [18]

4. 비행 시뮬레이션 연구

4.1 비행실험의 설계

본 비행 시뮬레이션 실험은 비행장 주변의 지형지물로 접근이 용이하지 않은 울산, 포항, 목포공항을 실험모델로 선정하고 이륙과 ILS를 이용한 정밀접근과 VOR/DME를 이용한 비 정밀 접근절차의 수행 시 기상조건의 변화에 따라 비행규격의 이탈이 발생하는 지를 조사하기 위하여 2008년 4월 1일부터 5월 31일까지 2개월 동안에 20명의 민간 항공사 조종사가 아시아나 항공사가 보유하고 있는 B747-400 비행시뮬레이터를 사용하여 10회씩 비행실험을 실시하였다<그림 4>.



<그림 4> ILS의 3도 Glide slope(상단)과 Localizer(하단) 수직/수평 비행 항적도

### 4.2 실험조건과 방법

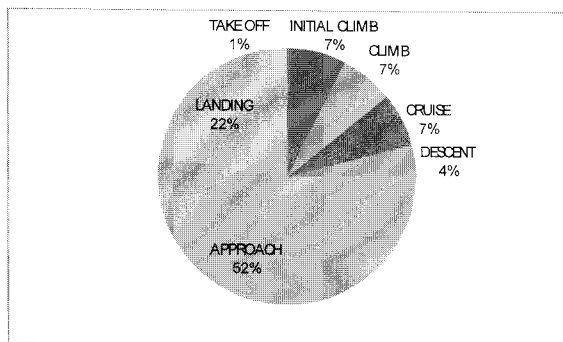
본 연구의 비행시뮬레이션 실험을 위하여 접근속도 범주 CAT D의 비행속도인 141노트-165노트 범위 내에서 최종접근 시 바람의 성분에 따라 실제 시뮬레이션에 적용하였고, 정격 플랩자세로 1분당 1,000피트의 강하율을 유지하기 위하여 정풍, 측풍과 배풍 시 600피트에서 800피트의 고도 강하율을 적용하였다.

<표 5> 바람조건과 강하율

구분	풍향/풍속 (노트)	강하율 (피트/분)	바람 수정치 (각도)
정풍	355/15	700	없음
	355/25	600	
	355/35	600	
측풍	265/15	800	12도
	265/15	800	17도
	265/35	800	23도
배풍	175/10	800	없음

### 4.3 실험분석 결과

비행단계별로 발생한 EVENT 내용을 분석한 결과 접근단계에서 52%, 착륙단계에서 23%의 경고치가 발생하였다. 그 외 초기 상승, 상승, 순항단계에서 각각 7%의 비율을 차지하였다. 이것은 비행단계별 항공기 사고 비율과 비슷한 결과가 나타났다.<그림 5>



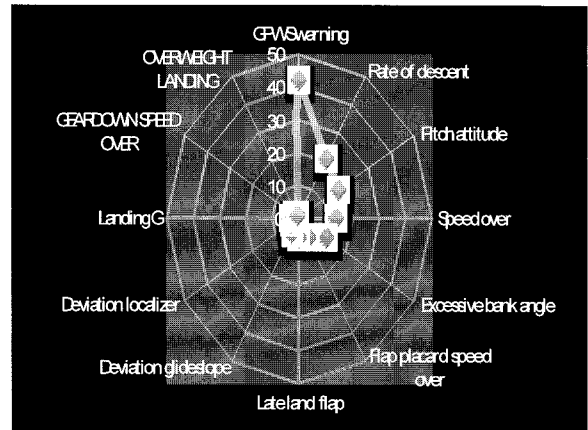
<그림 5> 비행 단계별 EVENT

비행단계별로 수행된 모의비행 실험 내용을 분석한 결과, 12개 항목의 규격 이탈비행 사건이 발생하였다.

- GPWS warning(지상충돌경고장치 경고발생)
- Rate of descent exceed(강하율 과다)

- Pitch attitude(피치자세 위험)
- High Approach Speed (접근속도 과다)
- Excessive bank angle(기울기 과다)
- Flap placard speed over(플랩속도 초과)
- Late landing flap(착륙자세 플랩작동 지연)
- Deviation of Glide Slope(활공각 비행로 이탈)<표1>
- Deviation of Localizer(로칼라이저 비행로이탈)<표2>
- Landing G(과도한 착륙 시 중력발생)
- Gear-down speed over (착륙기어내림속도 초과)
- Overweight landing(과 하중 착륙)

비행규격 이탈사건의 분포를 보면, 저고도 비행으로 인한 GPWS 경고가 42건으로 가장 높았고, 강하율 초과가 21건으로 두 번째로 많이 발생하였다. 또한, 피치 자세 위험 17건, Speed-over 14건, 경사자세 위험 12건이 발생하였다. GPWS 경고는 전체 Event의 32%를 차지하였고 Speed over는 순항단계에서 다소 발생하였다. 결국 GPWS 경고, 피치자세, 강하율은 모두 정밀/비정밀 계기접근단계에서 발생하는 Event 항목이었다.



<그림 6> 비행이탈 Event 분포도.>

### 4.4 비행 시뮬레이션 Event

상기 모의 비행실험에서 밝혀진 12개항의 규격이탈 사례는 다음과 같은 조종사의 주의, 경계, 신호, 정보 처리 등으로 이탈원인은 15개 항목의 인지적인 과실에 기인한다고 분석되었다.

- 1) 비행중 위치인식의 실패
- 2) 비행중 상황인식의 실패
- 3) 항법계기 및 항법장치의 선택오류
- 4) 항공기 조종 및 조치오류

- 5) 조치의 지연 및 조작 시기의 오류
- 6) 조치의 생략/ 부적절한 조치
- 8) 성급한 비행결심/ 운항 강박감
- 7) 조종사간 협동/점점 리스트
- 8) 전문가적 판단의 미숙
- 9) 고정관념/비행능력의 과도한 확신
- 10) 자동화 비행시스템과의 상호작용
- 11) 접근속도가 빠르거나, 접근고도가 높음
- 12) 접근속도가 느리거나, 접근고도가 낮음
- 13) 비행조작 미숙
- 14) 비행자격/경험/훈련상태 부적절
- 15) 외부 경계의 실패

## 5. 논의-가치와 효용

FOQA는 비행수행성과가 조종사에 의해 주관적으로 보고되는 것이 아니라 표준 비행규격에 명시된 위반 Event를 비행환경을 고려하여 최종적으로 위험도를 평가하는 비행안전 프로그램이므로 FOQA는 항공기 운항의 여러 측면에 대한 상세한 정보를 생산하여 객관적인 평가를 하는데 이용될 수 있다. [18]

본 논문은 외국 항공사의 비행자료 분석 결과에 나타난 각종 비행안전 위반 사건에 대한 객관적 정량적 데이터와 비행 시물레이션을 수행한 자료를 활용하여 FOQA의 객관적 자료의 효용성을 입증할 수 있었다.

이와 같은 사실을 고려하여 외국의 항공사들은 FOQA 분석을 활용하여 복잡하고도 잠재적인 안전 문제점들을 도출하고 수정조치를 취하고 있다. 이러한 관점에서 국내 민간항공사에서 표준비행규격 이탈사건의 중요성을 감안하여, 현재 FOQA 프로그램을 운용하고 있으며 대한 항공의 괄 사고와 런던 스텐스태드 항공기 사고 이후 10년간의 비행안전관리 분야의 괄목할 만한 성과를 뒷받침하고 있다.

## 6. 결론 및 시사점

본 연구에서는 국내 최초로 FOQA 제도 활용을 통하여 비행안전 수준의 향상을 위한 비행자료의 분석 및 실제 운항정책 수립이나 조종사의 비행수준의 질적 향상에 필요한 사항과 자료를 고찰하였으며, <표 3>과 <표 4>의 비행 분석자료와 비행 시물레이션을 통하여 확인된 12항목에 관한 비행규격 이탈사건 내용을 관찰하고 분석하였다. 비행 시물레이션 실험에 나타난 특징으로서 주로 이착륙 단계에서 Event가 많이 발생하였기 때문에 이·착륙 단계에서의 대응방

안이 마련될 필요가 있다. FOQA 프로그램은 철저한 비밀보장의 정책으로 운용되기 때문에 향후 국제항공 사회의 협동과 지도를 토대로 항공안전본부의 감독과 항공사의 비행수행 수준의 개선노력을 통해, 김해, 포항, 울산, 여수, 목포, 제주, 양양, 무안 등의 해안, 산악지형 등의 특수한 기후환경과 비행위험여건을 갖고 있는 국내의 터미널구역 내의 비행안전관리가 FOQA 프로그램과 같은 선진항공 안전 프로그램의 시행관리를 통해서 투명하고도 생산적인 항공안전 문화로 정착할 수 있을 것이다. 결론적으로 국내의 양대 항공사뿐만 아니라 최근 출범한 저비용 항공사들의 국외 또는 국내공항 주변에서의 항공기 접근 및 이·착륙 시 항공기 사고를 억제하고 비행안전을 달성하기 위하여, 시물레이터 훈련기록과 실제 비행종료 후 비행 기록의 분석 등을 통해 항공기 접근 및 이·착륙단계 내의 비행규격 이탈 사례의 억제와 감시활동을 제도화하고 조종사의 비행훈련 프로그램을 위험도에 따라 체계적으로 강화하여 FOQA 프로그램의 활용도를 현재 보다 향상시켜야 할 것이다.

## 7. 참고 문헌

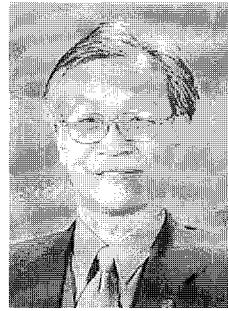
- [1] The Boeing Company(1999): Flight Operations Engineering. APM: Airplane Performance Monitoring Software(Version2.5.0). Seattle, WA.
- [2] FAA/DOT.(1999). Policy on the use for enforcement purposes of information obtained from an air carrier FOQA program.
- [3] Brooks, Jeffrey L, Smiths(1999)"Industrial Flight Data/Cockpit Voice Recorders," Proceedings of the Transportation-Recorders, Alrington, VA.
- [4] Flight Safety Foundation(1999), "Flight Safety Digest, 1999", pp.18
- [5] Mike Holtom(2000). "Properly Managed - FOQA Representations an Important Safety Tool for Airlines" ICAO Journal, pp.11, Jan-Feb 2000.
- [6] Kim, M. S.(2000). Approach-angle and Aim-point during simulated landing approaches. Unpublished Master's Thesis, University of Wakito, Hamilton, New Zealand.
- [7] Ralph A Harrah, George Kasote(2000)."A Case for higher Data Rates" international symposium on Transportation Recorders.
- [8] Stabilized-Approach, Flight Safety Foundation, Digest, 2000, Vol 6.



- [9] Flight-Data-Monitoring Demonstration Project, Phase3, West-Jet Airlines, June 2000.
- [10] Mark Eddowes(2001) "Final Report on the risk Analysis in Aerodrome-Design-Rules "AEAT/RAIR/ RD02325/ R/ 002.
- [11] Hess, Ronald(2003) "A Report on Whether A Pilot-Induced Oscillation was Factor in the Crash of AA4486, NTSB.
- [12] Flight-Operational-Quality Assurance, Sec 2, Chap 5, Vol1, FAA 8400.10 CHG 30, Oct 2004.
- [13] Venet Kumar, Gopal Krishna Panda, et al, (2005) "SARASPT-1 Phase-1, Flight-Test-Data Analysis"National-Aerospace Laboratories, Bangalore, India, TR-06.
- [14] Joint Flight Data Monitoring Project(2005), Air Tran-sat,
- [15] Christopher, Jesse(2006) FOQA/FDM in times of change".
- [16] Flight Safety Foundation(2006), "Controlled Flight Into Terrain", pp.17
- [17] Mike, Holtom(2006) "FOQA-Flight Data Analysis for Flight Safety".FSF 52nd annual international Air Safety Seminar
- [18] 황 사식(2002), "비행안전 수준향상을 위한 FOQA 자료 이용에 관한 연구"석사학위 논문, 한국 항공대학교..2002 pp.65
- [19] 한국 항공사고조사 위원회(Korea Aviation & Railway Accident Investigation Board), 2006년 통계자료, pp.14
- [20] 송 병흠, 신 현삼(2005). "CFIT 사고 방지를 위한 일정 강하 율 접근 방식에 관한 연구" 한국 항공운항학회지, 제13권 제4호, pp.45-46
- [21] 국제민간 항공기구(2006) 연간 통계자료, pp.2

## 저 자 소 개

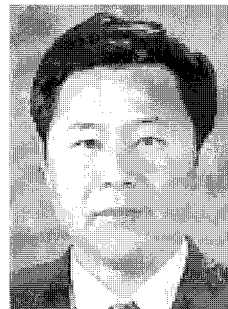
신 현 삼



한국항공대학교 항공교통 물류학부 조교수로 재직 중. 국립항공대학교 운항관리학과 졸업 후, 모교 대학원에서 항공교통 석사학위 취득. 강원대학교 사회과학 대학원에서 사회학 박사 과정을 이수했음. 전공분야는 비행절차 설계, 항공기 사고 조사, 항공교통시스템 설계/ 안전 감리 및 항공심리학임.

주소: 고양시 덕양구 주교동 556-8 트윈빌B-102

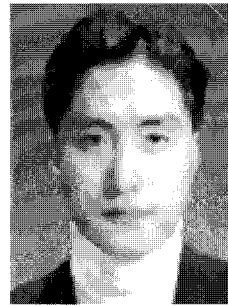
송 병 흠



한국항공대학교 항공운항학과 교수로 재직 중. 한국항공대학교 항공운항학과졸업, 영남대학교대학원 도시공학과 공학박사. 전공 분야는 운항절차, 항공교통공학, 항공기 사고조사, 공항계획임.

주소: 고양시 덕양구 항공대학교 100, 항공운항학과 사무실

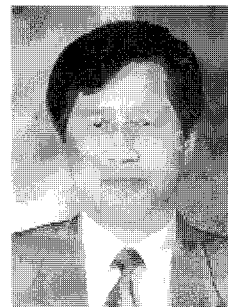
임 세 훈



산림청 산림항공관리본부 안전 감독관으로 재직 중. 한국항공대학교 항공운항학과 졸업. 모교 대학원에서 항공운항관리학과 석사학위 취득 후 현재 항공운항학과 박사과정 이수중. 전공 분야는 항공안전, 항공기 사고 조사, 비행운항절차임.

주소: 서울특별시 강서구 오곡동 244

변 순 철



국토해양부 서기관으로 항공안전본부 항공 사고조사 위원회 위원으로 재직 중. 공군사관학교 졸업. 한국 항공대학교 대학원에서 항공운항관리학과 박사 과정 이수 중.

주소: 고양시 덕양구 항공대학교 100, 항공운항학과