



## 진보된 LOSA 방법론 개발에 관한 연구

# A Study on the Development of Advanced LOSA Method

최지현

진에어, 한국항공대학교

**Jihun Choi**

Jin Air and Ph. D Science, Korea Aerospace University, Gyeonggi 10540, Korea

### [요 약]

본 연구는 전통적인 LOSA 방법론의 한계를 보완하여 진보된 형태(Advanced LOSA)의 필요성에서 시작된다. 진보된 형태의 LOSA는 기존의 AUDIT 적용의 단점을 해결하고 현재의 항공 안전 요구에 보다 효과적으로 대응하는 것을 말한다. Advanced LOSA 개발 연구를 하는 동기는 최근 발전된 항공운항 체계와 항공데이터의 분석이 과거보다 용이하여 활용가치가 증대되었기 때문이다. 과거의 LOSA는 주로 조종실 공간에서 조종행위를 수행하는 조종사들에게 초점을 맞추고 있다. 그러나 Advanced LOSA는 항공사의 전 분야로 확장하여 통합적으로 관리할 수 있다. 둘째, Advanced LOSA는 데이터 수집 및 분석 기술을 통합하여 미래 예측이 가능하다. 이를 통해 항공사는 예측된 위해 요인을 사전에 제거하여 항공안전을 유지하는 확고한 SMS 체계를 확립할 수 있다. 셋째, Advanced LOSA는 데이터 분석을 기반으로 세부 요인을 선별할 수 있으며 구체적인 해결 방법을 모색할 수 있다.

### [Abstract]

The need for Advanced LOSA arises from the limitations and drawbacks of traditional LOSA. Amended LOSA aims to address some of the shortcomings of the original methodology and make it more effective and relevant to current aviation safety needs. Some of the key reasons for developing Advanced LOSA include Enhancing the scope, Improving data collection and analysis, Providing more targeted safety recommendations. First, Traditional LOSA mainly focuses on flight deck operations, but Advanced LOSA expands the scope to include other operational areas such as cabin operations, ground handling, and maintenance. Second, Advanced LOSA can build a Forecasting System that can predict the future through data collection and data analysis. Third, Advanced LOSA aims to provide more specific and targeted safety recommendations based on the Aviation data collection and Aviation data analysis. Overall, Advanced LOSA seeks to improve aviation safety by addressing the limitations of traditional LOSA and providing a more comprehensive and effective methodology for identifying and mitigating safety risks in aviation operations.

**Key word** : Advanced LOSA, Aviation Safety, Data Analysis, Forecasting System, LOSA(Line Operation Safety Audit).

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.4.351>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 29 July 2023; Revised 10 August 2023

Accepted (Publication) 22 August 2023 (30 August 2023)

\*Corresponding Author ; Jihun Choi

Tel: \*\*\* - \*\*\*\* - \*\*\*\*\*

E-mail: [satbq@naver.com](mailto:satbq@naver.com)

## I. 서 론

LOSA (Line Operations Safety Audit)는 항공사 내에서 운영 중인 비행기 조종사들의 비행 작업을 평가하고, 운영 프로세스와 제반 환경 요인 등의 위험 인자를 파악하여 안전한 항공 운항을 유지하기 위한 프로그램이다[1].

이를 통해 항공 운항 중 발생할 수 있는 사고나 인명 피해를 예방하고, 항공 운항의 안전성을 향상시킬 수 있다. LOSA는 비행 중 조종사들이 실제로 경험한 사건과 사고 등을 분석하여 운영 프로세스와 환경 요인 등을 개선하고, 교육과 훈련 계획을 수립하는 데 활용된다[2].

ICAO(International Civil Aviation Organization, 2002)는 항공업계의 안전관리가 사후적 대응의 한계를 벗어나 예방적 조치에 중심을 둔 전략으로 바뀌어야 한다고 강조한다. 예방적 안전관리 전략 관점에서 LOSA는 매우 유용한 프로그램으로 분류된다[3]. 이러한 관점에서 Advanced LOSA는 data analysis 기법을 사용하여 미래 예측을 통해 선제적으로 대응한다는 목적에 부합한다.

### 1-1 연구의 배경

진보된 LOSA의 필요성은 활용성이 증대되고 있는 이유도 있지만 LOSA가 태동부터 갖고 있는 한계 때문이다. LOSA는 AUDIT에 의한 관찰활동에 의해 시행된다. 이는 조사환경내에서 AUDITOR의 영향에 노출되므로 조사 분석의 신뢰성에 문제가 발생한다. 따라서 현재의 운항품질 활동은 중립적이고 객관적인 조사 분석이 가능한 형태로 개선이 필요하다[4]. 이를 위해 LOSA 활동을 할 수 있는 여건 조성과 AUDIT 대상을 다양화하는 방안을 모색할 필요가 있겠다. 본 연구는 이러한 배경에서 data 수집 및 분석을 통한 진보된 LOSA의 적용 가능성을 제시해 보고자 한다.

### 1-2 연구의 목적

본 연구는 기존 LOSA 방법론의 한계를 보완하여 보다 진보된 형태의 LOSA 모델을 개발하는 데 목적이 있다. 기존의 LOSA는 AUDIT 방법을 적용하여 행위자의 관찰을 통해 안전 위해요인을 사전에 식별하여 보완하고 Threat과 Error를 분석하여 안전을 공고히 하는 데 활용하였다. 그러나 조종실에 탑승한 AUDITOR는 조종사들에게 부담을 줄 수 있는 심리적 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 본 연구는 발전하는 항공 기술 동향과 운항 실태에 맞는 새로운 LOSA 모델의 필요성을 바탕으로 실무 적용에 가능한 최적의 방안을 모색하였다.

본 연구는 기존 AUDIT을 통한 observation 방법의 한계를 보완하기 위해 데이터 분석 방법을 적용하여 진보된 LOSA 모델 연구를 진행하였다. 이를 위해 항공 운항 단계 중 가장 중요하게 여겨지는 착륙단계의 데이터를 수집하여 분석하였으며 이를 통해 data analysis를 통한 LOSA 적용에 대한 가능성과 기존

까지 연구에 활용하지 못했던 운항 data 활용 방법에 대한 방안을 제시하고자 한다.

### 1-3 선행연구

LOSA의 기존 선행 연구는 ICAO DOC 9803의 제시된 방법론을 중심으로 수행되었다. ICAO는 LOSA의 개념과 적용에 대한 권고사항을 제시할 뿐 실제 실무에 적용하는 최적의 방안은 정책 결정자의 역량에 있다는 것을 인식해야 한다.

이경호·이장룡(2023)은 LOSA data 품질에 영향을 미치는 요소를 설문조사를 통해 분석하였다. LOSA 개념의 이해가 높고 경력 및 관련 분야 관계자가 LOSA의 높은 수준을 보인다고 하였다.

최진국(2009)은 LOSA의 수행은 훈련받은 관찰자에 의한 수준이 높게 나타나며 LOSA는 비처벌주의 원칙에 입각하며 안전문화의 행태를 강조했다.

Klinect(2003)는 항공사가 안전활동은 TEM(Threat and Error Management)을 기반으로 LOSA를 수행하며 사고 예방방지를 방지하기 위한 것이라 하였다.

Maurino(2005)는 Threat(위협)이 승무원들의 영향력을 벗어나 발생하는 사건으로써 비행에 대한 복잡성을 증가시키고 운항승무원의 Error(실수)를 발생시키는 잠재요소로 보았다. 또한 운항승무원의 Error(실수)가 Safety Margin을 저하시키고 불완전한 결과의 발생 가능성을 증가시킨다고 하였다.

기존 연구자들은 LOSA를 사전 예방조치의 방안으로 인식하고 있으며 건강검진과 같은 프로그램으로써 선제적 대응에 관해 공동으로 중요성을 주장하고 있다. 그러나 기존 LOSA의 OBSERVER의 관찰을 통해 수행 되는 LOSA 방법론의 한계를 보완하여 보다 진보된 형태로 발전시키는 방법론에 대한 제시는 부재하다.

## II. 본 론

### 2-1 LOSA의 배경과 운용실태

LOSA (Line Operations Safety Audit)는 1990년대 후반에 미국 항공청(FAA, Federal Aviation Administration)에서 개발되었다. 텍사스 대학에서 개발한 LOSA 프로그램은 초기 미국의 항공사에 적용되었다. 텍사스 대학의 LOSA 프로그램은 현재 ICAO에서 권고하는 운항품질 관리체계이다.

LOSA는 ICAO 권고사항으로 다양한 항공사에서 내부적으로 LOSA 팀을 구성하여 운영하거나 외부 전문의 컨설팅을 의뢰한다. LOSA 협력기구(TACG)는 LOSA를 운영하는 기구 중 하나으로써 TACG는 2015년에 설립되었으며 LOSA 방법론을 전세계 항공사와 항공 기관에 적용하고, 운항 안전성을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다[5]. 국내의 항공사는 본 모델을 직접 도입하지는 않고 있지만 이 모델을 토대로 각자의 운항품질 관

리체계를 유지하고 있다. 현재 적용하고 있는 운항품질 관리체계는 자체 AUDITOR를 임명하여 AUDIT을 통해 관찰 결과를 토대로 사전적 예방대책을 수립하는 형태이다. 또한 TEM에 기반하여 Threat, Error, UAS(비정상적 항공기 상태) 등 3가지 요소로 구성된 항목을 중심으로 활동을 진행중이다.

**2-2 Advanced LOSA 개발방향**

기존 LOSA 프로그램의 한계를 보완하고 개선하기 위해서는 AUDIT을 다양화하는 방안이 있겠다. AUDITOR의 활용은 중립적 위치에서 객관적으로 조사 및 분석 활동을 할 수 있는 여건 조성을 보장하지 못한다. 이를 보완하는 방법으로 본 연구에서는 data 조사 및 분석 방법을 중심으로 적용사례를 선보인다. 조종사의 행위와 절차, 행태를 직관하는 것도 중요하지만 그 외 방법이 있다면 활용방안을 모색하는 것도 주요 대안일 것이다.

항공교통의 발전과 에어라인 항공사가 증가하면서 항공기의 운항 횟수도 따라 증가하고 있다. 이 과정에서 수많은 운항 data가 생성되고 있다. 항공사는 이러한 data를 안전보안실에서 FOQA data에 국한하여 분석하고 활용한다. 본 연구에서 제시하는 LOSA에서 대상으로 하는 data 분석은 안전보안실에서 수행하는 data 분석과는 성격이 다르다.

Advanced LOSA는 조종사의 운항품질 수준, 절차 적용실태, 조종사의 개인 역량, 항공기 조작 능력 등을 피드백 함으로써 운항훈련, 운항표준, 운항승무, 운항품질 분야의 연계성을 강화하고 상호 유기적 관계를 증대하여 항공안전을 강화하는 데 있다. 본 연구에서 Advanced LOSA는 1단계 data 수집 적용 대상의 선정, 2단계 데이터 조사 및 분석, 3단계 사전적 예방대책으로 설계하였다.

**2-3 Advancde LOSA 분석방법(안)**

1) 적용 대상의 선정

본 연구에서는 B737 항공기의 착륙단계에서 발생하는 data를 수집하여 연구에 적용하였다. 착륙단계를 선정할 이유는 COVID-19 전후 분석 결과 분석에서 항공기는 착륙단계에서 항공안전에 미치는 위협요인들이 가장 많이 발생했기 때문이다 [6]. 또한 사례에서 보듯 착륙단계에서 event 및 사고가 발생하는 비중이 높기 때문이다.

구체적인 data는 착륙시 Flare 단계부터 접지하는 순간까지의 고도와 Pitch data를 수집하였으며 조종사들의 착륙 기량을 동시에 분석하였다. 이 data는 B737 항공기 훈련교범(Training Manual)의 이해, 운항훈련의 효과성, 표준검열을 통해 라인 공정에서 표준 조종이 잘 이루어지고 있는지를 관찰할 수 있다. 실제 항공기의 Flare 단계에서 접지하는 순간은 조종사들의 역량과 기량을 평가하는 정량적 지표로 대표 값을 의미하기도 한다.

2) 적용 대상에 대한 이론

B737 항공기는 착륙단계에서 Wingspan 고려시 100FT 지점에서 지면효과(Ground effect)가 발생된다. 지면효과 최대지점은 B737 항공기 Wingspan의 1/2 지점이다. B737 항공기 Wingspan은 시리즈마다 다르지만 대략 36 FT이다. B737은 약 30 FT 지점에서 Flare 조종을 시작한다. 조종사는 공항의 바람 방향과 바람세기를 고려하여 강하 타성을 줄여가며 착륙 조종을 수행한다. Flare는 대략 접근 강하율 600 FPM을 감소시키는 단계이다.

Flare는 착륙을 위하여 접근 자세에서 착륙 자세로 항공기의 Pitch를 변화시켜 항공기의 강하율을 감소시키는 조작이다. B737 항공기는 Initial Flare 단계에서 Power와 Pitch 조종을 통해 활주로에 접지한다. 개인 및 상황에 따라 속도 감속의 차이는 있지만, Flare 단계에서 속도 감속은 발생하며, 원하는 침하량에 도달하기 위해 적절한 Pitch 조종이 필요하다. Flare가 시작되면 Pitch를 증가시켜 Energy 감소량을 보상한다. Flare 이후 접지까지 3~4초이며 접지에서 Pitch는 대략 4~7도이다[7].

그러나 data 분석을 결과를 보면 실제 착륙시 B737 항공기의 접지 Pitch는 대략 3도 이하로 나타난다. 이러한 결과는 국내 공항의 여건과 제작사의 공항 여건이 다르고 착륙시 국내 공항은 바람방향과 바람세기의 영향을 많이 받는 결과로 보여진다.

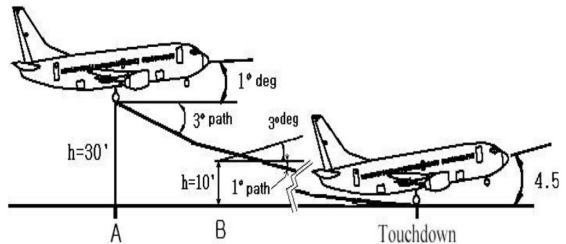


그림 1. FLARE 설명도식  
Fig. 1. FLARE DIAGRAM

그림2.에서 보듯 조종사는 Flare시 항공기의 강하 타성을 고려해야 하며 강하 타성을 고려하지 않고, 조종이 미흡할 경우 Hard Landing으로 이어진다. 조종사는 수동조작의 경우 항공기의 강하 타성을 Pitch 조작으로 강하율을 줄여가며 안정된 상태로 접지하고 있다. 그러나 Hard Landing의 경우 조종사가 Flare 시 초기 Pitch 조종이 늦거나 시행하지 못한 경우 Hard Landing의 결과를 가져오게 된다[8]. Hard Landing은 강하각이 깊고, 강하율이 높은 경우, 급변풍의 영향을 받는 경우에 주로 발생한 다.

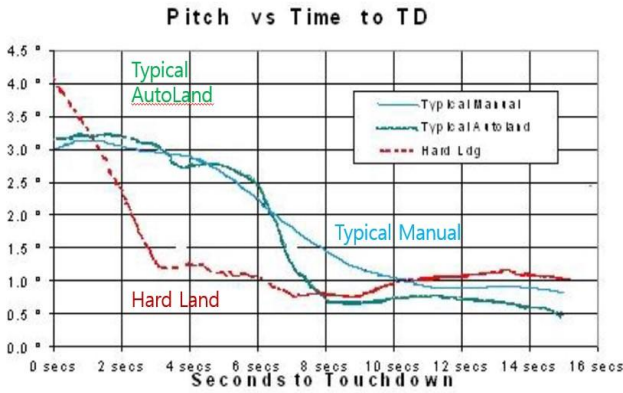


그림 2. FLARE 단계에서 랜딩 결과  
Fig 2. LANDING RESULT DURING FLARE

3) DATA 수집 및 분석

B737 항공기의 착륙 리포트를 수집하여 Flare 단계 고도에 따른 Pitch 변화를 Matlab(2021b) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 그림 3은 Flare 단계부터 접지 5초전까지의 Pitch 변화를 종합한 결과이며 접지시까지 조종사의 기량을 관찰할 수 있는 객관적 자료로 가치가 있겠다.

그림 3에서 보듯 Flare 이후 항공기의 자세는 3도를 중심으로 분포되고 있다. Flare까지 접근하는 항공기의 Pitch는 접근속도와 기상환경에 따라 Pitch 1~2도로 나타난다. Flare 시점에 Pitch가 3도 이상으로 증가되는 것은 강하율 조정과 속도 감속에 의한 보상이다. Flare 이후 정률적으로 Pitch가 증가되는 것으로 알고 있으나 실제 Pitch의 변화는 접지 5초 전과 접지까지 큰 변화를 보이지는 않는다. 이러한 이유는 3차원 공간에서 측정할 수 없는 다양한 요인들이 착륙에 작용하기 때문이다.

3도 범위에서 벗어난 Pitch 값들은 조종사의 기량, 바람방향, 바람세기에 따라 다르게 분포된 것으로 볼 수 있으며, 본 자료 수집 DATA에서는 Hard Landing 건은 발생하지 않았다.

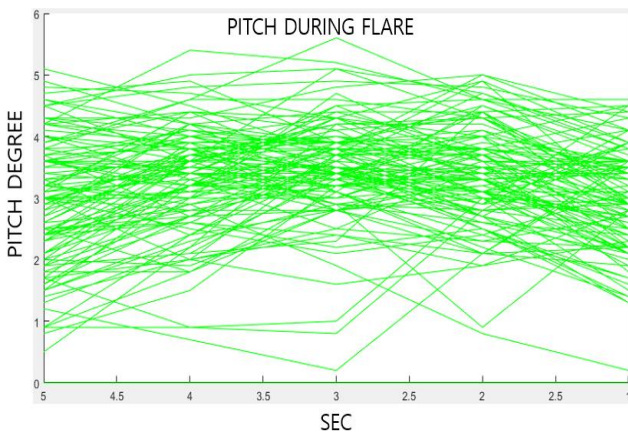


그림 3. FLARE 단계에서 PITCH 변화  
Fig 3. PITCH CHANGE during FLARE

그림4는 그림3의 분석을 보다 정밀하게 검증할 수 있는 분석 결과이다. 그림4는 바람방향 성분에 따라 Flare부터 접지 5초전까지의 고도변화의 결과이다. 이 결과를 보면 측풍성분에서 항공기의 고도변화가 가장 크게 나타난다. 정풍성분으로 착륙한 항공기들은 일정한 강하율을 유지하고 있으며 조종사는 강하 타성을 고려하여 안전한 착륙을 수행하였다. 배풍성분을 받고 착륙한 항공기는 접지 시점이 증가하여 제한지 접지가 어렵다는 것을 결과로 보여주었다.

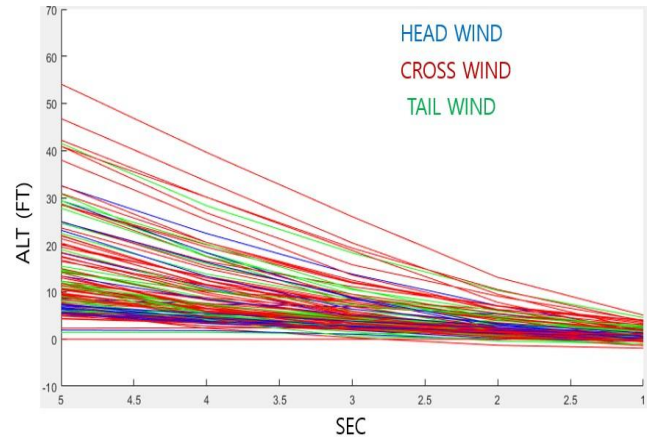


그림 4. FLARE 단계에서 바람에 따른 고도  
Fig 4. FLARE ALTITUDE IN WIND DIRECTION

2-4 분석결과 종합

분석된 결과를 종합해 보면 그림3에서 나타나는 편차가 큰 값은 그림4에서 보듯 급변풍에 의한 결과로 분석된다. 본 연구 자료의 수집 data가 대부분 제주공항인 것을 고려할 때 조종사들이 측풍성분에서 표준 절차를 준수하고 있으며 숙련된 기량을 통해 EVENT 발생을 최소화 하고 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 착륙 data를 통해 조종사들의 운항 절차수행이 표준 수준으로 유지하고 있다는 것을 말하며 운항품질 수준이 안전 범위 내에 있다는 것을 말한다.

이 결과에서 추가로 분석되어야 하는 요인은 항공기의 접근 강하각이다. 공항 접근 강하각이 크면 항공기는 안정된 접근을 수행하지 못하여 착륙단계에서 조작의 어려움을 겪게 된다. 공항 접근시 접근속도 140 KTS 이상, 3.5도 이상의 강하각에서 배풍을 받게 되면 강하율 1000 FPM 이상의 강하율이 요구되므로 각별한 주의가 필요하다. 특히 국내공항은 항공기 접근이 어려운 장애물과 산악지역, 해안지역에 위치하고 있어 항공기의 안정된 접근을 저해하는 근본적인 요인으로 공항 입지와 설계의 중요성을 말해준다[9].

이 결과를 통해 분석되는 것은 착륙 공항, AIRPORT의 특성에 따라 Hazard가 존재하며 이를 방지하기 위한 운항 조치가 이루어져야 한다는 것이다. 연계하여 data 분석을 통해 착륙에 미치는 영향요인을 검증하는 단계가 오면 선제적으로 대응할 수 있는 훈련체계를 만들 수 있는데 이것이 EBT(Evidence Based

Training)의 기초가 될 것이다. 결국 운항 data의 체계적인 관리와 자료 분석은 운항훈련 분야의 EBT 훈련과 연계되며 항공사 전체와 개인별 역량과 기량을 파악하여 맞춤형 훈련을 수립하고 적용할 수 있게 된다.

### III. 결 론

LOSA는 항공사의 품질관리 업무를 수행하는 대표적 적용 방법이며 운항품질업무에서는 비중있게 다루어진다. LOSA는 최적의 안전품질관리체계이며 과학성에 기초한 방법으로 평가되고 있으나 observation을 수행함으로써 AUDITOR가 조사 환경에 노출되는 한계를 갖는다.

항공 분야는 UAM 등장, 복합체 개발, 운항 시스템, 항공교통관제 등 비약적인 기술 발전이 지속되고 있다. 지금 시대는 항공 분야의 통합과 상호 유기적 구조를 형성하도록 유도하고 있다. 시스템이 복잡한 기체가 기본 구조의 기체보다 고장 확률이 더 높은 것처럼 항공 분야도 복잡하고 다양해지면서 과거보다 threat과 error의 발생 가능성이 높아지고 있다. 이러한 잠재적 운항 위협 요소를 사전에 인지, 차단하여 예방할 수 있는 방법이 LOSA일 것이다.

이러한 이유로 본 연구는 새로운 LOSA 방법론에 대한 필요성을 제기했으며 이를 적용할 수 있는 발전방안을 data 조사 분석을 통해 제시하였다. 또한 새로운 안전품질의 패러다임을 모색하는 계기를 되었으면 한다. 데이터 분석을 활용한 방안은 관찰자의 직접적인 관여 없이 중립적 위치에서 운항환경을 조사 분석할 수 있는 방안으로 이를 구체적으로 설계하여 Advanced LOSA 모델을 개발한다면 효율적으로 운항 품질을 관리할 수 있을 것이다.

Advanced LOSA는 data 분석을 통해 미래 예측이 가능하며 SMS(Safety Management System) 내에서 가장 효과적으로 반응할 수 있을 것이며 항공안전을 공고히 하는데 기여할 것이다.

또한 Advanced LOSA는 data 선정과 분석을 수행하는 전문성이 요구되므로 해당분야에 능통한 AUDITOR를 임명하는 인증이나 자격조건에 대한 후속연구가 진행되었으면 한다.

### References

- [1] ICAO, "Document 9859 - Safety management manual (SMM) Chapter 8, Safety assurance (SA), Part B: Safety assurance methodologies", ICAO, Montreal Canada, 2013.
- [2] E. Y. Chun and J. H. Choi, "A case study with Advanced LOSA program," *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, KSAS 2021 Spring, pp. 123-127., 2023.
- [3] K. H. Lee and J. R. Lee, "Factor affecting LOSA data quality" *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 31, No. 2, p. 72., 2023.
- [4] ICAO, "Document 9803 - Line operations safety audit", ICAO, Montreal Canada, p. 2-5, 2002.
- [5] ICAO, "Document 9803 - Line operations safety audit handbook", ICAO, Montreal Canada, 2013.
- [6] E. Y. Chun and J. H. Choi, "A case study with advanced LOSA program," *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, KSAS 2021 Spring, p. 126., 2023.
- [7] Boeing, B737 Training manual, 2023.
- [8] Korean air, B737 Flight crew reference manual, p. 3.1.10, 2014.
- [9] K. H. Lee, S. Y. Kim, and J. H. Choi, "A study on the calculation of the FPM for the descent angle" *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 31, No. 2, pp.1-5., 2023.



**최 지 현 (JiHun Choi)**

2013년 4월 - 2019년 10월: 대한항공 등 B737, B777 부기장  
 2019년 10월 - 현재: 항공운항관리학 이학박사, 진에어 B737 기장  
 ※ 관심분야: 항공운항, 비행데이터 분석, 시스템다이나믹스, UAM