

## 論文

## 운항승무원 실수 특성에 관한 연구 : LOSA를 중심으로

최진국\*, 김철영\*\*

## A study on the characteristics on the error of the flight crew

Jin-Kook Choi\*, Chil-Young Kim\*\*

## ABSTRACT

LOSA is a flight safety program that analyses human errors in normal operations. Trained pilot observers monitor the normal flights at the observer seat. LOSA is a proactive non jeopardy data collection tool using threat and error management(TEM) as a framework. With the analysis of crew behaviors through LOSA with The LOSA collaborative(TLC), the airlines can identify the behaviors of the crew during normal operations. The major objective of LOSA is to measure how the crew manage threats, errors and undesired aircraft deviations in the cockpit on day to day operations.

The airlines are able to set up effective TEM training with practical six generation Crew recourse management(CRM) with data of error from LOSA instead of theoretical CRM courses. The Airlines can use TEM as an integral part of a Safety Management System(SMS) and uses monitoring and cross-checking skills in the flight operations to manage threats and errors effectively when we know the errors we make in the cockpit on daily operation . The result of LOSA indicates that the error detection rate should be enhanced since around the half of the errors went undetected. The areas which should be focused for enhancing the error detection are monitor, cross-check, the management of workload, automation and taxiway/ runway to manage errors effectively.

**Key Words** : LOSA(노선안전운항감사), TEM(실수관리)

## 1. 서 론

노선안전운항감사(LOSA)는 Line Operation Safety Audit의 약자로 훈련을 받은 관찰자가 훈련이나 평가비행이 아닌 정상적인 비행에서 운항승무원의 자발적인 참여를 통해 조종석에서 위협 및 실수(Error)를 관찰하며 항공사의 강점과 약점을 알아내어 항공사 안전을 개선시키는 것을 목적으로 하

는 최신 안전 프로그램이다. 이 결과들은 운항승무원의 평가, 감독, 처벌에 이용하거나, 항공사를 지도감사하는 것이 아니고, 항공사에서 자발적으로 예방적 차원에서 자체 내 안전 개선에 사용한다. (1) LOSA는 1990년 Federal Aviation Administration(FAA)의 기금으로 실행된 연구 프로젝트로 텍사스 대학이 항공사들과 LOSA연구를 계속 발전시켜왔으며, 1999년 칠레의 International Civil Aviation Organization(ICAO) Human Factors symposium에서 국제항공단체에 처음으로 알려졌다. LOSA의 자료는 조종석에서 관찰된 위협과 실수의 형태를 포함하고, 실수의 결과와 위협과 실수 사이의 관계를 분석하여 위협과 실수관리 (TEM:

2009년 6월 22일 접수 ~ 2009년 6월 27일 심사완료

\* 정회원, 아시아나 항공

E-mail : jkhasang@yahoo.co.kr

\*\* 한국항공대학교 항공운항학과 교수  
경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

Threat and Error management)에 중점을 둔 6세대 CRM훈련을 발전시키는 데에 공헌하고 있다.(2)

TEM은 운항승무원 각 개인이 안전운항업무수행에 필수적인 사항과 취약점을 훈련하도록 하며, 안전관리시스템의 일환으로써 항공사가 조직의 방어력과 보호수단의 효과성을 측정하고 향상하도록 한다. (3) ICAO와 FAA LOSA Advisory Circular 120-90(2006)를 통하여 LOSA를 실행함으로써 TEM을 강화하여 안전을 향상할 수 있다.

TEM은 운전자의 방어운전과 유사한 개념으로 조종사가 방어적 운항으로 복잡해지는 운항환경에서 안전허용범위를 최대화하는 기법과 사전에 대책을 강구하는 원리를 제공하도록 훈련한다. (4) 항공사에서 효과적으로 위협 및 실수관리인 TEM을 실행하기 위해서 LOSA를 통해 항공사내 발생하는 실수와 관리 실패되는 유형들에 대한 자료를 수집한다.

본 논문의 목적은 2004년 A항공사에서 약2개월 동안 61개의 국내외 공항에서 133명의 승무원에게 실시한 221편의 LOSA분석을 통하여, 정상적인 운항에서 발생하는 실수의 특성과 시스템적 안전향상활동(Safety change process)이 항공사회에 효과적인 운항안전관리활동을 위한 방향을 제시하여 사고예방과 위협 및 실수관리(TEM)기법의 발전에 기여하고자 한다.

## 2. 실수의 유형과 빈도

### 2.1 실수의 정의

운항승무원의 실수(error)는 실행을 하거나 실행하지 않음으로서 발생되어 조직이나 승무원의 의도나 계획으로부터 벗어나도록 초래하는 것으로, 안전 허용범위를 저하시키며 불안정한 결과의 발생률을 증가시키는 것이다. 규정, 절차, 정책, 지시를 이행하지 않거나 예기치 않은 위반들을 실수로 규정한다. 표준절차와 체크리스트로부터 위배되는 운항승무원이 비행절차 미준수, 항공기 조종미숙, 고도나 비행진로방향 이탈 등의 관제지시 위반, 또는 불필요하게 안전을 저하시키는 결정을 한 경우 등을 LOSA에서 실수로 규정한다. 또한 의도적인 실수와 비의도적인 실수로 구분하며, 실행해야 되는 것을 실행을 하지 않은 경우도 실수로 정의된다. (5)

### 2.2 실수의 분류

운항승무원의 실수는 항공기(A/C: Aircraft)조작, 절차, 의사소통의 3개의 형태(type)로 구분된다.

항공기조작 실수는 비행진로방향, 속도, 항공기의 configuration의 이탈과 관련된 실수이다. 지시와 상

이한 고도를 입력하는 자동화 실수이거나, 수동비행으로 접근 시에 속도가 너무 많거나 고도가 높은 수동비행 실수 등이다. 절차실수는 운항승무원이 규정이나 비행교범, 표준화절차 요건을 위반하는 것이다. 의사소통 실수는 운항승무원이 운항승무원, 관제사, 캐빈승무원, 지상조업 등의 외부 인력과 의사소통이 정확하게 되지 않아 발생하는 실수이다. Table1에서 26%의 실수가 항공기 조작 실수이며, 64%가 절차적 실수를 차지하고 있고, 10%가 의사소통 실수를 보이고 있다. 따라서 항공기를 조작하는 것 보다는 절차수행에 있어 더 많은 실수발생율을 보였다.

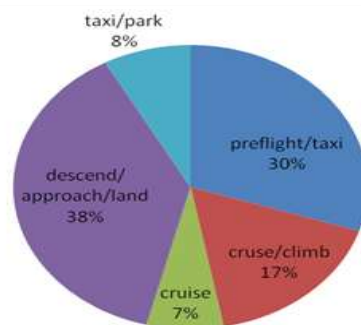
전체 실수 중 가장 빈번한 실수는 상호확인, Air traffic communication (ATC) 의사소통, Callout, PF가 PM항목 조작하는 절차실수, 자동화 실수 순이다.

Table1. 실수 발생율

| 실수형태 (Error Type)             |   | %   |
|-------------------------------|---|-----|
| 항공기조작 실수(A/C Handling Error)  | A/C handling automation                 | 26  |
|                               | Manual flight control system/instrument |     |
|                               | ground navigation                       |     |
|                               | checklist                               |     |
| 절차실수 (Procedural Error)       | call out                                | 64  |
|                               | briefing                                |     |
|                               | cross verification                      |     |
|                               | documentation                           |     |
|                               | other procedural Error                  |     |
|                               | Pilot flying/Pilot monitoring (PF/PM)   |     |
| 의사소통 실수 (Communication Error) | pilot to pilot communication            | 10  |
|                               | crew to external communication          |     |
| total                         |   | 100 |

### 2.3 실수의 단계별 분류

Table 2. 단계별 실수율

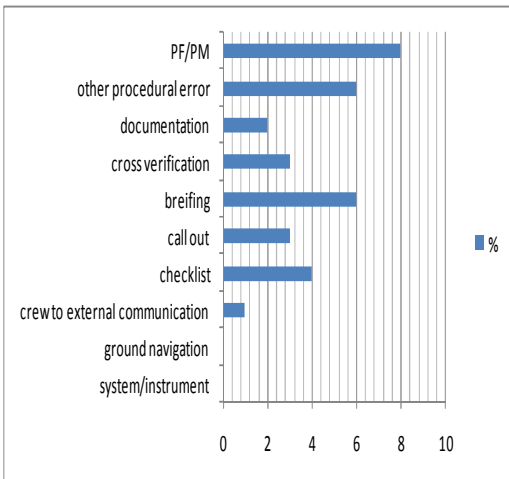


약 30%이상의 실수가 운항승무원이 비행준비를 하는 출발 전 비행단계 및 지상활주 단계에서 발생하였다. 가장 많은 실수는 강하/접근/착륙 실수로 38% 발생하였다.

### 2.4 의도적 실수

약 30%의 실수는 의도적 불이행으로, 가장 빈번한 실수는 Pilot flying (PF)가 Pilot monitoring (PM)임무 수행, 체크리스트 수행실수, 브리핑 실수, 고도 Callout실수, 지상활주 절차실수 등이다.

Table 3 의도적 실수율



## 3. 실수의 관리와 대응책

### 3.1 실수의 관리

가장 빈번하게 관리 실패된 실수는 항공기조작 실수이다. Table 5와 같이 약 16%의 실수 관리가 실패되어 추가적인 실수나 UAS<sup>1)</sup>가 발생하였다. 실수의 관리실패율이 약 16%로 우수한 것으로 나타났다.

전체 실수의 12%가 관리가 실패되어 대부분의 관리실패가 항공기조작 실수형태에서 발생하였으므로 항공기조작 실수형태에서 실수 가장 중점적으로 관리해야 되는 분야이다. 이는 수동 및 자동비행 등 조종과 가장 밀접한 관련이 있는 항공기조작 실수 형태들로 가장 업무부하가 많은 접근 및 착륙단계에서 발생되었다.

1) UAS(Undesired Aircraft State) :불안정한 항공기 상태

Table 4 실수결과

| 실수형태(Error Type)              |                                | 추가적 실수 & 불안정한항공기 상태 (%) |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 항공기조작 실수(A/C Handling Error)  | A/C handling                   | 12                      |
|                               | automation                     |                         |
|                               | Manual flight control          |                         |
|                               | system/instrument              |                         |
| 절차실수 (Procedural Error)       | ground navigation              | 3                       |
|                               | checklist                      |                         |
|                               | call out                       |                         |
|                               | briefing                       |                         |
|                               | cross verification             |                         |
|                               | documentation                  |                         |
| 의사소통 실수 (Communication Error) | other procedural Error         | 1                       |
|                               | PF/PM                          |                         |
|                               | pilot to pilot communication   | 1                       |
|                               | crew to external communication |                         |
| total                         |                                | 16                      |

Table 5에 따르면 기장이 부기장보다 실수를 많이 탐지 하였다. ATC에서도 약 2%에 해당하는 조종사의 외부와의 의사소통실수(crew to external communication)를 탐지하였으며, 부기장이 5%, 기장이 12%, 관제기관이 2%, 기장과 부기장이 함께 36%실수탐지를 하였다.

Table 5 실수별 탐지율

| 실수탐지자    | 부기장 | 기장 | 모두 | ATC |
|----------|-----|----|----|-----|
| total(%) | 5   | 12 | 36 | 2   |

Table 6에 따르면 실수의 약 22%가 탐지되고 조치를 취하였으며, 44%는 미 탐지되었고, 34%는 조치를 취하지 않은 경우이었다. 따라서 실수를 관리하여 감소하기 위해서는 실수의 탐지 율과 조치 율을 높이는 것이다.

Table 6 실수별 탐지 결과율

| 실수(Error) | detect and act | undetected | detect and not act | total |
|-----------|----------------|------------|--------------------|-------|
| total(%)  | 22             | 44         | 34                 | 100   |

### 3.2 실수와 불안정한 항공기상태(UAS)와의 관계

불안정한 항공기 상태와 13개의 실수에 관한 상관분석을 실시하였다. 결과가 유의하지 않은 실수의

경우에는 공간의 제약으로 표에서 삭제하였으며, 후속 논문에서 연구할 예정이다. 불안정한 항공기 상태와 항공기 조작 실수의 관계에서 두 변수간의 상관관계수가 0.575로 유의한 관련성이 있는 것으로 분석되었다. 불안정한 항공기 상태와 시스템, 기타 절차적 실수 역시 상관관계수가 각각 0.358, 0.308이며 유의확률값이 0.000이므로 유의한 관련성이 있는 것으로 분석되었다.

따라서 사고와 준사고의 바로 전 단계인 불안정한 항공기 상태는 항공기 조작과 시스템을 관리하고 활주로 개방 전 taxi기재취급, 부적절한 시간에 문서임무실행, 불안정한 접근을 하는 기타 절차적 실수와 유의한 상관관계가 있다.

Table 7. UAS와 주요 실수와의 상관관계

|                                |               | 항공기 조작A/C handling | 시스템/계기System/Instrument | 브리핑 Briefings | 기타 절차적 실수    |
|--------------------------------|---------------|--------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| UAS (불안정한 항공기 상태)              | Pearson 상관관계수 | <b>.575*</b>       | <b>.358*</b>            | .060          | <b>.308*</b> |
|                                | 유의확률 (양쪽)     | .000               | .000                    | .373          | .000         |
| *. 상관관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다. |               |                    |                         |               |              |

### 3.3 실수에 대한 대응책

11개의 대응책 항목을 요인분석을 실시한 결과 3개의 요인으로 구분할 수 있었다. 요인1은 팀분위기와 자동화에 해당하는 것으로 이는 질문, 자동화 관리, 의사소통환경, 기장의 지도력으로 구성되고, 요인 2는 계획에 해당하는 것으로 브리핑, 계획, 위기관리로 구성되며, 요인 3은 임무실행 및 평가에 해당하는 것으로 업무부하 관리, 계획의 평가, 모니터, 상호 확인, 유도도로/활주로 관리로 구성된다.

따라서 실수를 관리하기 위해서는 팀분위기와 자동화, 계획, 임무실행 및 평가 단계에서의 관리능력 향상과 대책을 수립해 나가는 것이 중요하다.

Table 8. 대응책의 요인분석

| 회전된 성분행렬a                         |             |       |           |
|-----------------------------------|-------------|-------|-----------|
|                                   | 성분          |       |           |
|                                   | 팀 분위기와 자동화  | 계획    | 임무실행 및 평가 |
| 질의(Inquiry)                       | <b>.773</b> | .098  | -.046     |
| 자동화관리(Automation Management)      | <b>.711</b> | -.331 | .116      |
| 의사소통환경(Communication Environment) | <b>.690</b> | .216  | .207      |

|   |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|
| 기장지도력 (Captain Leadership)  | <b>.531</b> | .383        | .422        |
| 브리핑 (Briefing)  | .087        | <b>.757</b> | .153        |
| 계획 (Plan)   | .127        | <b>.739</b> | -.139       |
| 위기관리(Contingency)   | -.104       | <b>.417</b> | .228        |
| 업무부하관리(Workload Management)   | .182        | -.002       | <b>.700</b> |
| 계획평가 (Evaluate Plan)  | -.131       | -.002       | <b>.664</b> |
| 모니터&상호확인 Monitor&cross check  | .233        | .161        | <b>.538</b> |
| 유도로/활주로관리(Taxiway Runway management)  | .218        | .337        | <b>.420</b> |
| 요인추출 방법: 주성분 분석.<br>회전 방법: Kaiser 정규화가 있는 베리맥스.<br>a. 5 반복계산에서 요인회전이 수렴되었습니다. |             |             |             |

### 3.4 실수와 대응책과의 관계

각 편당 실수의 수와 8개의 대응책 유형에 관한 상관분석을 실시하였다. Table 9에서 실수와 위기관리, 의사소통의 관계에서 상관관계수가 각각 -0.303, -0.322로 음의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 비행계획과 기장지도력이 브리핑과 상관관계가 있다. 업무부하 관리와 기장의 지도력이 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 질의는 의사소통환경과 기장지도력과 상관관계가 있고 의사소통환경은 기장지도력이 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 기장의 지도력이 4개 이상의 대응책과 상관관계가 있는 것으로 보였다.

## 4. 결론

복잡한 환경의 위험요인들과 지연, 서두름, 예기하지 않은 지상상황 발생 등으로, 이륙 전에 실수들이 발생한다. 비행 전 브리핑의 체계적인 관리와 운항 관리사의 효과적인 브리핑과 종합통제의 효과적인 지원은 조종사의 업무부하 감소가 가능하게 한다.

기존의 이륙 후 비행 중 실수억제와 비상상황위주의 교육훈련형태에서 이륙 전 비행단계를 포함한 정상상황의 실수관리를 훈련에 포함하여 실시하고 평가하는 것이 요구되었다. 비행 전 미리 비행을 계획하여 각종 임무의 수행시기를 바쁘지 않을 때 미리 하는 업무부하 관리와, 효과적인 브리핑을 통해 위기관리와 업무분담관리를 사전에 준비하여 관리하는 비행습관이 필요하다. 예방위주의 철저한 비행 전 준비와 브리핑, 업무부하관리 등을 시스템적으로 정착화 하는 것이 요구되었다.

전체 실수의 64%가 절차적 실수형태인데, 대부

Table 9 실수와 대응책의 상관계수

|  |             | 대응책 상관계수    |         |               |                |         |           |               |                |               |
|--|-------------|-------------|---------|---------------|----------------|---------|-----------|---------------|----------------|---------------|
|  |             | 실수          | 브리핑     | 계획            | 위기관리           | 업무부하    | 자동화<br>관리 | 질의            | 의사소통<br>환경     | 기장<br>지도력     |
| 실수(Error)                              | Pearson상관계수 | 1           | -.282** | -.125         | <b>-.303**</b> | -.226** | -.221**   | -.120         | <b>-.322**</b> | -.262**       |
|  | 유의확률(양쪽)    |             | .000    | .106          | .000           | .001    | .001      | .132          | .000           | .000          |
| 브리핑<br>(Briefing)                      | Pearson상관계수 | -.282*<br>* | 1       | <b>.308**</b> | .203*          | .166*   | .067      | .119          | .290**         | <b>.322**</b> |
|  | 유의확률(양쪽)    | .000        |         | .000          | .012           | .018    | .344      | .143          | .000           | .000          |
| 계획<br>(Plan)                           | Pearson상관계수 | -.125       | .308**  | 1             | .102           | .204**  | .058      | .165          | .170*          | .243**        |
|  | 유의확률(양쪽)    | .106        | .000    |               | .243           | .009    | .463      | .055          | .029           | .002          |
| 위기관리<br>(Contingency)                  | Pearson상관계수 | -.303*<br>* | .203*   | .102          | 1              | .104    | -.040     | .106          | .223**         | .293**        |
|  | 유의확률(양쪽)    | .000        | .012    | .243          |                | .202    | .626      | .243          | .006           | .000          |
| 업무부하<br>(Workload<br>Management)       | Pearson상관계수 | -.226*<br>* | .166*   | .204**        | .104           | 1       | .206**    | .177*         | .253**         | <b>.393**</b> |
|  | 유의확률(양쪽)    | .001        | .018    | .009          | .202           |         | .002      | .027          | .000           | .000          |
| 자동화관리<br>(Automation<br>Management)    | Pearson상관계수 | -.221*<br>* | .067    | .058          | -.040          | .206**  | 1         | <b>.321**</b> | .238**         | .239**        |
|  | 유의확률(양쪽)    | .001        | .344    | .463          | .626           | .002    |           | .000          | .000           | .000          |
| 질의<br>(Inquiry)                        | Pearson상관계수 | -.120       | .119    | .165          | .106           | .177*   | .321**    | 1             | <b>.416**</b>  | <b>.388**</b> |
|  | 유의확률(양쪽)    | .132        | .143    | .055          | .243           | .027    | .000      |               | .000           | .000          |
| 의사소통환경<br>Communication<br>Environment | Pearson상관계수 | -.322*<br>* | .290**  | .170*         | .223**         | .253**  | .238**    | .416**        | 1              | <b>.465**</b> |
|  | 유의확률(양쪽)    | .000        | .000    | .029          | .006           | .000    | .000      | .000          |                | .000          |
| 기장지도력<br>(Captain<br>Leadership)       | Pearson상관계수 | -.262*<br>* | .322**  | .243**        | .293**         | .393**  | .239**    | .388**        | .465**         | 1             |
|  | 유의확률(양쪽)    | .000        | .000    | .002          | .000           | .000    | .000      | .000          | .000           |               |

\*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

분의 관리실패가 항공기조작 실수형태에서 발생하였으므로 항공기조작 실수형태에서 실수를 가장 중점적으로 관리해야 한다. 특히 업무부하가 많은 이륙 및 착륙단계에서 임무실행 시 모니터링과 상호확인, 업무부하 관리로 발생된 실수를 탐지하고 조치하는 실질적인 TEM(위험 및 실수관리)을 반영한 훈련 및 심사로 방향전환이 요구되었다.

실수는 강하/접근/착륙단계에서 다수 발생하며, 안정접근 조건 및 절차 반영이 요구되었다. 의도적인 실수의 경우, 주로 PF가 비행관리에 전념하지 못하고, 자신의 임무가 아닌 PM의 국지적인 업무를 함으로 본인의 고유 업무에 간섭이 발생되었다.

기장이 부기장보다 약 두 배 정도 실수를 더 탐지 하였다. 실수의 수를 감소하기 위해서는 실수의 탐지율을 높이는 훈련과 평가가 요구되었다. ATC에서도 약2%에 해당하는 의사소통관련 실수를 탐지하여 조종사의 실수감소에 영향을 미치므로 관계

기구에서의 보다 적극적인 운영으로 조종사의 실수를 감소시킬 수 있도록 정부에서 관계기구에 대한 지원 및 교육이 요구됨을 의미하였다.

실수가 관리 실패된 불안정한 항공기 상태(UAS)를 관리하기 위해서는 항공기 조작과 필수시스템을 관리하도록 하고 활주로 관리와, 비행 중요단계에서 필수업무만 수행하는 것, 안정 접근을 하는 것과 상관관계가 높으므로 이와 관련된 절차개선과 훈련 및 평가에 반영하며, 바람직한 복행 문화형성이 요구되었다.

의사소통 환경과 위기관리능력이 실수와 상관관계가 있어 미치는 영향이 있다. 의사소통환경이 양호한 경우 원활한 위기관리와 관계가 있는 것으로 나타났다. 의사소통, 기장지도력, 질의, 자동화 관리가 팀 분위기와 자동화관리의 주요요인이며, 기장의 지도력수준에 따라 의사소통환경, 업무부하 관리, 브리핑, 질의 등의 대응책 수준에 증감이 나타나

로 기장의 지도력이 실수관리에 밀접한 관련이 있는 것으로 나타나 지도력 훈련이 절실함을 보였다. 명확성을 위한 질의가 자동화관리가영향을 미치므로, 질의를 보다 원활하도록 장려하는 문화 형성이 요구되었다. 각 업무부서가 개선회의체를 통하여 서로 상호 보완과 교류를 통하여 운항승무원의 실수를 최소화 하도록 유기적이고 효율적인 상호협력력을 하여 개선하였다. 특히 개인 교정 위주의 개선이 아니라 규정과 절차에 반영하고 조직과 장비, 시설을 개선하는 시스템적 개선으로의 방향전환을 하여 조직적으로 실수를 관리하는 필요함을 인식하였다. SMS체계 안에서 운항승무원의 실수하는 것이 Human Factor관련 보고서 및 감사, QAR, HF 위원회 등을 통해 자동적으로 수집되고 분석하여 지속적으로 이를 훈련과 평가, 절차 등에 반영하여 실질적으로 TEM이 운영되고 유지되도록 개선하면 효과적으로 인적요인이 관리되어 질수 있다.

특히 항공사에 있어서의 건강진단과 같은 LOSA를 임의적인 방법이 아닌 국제표준인 ICAO 제시 절차에 따라 실시하여 항공사에서 가장 빈번한 실수와 관리 실패되는 유형 및 환경들을 구체적으로 파악하여, 이를 계량화하고 분석해서 진단하여서, 고질적이고 치명적인 문제점들을 개선하도록 한다. 이 LOSA최종결과들을 보직자 및 관리 경영층에 전달하여 훈련과 평가, 안전관리의 방향과, 예 산에 반영하며 조직과 인력부분을 효율적으로 집행하고 시스템을 지속적으로 개선하여 자동적이고 효

과적으로 TEM이 유지되도록 한다.

## 참고문헌

- 1) Klinect, J.R., Murray, P., Merritt, A., & Helmreich, R. "Line Operations Safety Audit : Definition and operating characteristics." In Proceedings of the Twelfth International Symposium on Aviation Psychology, The Ohio State University 2003, pp. 663-668.
- 2) The ICAO Journal - Special Edition LOSA, Vol 57, No. 4, May. 2002.
- 2) Walker, R. E., Stone, A. R., and Shandor, M., " Secondary Gas Injection in a Conical Rocket Nozzle," *AIAA Journal*, Vol. 1, Feb. 1963, pp.334~338.
- 3) FAA AC 120-90, Line Operations Safety Audits, 2006, Appendix p1
- 4) Ashleigh Merritt, Ph.D. & James Klinect, Ph.D, "Defensive Flying for Pilots: An Introduction to Threat and Error Management" The University of Texas Human Factors Research Project1, TLC, Dec. 2006, p. 1
- 5) ICAO DOC 9803, Line Operations Safety Audits, 2002, P.2-3