

항공안전데이터 및 분석 동향

Trends of Aircraft Safety Data and Analysis Methods

김지연 (J.Y. Kim, jiyeon@etri.re.kr)
박노삼 (N.S. Park, siru23@etri.re.kr)

지능형휴먼트윈연구센터 책임연구원
지능형휴먼트윈연구센터 책임연구원

ABSTRACT

The air traffic industry, one of Korea's major industries, has recently experienced increased demand from overseas air passengers, launched a low-cost airline, and increased special freight transportation capacity. These initiatives have had a positive impact on air traffic (for example, profitability); however, air traffic management has become more complex, which has increased the incidence of aviation accidents and created safety hazards. There is an increasing need to collect and analyze aviation data that can proactively respond to aviation accidents. Concatenation of collected aviation data as big data and the development of artificial intelligence technology are gradually expanding aviation safety event analysis from conventional statistical analysis to machine learning-based analysis. This paper surveys the trends of flight safety event analysis to derive aviation safety risk factors by looking at the types and characteristics of aviation data that can be used to predict accidents related to safety in aviation operations.

KEYWORDS 항공데이터, 항공데이터 분석, 항공안전

1. 서론

우리나라의 항공교통은 저가항공 출범 및 해외 항공 여객 수요의 증가에 따라 비약적 발전을 하고 있으며, 2017년에는 2007년 대비 여객수가 104% 증가하였다. 코로나19라는 전 세계적 팬데믹으로 2020년도 항공 여객 수는 국제선의 경우 2019년도 대비 약 84%, 국내선은 약 24% 감소하는 큰 변화

를 가져왔지만[1], 백신의 개발 및 국제적 여행 완화 조치에 2020년도 4월 대비 당해년도 4월 국제선은 16.4%, 국내선의 경우 147.8%로 상승을 보여주고 있다[2]. 이처럼 우리나라 항공교통은 주요산업 중 하나로 과거와 달리 많은 데이터가 수집되고 있고, 항공교통량의 증가로 인한 사고 및 안전장애 발생률의 증가로 선제적으로 안전사고에 대응할 수 있는 항공데이터 수집 및 분석에 대한 필요성이

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360606>

* 본 연구는 국토교통부의 '빅데이터 기반 항공안전관리 기술 개발 및 플랫폼 구축(21BDAS-B158275-02)' 연구의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.



증대되고 있다.

UN 산하 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)의 부속서(Annex) 19 ‘안전 관리(Safety Management)’에 의하면 항공안전관리체계(SMS: Safety Management System)란 항공 서비스 제공자가 항공 안전관리 조직의 구성, 안전정책 수립 및 이행, 위험관리 절차 수립 및 이행, 안전 관련 책임/임무 정의에 있어 과학적이고 시스템적인 관리 및 이행을 목표로 하는 것으로 정의하고 있으며, 항공안전데이터와 정보의 수집, 분석, 공유 등을 통하여 사전예방형 안전관리 시스템 구축 및 운영에 관한 내용을 포함하고 있다[3].

항공안전관리체계(SMS)의 이행성숙도는 사고 및 준사고와 같이 사고 발생 후 원인을 조사하는 사후적 관리단계, 주요 사고 유발 원인을 사전에 파악하여 관리하는 선제적 관리단계, 그리고 사고를 사전에 예측하여 관리하는 예측적 관리단계로, 사후적 관리단계에서 점차 항공 사고가 발생할 수 있는 잠재적 요인을 예측하는 관리체계로의 발전을 목표로 하고 있다[4]. 즉, 데이터 기반 항공안전 관리 기술은 궁극적으로 항공시스템 전반에서 생성되는 다양한 데이터를 분석하여 직접적 사고 원인과 아직 드러나지 않은 잠재적 위해요인을 식별하고 관리함으로써 항공안전을 증진하고자 하는 기술이다.

미국·EU 등 항공 선진국의 경우 항공안전에 관한 사전적 예방을 위하여 다양한 형태의 정보수집 및 공유 등의 제도를 운영하고 있으며, 데이터 분석을 통하여 증거 기반 항공안전관리 정책을 수용 및 이행하고 있다.

우리나라도 2021년 5월 국토교통부에서는 데이터 기반의 과학적 의사결정을 통한 항공 사고 예방을 위하여 ‘항공안전데이터분석센터’를 운영한다고 발표하였다[5]. 이는 과거의 저장 용량의 한계,

데이터를 관리하는 기관 간 데이터 공유의 부재, 데이터 규모의 비정형화 등의 문제를 해결하여 빅데이터 기반의 데이터 분석에 따른 항공안전사고 사전 예측이 가능하게 될 것으로 기대된다.

본고에서는 항공운항에서 안전사고 사전 예측에 활용 가능한 항공데이터 종류 및 특성에 대하여 살펴보고, 이러한 데이터를 활용한 항공안전 위험요인을 도출할 수 있는 비행 단계 및 위험요인 이벤트 분석기술 개발 동향에 대하여 살펴본다. 항공이벤트 분석은 전통적인 분석 방법인 통계적 분석으로부터 데이터의 빅데이터화에 따른 기계학습 기반 분석에 대한 적용으로 확대되고 있다.

본고의 II장에서는 항공운항 중 항공위험상황 및 안전사고 정보 분석에 사용될 수 있는 항공안전 관련 데이터에 대하여 살펴보고, 데이터의 특징을 정리한다. III장에서는 항공안전 위험요인 이벤트에 대하여 살펴보고 방대한 양의 데이터 중 위험상황이 가장 많이 발생하는 항공안전 이벤트를 기반으로 데이터의 특성을 파악하고 위험상황 분석 가능 데이터에 대하여 살펴보고자 한다. IV장에서는 항공데이터 기반 안전 이벤트 분석기술 적용 동향과 기술 개발 방향을 정리한 후 V장에서 결론을 맺는다.

II. 항공안전 관련 데이터

항공안전 관련 데이터는 데이터 수집 시스템이 다양하며, 또한 수집된 데이터의 관리기관 및 데이터 종류가 다양하다. 각 수집데이터 관리기관별 데이터 수집 내용 및 시스템에 대하여 일부를 살펴보면 국토교통부에서는 NARMI와 ADAMS 시스템 등 다양한 수집 시스템을 통해 안전의무보고, 비행검사 관리, 관제업무 관찰 기록, 항공교통 안전 장애 데이터 등을 관리하고, 교통안전공단에서는

KARIS 시스템을 통해 항공안전자율보고 데이터를 수집하여 항공운행에서 발생한 위험상황 정보를 수집하고 있다. 한국공항공사와 인천국제공항공사에서 IFIS, ASDE 등의 시스템을 통하여 항공운행 현황, 공항별 안전지표, 비행 계획 및 항공통계 정보를 포함한 항공 비행정보에 대한 데이터를 관리하고 있다. 항공사에서는 FOQA를 통해 전 비행기록 자료, 항공사 안전지표, 등 항공 비행에 관련된 포괄적인 정보를 수집, 관리, 분석하고 있다. 지방항공청에서는 비행 감시자료 및 관제 상황 분석 등에 대한 데이터를 FDP, ARTS 시스템을 통하여 저장, 분석되고 있고, 다양한 데이터 형식으로 저장, 분석되고 있다. 수집데이터의 종류와 내용에 대하여 자세히 다음에서 살펴보고자 한다[4,6].

1. 레이더항적자료시스템(ARTS)

지방항공청에서 데이터 수집과 보관을 담당하는 레이더 항적 자료 시스템(ARTS: Automated Radar Terminal System)은 비컨코드가 배정된 항공기를 식별하고, 항공기 항적 및 비행자료를 처리하여 항공관제용 화면에 나타내는 시스템으로 항공 출·도착 관리, 공항운영, 항공교통량 측정 등에 의한 안정성 확보를 위하여 정보를 사용하고 있다. 레이더는 항공기의 현재 위치, 예상 위치, 현재 고도, 예상 고도, 비행속도, 상승률 및 하강률을 결정하여 항공기를 추적함으로써 충돌방지, 비상상태 등에 대한 경보기능을 갖추고 있다[7].

2. 항공교통업무 자료관리 시스템(ADAMS)

항공교통업무 자료관리시스템(ADAMS: Air Traffic Service Data Management System)은 항공교통통계자료, 관제사 이력, 비정상 상황 발생 내역 등

의 관제소 및 관제탑 항공교통관제 업무에 필요한 자료를 수집·관리·분석하는 국토교통부의 업무 시스템으로 항공기 사고·준사고 및 항공안전장해를 초래하기 전에 예방적으로 안전위험(Safety Risk)을 제거 또는 경감시키는 것을 목적으로 하는 시스템이다[8].

3. 비행자료/감시자료 처리 시스템(FDP/SDP)

비행자료/감시자료 처리시스템은 레이더 등 다양한 센서로부터 탐지 범위 안의 공간을 비행하는 항공기의 실제 위치와 가장 근접한 추정 위치를 결정하여 항공기 안전 운항을 보장하고 수용량의 조절을 통하여 원활한 항공교통관제를 할 수 있도록 필요 정보를 제공하는 시스템이다[6].

비행자료 처리시스템(FDP: Flight Data Processing)은 항공사에서 비행계획 및 운항 일정을 신청하면 이를 토대로 운항 일정이 생성되고, 공항의 운항 일정과 연계하여 항공기 안전 운항을 위해 비행전문, 관제사 입력 정보 등 비행자료 처리시스템을 통해 비행계획 데이터를 받아 비행자료를 생성하고 배포하는 시스템으로 항공기 위치 추정에 의한 항공기 트래픽 관리를 목적으로 한다[9].

감시자료 처리시스템(SDP: Surveillance Data Processor)은 공항 레이더에서 수신되는 레이더 신호 및 항공기 위치, 고도, 속도 등 감시자료, 비행계획 및 전문데이터, 항공기 항적 데이터, 관제 경보 및 상황관리 데이터 등 다양한 형태의 감시자료를 기반으로 항공기의 정확한 항적을 추적하여 항공운항 안전 정보를 제공한다.

4. 통합항공안전정보시스템(NARMI)

통합항공안전정보시스템(NARMI: National Avi-

ation Resource Management Information System)은 국내의 항공종사자의 편의성 증대를 목적으로 2006년 구축하여 운영 중인 시스템으로 항공운항, 관제·기술·자격관리, 공항·항행시설관리 등 항공안전에 관련된 18개 시스템을 통합/제공하는 시스템이다[10]. 현재 항공안전의무, 자율보고, 안전감독결과(운항, 정비, 위험물, 공항 등), 항공기 등록정보, 운항자격심사결과, 항공기인증이력, 온실가스배출량, 비행검사관리 등의 데이터를 제공하고 있으며, 향후 국가항공안전 프로그램을 제공하고자 준비 중이다[11].

5. 통합운항정보시스템(IFIS)

통합운항정보시스템(IFIS: Integrated Flight Information System)은 항공기 운항 스케줄 및 주기장 배정, 공항운영 정보, 이동지역 관리를 통하여 공항 전반의 원활한 운영을 할 수 있도록 핵심 정보를 관리하는 필수 시스템으로 공항운영업무의 여러 의사결정을 지원한다.

6. 자동종속감시방송시설(ADS-B)

자동종속감시방송시설(ADS-B: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)은 항공기 감시 정보를 일정 주기(1초)마다 지상의 항공교통 관제(ATC: Air Traffic Control) 및 다른 항공기에 자동으로 보고되는 항공기 감시체계로 항공기 통신두절 등과 같은 제한 사항을 최소한으로 줄이고, 항공기의 식별부호, 위치, 속도, 방향 등과 같은 항공관제 기능을 향상시켜 충돌을 방지할 수 있는 방송(Broadcast) 시스템이다[12].

ADS-B의 경우 아직 항공기 장착 의무화가 되어 있지 않은 관계로 관제 시스템이 아닌 참고 자료로

활용 중이다. 공중레이더 항적 자료와 별개로 독립적으로 운영되며, 지상의 도움 없이 항공기 스스로 인근 항공기의 위치를 알 수 있어 무인항공기에 활용을 적극 고려 중으로 이에 따른 무인항공 충돌방지 등의 연구가 활발히 진행 중이다. ADS-B에서 수집되는 데이터 포함 정보는 메시지 발생시간, 비행편명을 뜻하는 callsign, 비행고도와 비행위도/경도 정보, 속도(Ground Speed), vertical rate, 항공 식별을 위한 squawk code, 비행경로(Track Angle) 등의 정보를 포함하고 있다.

7. 항공자율보고시스템(KAIRS)

항공안전자율보고는 「항공안전법」 제61조를 근거로 잠재적 위해요인(Hazard)을 발굴하고, 항공안전을 저해하거나, 저해할 우려가 있는 사건이나 상태 또는 상황을 자율적인 보고를 통하여 이를 제도 운영기관에 보고하고, 운영기관은 보고서들을 종합적이고 전문적으로 분석한 후 보고자를 알 수 없도록 내용을 비식별화하여 항공종사자 및 관련 기관, 단체 등에 전파하여 개선방안을 마련하고 항공안전 사고를 사전에 예방하고자 하는 목적을 가지고 있는 시스템이다. 해당 보고서는 관계 종사자들이 안전 저해요인을 사전에 인지하고, 개선토록 하여 항공안전 사고를 예방하기 위한 제도이며, 조종사뿐만 아니라 관제사, 정비사, 객실승무원 등 항공분야 모든 종사자가 작성 대상이며, 자율보고 제보자에게는 기밀 보호 및 행정처분면제와 같은 면책의 원칙을 바탕으로 운영 중인 시스템이다[13].

8. 비행자료분석시스템(FOQA)

비행자료분석시스템(FOQA: Flight Operation Quality Assurance)은 비행품질보증을 의미하며, 항

공기 운항 중 기록된 모든 비행자료를 기록, 분석 및 가시화하는 수단으로 비행 중 조종사의 항공기 조작, 풍향 및 풍속, 지형, 착륙 시 G 값 등의 내용을 재현하여 비행안전, 운항효율성 및 정비효율성 향상 등을 위하여 데이터를 활용하는 자발적인 안전 프로그램이다.

운항 중 수집된 비행기록데이터를 사용하여 비행 중 발생하는 각종 이벤트에 따른 결점을 개선하여 사고를 예방하거나 안전에 대한 위협을 감소시키는 것을 목적으로 한다.

국제민간항공기구(ICAO) 부속서 6에 따라 민간 항공사는 FOQA를 의무적으로 실시하고 있고, 비행자료를 활용하여 항공안전을 증진하기 위한 자발적인 항공안전 프로그램으로 이를 위해서는 비처벌과 비공개라는 전제가 중요하게 여겨지고 있다.

FOQA는 기종, 연식, 항공사의 안전목표 등에 따라 수집되는 데이터가 다르지만, 항공기에 장착된 센서나 스위치 등을 통해 기본적으로 고도, 외기온도, 속도, Vertical G 값, Lateral G 값 등 약 1,000 개 이상의 데이터를 비행 중 수집하고, 수집된 데이터는 항공사에서 보관 처리되고 있다[10,14].

FOQA는 비행 중에 발생하는 각종 이벤트를 센서에 의하여 수집하므로 데이터의 객관성을 보장하는 특징을 가지며 FDM 또는 FDA라고도 한다 [15].

9. 항공기상관측장비(AMOS)

항공기상관측장비(AMOS: Aerodrome Meteorological Observation System)는 항공기의 안전한 이·착륙에 필요한 활주로 부근의 기상실황을 실시간으로 관측하여 제공하는 항공기상관측의 기본 장비로 비행시정, 활주로 가시 범위 측정 장치, 풍향,

풍속, 운고 등으로 구성되어 항공기 이·착륙에 영향을 주는 기상요소 발생 즉시 자동으로 수집, 처리, 송신하여 그 내용을 모니터 화면에 실시간으로 제공하는 특징을 갖는다.

항공기상관측장비에 의해 수집된 데이터는 공항별 표형식, 공항별 종합기상정보, AMS 기상전문 수신현황 정보를 포함한다.

항공기상관측장비에서 수집되는 자료는 항공기상청, 항공교통본부, 지방항공청, 공항운영자, 항공사 등이 사용하며, 시스템 데이터 운영관리는 항공기상청에서 담당하고 있다.

10. 항공기상청시스템

항공기상청시스템은 항공기상청에서 수집하는 데이터를 수집, 분석하고 최종 사용자(End User)에게 필요한 데이터를 제공하는 시스템으로 항공기상청이 수집하는 AMOS 자료(운고, 풍향, 풍속, 시정, 강우, 강설, 온도, 습도 등), 소형항공기 항공기상특보(AIRMET: Airmen's Meteorological Information), 전항공기 항공기상특보(SIGMET: Significant Meteorological Information), 공항기상레이더(TDWR: Terminal Doppler Weather Radar), 공항기상예보(TAF: Terminal Area Forecast) 등 항공기 종류 및 목적에 따라 다양한 기상정보를 포함하고 있다. 항공기상청은 항공특보, 항공예보, 항공실황, 도시별 날씨, 항공항행 기상정보 등의 데이터를 포함하여 항공안전에 주요한 항공기상 정보를 제공한다.

항공기상청시스템의 데이터는 항공기상청, 항공교통본부, 지방항공청, 공항 운영자, 항공사 등의 기관에서 활용하며, 시스템의 운영관리는 항공기상청에서 담당하고 있으며, 레이더, 낙뢰 등의 데이터는 기상청에서 담당하고 있다. 항공기상청에서 제공하는 항공운항지원 기상서비스에는 공

항 주변 기상상태뿐만 아니라 공항특보, 우주기상 주의보를 포함한 이벤트와 위성영상을 제공하고 있다.

11. 비행정보시스템(FOIS)

비행정보시스템(FOIS: Flight Operation and Information System)은 국내에서 운항하는 모든 민간 항공기의 운항관리에 필요한 각종 정보를 통합하여 항공행정업무의 효율성을 증대시키고, 비행정보구역 내 비행 관련 중요 숙지사항인 항공고시보(NOTAM), 비행 전 정보게시, 기상상황, 공항교통정보, 비행계획서 접수 및 승인 등 항공기의 안전한 운항에 관련된 모든 정보를 제공하는 시스템이다.

비행자료 변경 시 지속적으로 업데이트된 정보가 전송되어 저장되며 경량항공기 및 자가용항공기의 비행계획 신청 및 접수처리에 대한 데이터는 FOIS의 비행계획으로 저장되고 외부 사이트에서의 신청은 UbiKais 사이트를 통해 저장하는 등 정보 제공 기능을 주로 하고 있다. UbiKais는 유비쿼터스를 지향하는 대한민국 항공정보시스템으로 아날로그 항공정보 생산에서 디지털 항공정보 관리체제로 전환을 목적으로 하고 있다.

III. 항공안전 위험요인

국내 「항공안전법」 제1장 제2조(정의)에 따르면 “항공기사고”, “항공기준사고”, “항공안전장애”에 대한 용어를 정의하고 있으며, 항공안전장애의 “항공안전위해요인”, “위험도”, “항공안전데이터”에 대하여 정의하고 있다[16]. 앞 절에서 살펴본 항공안전의 유지 또는 증진을 위한 항공안전데이터와 정보의 수집, 분석, 공유 등을 통한 주요 사고

유발 원인을 사전에 파악하고 사고를 사전에 예측하여 항공안전에 대한 사전적 예방을 위하여 항공운행 중 위험 발생이 높은 비행 단계 및 항공안전의 주요 장애요인에 대한 분석이 요구된다. 이러한 분석은 사고 발생 후 원인을 조사하는 사후적 관리 단계에서 분석이 진행되고 있고, 사전 사고발생 예측을 위해서는 항공안전에 관련된 잠재적 위해요인 식별 및 항공 사고 위험과 관련성이 있는 위해요인 이벤트에 대하여 살펴보고 선제적 위험관리 및 위험 발생 가능성을 예측하는 데 활용하기 위해 분석해야 할 요인들에 대하여 알아볼 필요가 있다.

1. 비행 단계에 따른 위험 발생

국제항공운송협회(IATA: International Air Transport Association)에서 발표한 2018 연간보고서에 따르면 2012년도부터 2017년도까지 전 세계 비행사고 발생률을 2008년도와 비교하여, 사고율은 2008년 대비 70% 감소하는 추세이나 비행 단계별 위해요인에 따른 비행체 손실 및 동작 오류 발생률은 증가하고 있다고 하였다[17].

항공기 비행 단계는 대기(Standing), 지상할주(Taxi), 이륙(Takeoff), 초기 상승(Initial Climb), 순항(Enroute), 접근(Approach), 착륙(Landing)으로 사고 발생이 나타날 수 있는 7단계로 나누어 볼 수 있다. 항공 사고는 이·착륙과 접근 단계에서 많이 발생하는 것으로 통계적으로 분석되고 있다. Airbus에서 발표한 2001년도부터 2020년까지 사고 통계 결과를 살펴봐도 착륙 시 발생하는 사고가 우월하게 많음을 살펴볼 수 있다[18].

2. 항공안전 장애요인

항공안전의 장애요인은 크게 인적 요인, 기계적

요인, 환경적 요인 세 가지로 분류할 수 있다[10]. 인적 요인은 운항고도 미준수, 조종사 및 승무원의 조작 실수, 의사결정, 의사소통을 포함한다. 최근 코로나로 운항일정 축소에 따른 조종사들의 운항 축소로 인적 요인에 따른 안전사고가 늘고 있다[19]. 항공기 정비 및 연료 이상 등과 같은 기계적 요인, 항공교통관제, 공항시설, 기상 등에 따른 환경적 요인 또한 항공 사고 및 준사고 발생 가능성이 높은 장애요인으로 분류된다. 항공기 사고 유형은 크게 7가지로 분류할 수 있는데, 정상적으로 제어 중인 항공기가 의도치 않게 지면, 산 등 장애물을 향해 비행하여 기체가 파손되는 CFIT(Controlled Flight Into Terrain), 조종사가 조정능력을 상실하거나 의도한 대로 항공기가 조종되지 않는 상태인 LOC-I(Loss of Control In-Flight), 활주로 이탈(RE: Runway Excursion), 화재, 비정상적 활주로 접촉(ARC: Abnormal Runway Contact), 시스템/부품 고장 또는 오작동(SCF: System/Component Failure or malfunction), 활주로 장주 및 단주(USOS: Under-Shoot/OverShoot)로 나눌 수 있으며, 사고 유형에 따른 치명적 사고 및 기체손실사고 발생률을 2001년부터 2020년까지 Airbus에서 조사, 발표한 결과를 보면 치명적 사고의 경우 LOC-I와 CFIT가 대부분을 차지하고, 기체손실의 경우 활주로 이탈과 시스템/부품 고장 또는 오작동이 주요 원인으로 분류됨을 알 수 있다[20].

3. 항공안전데이터 기반 비행 단계 분석

항공 운행 중 위험 발생률이 높은 비행 단계와 항공 사고 유형별 사고 발생 원인에 대하여 살펴보았다. 이러한 사고 원인과 II장에서 살펴본 항공안전데이터를 기반으로 항공비행 단계별 획득 가능한 시스템 데이터의 분석 범위에 대하여 살펴보면

FOQA 데이터의 경우 비행운항에 관련된 비행 단계 대부분의 데이터를 비행기에 장착된 센서들로부터 수집 가능하여 비행 출발부터 도착까지의 모든 단계의 데이터 획득이 가능하다. ADAMS의 경우도 FOQA와 비슷하게 모든 비행단계의 데이터 획득이 가능하다. ADS-B와 ARTS의 경우 데이터 수집 방식의 특성상 비행 이륙, 순항과 하강 단계에서의 데이터 수집이 가능하다. 이처럼 수집되는 시스템에 따라 위험요인을 분석할 수 있는 데이터 활용 비행 단계 및 위험판단 범위를 알 수 있다. 하지만 연구단계에서 활용할 수 있는 데이터는 보안과 민간항공 관련 민감데이터로 활용이 어려워 일반적으로 쉽게 획득 가능한 기상정보 및 ADS-B 데이터를 활용하여 항공안전 위험요인을 분석하는 연구가 진행되고 있다.

IV. 항공안전 위험요인 분석 사례

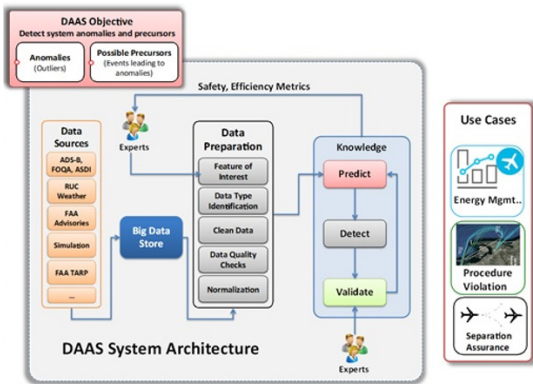
1. 기상정보기반 항공위험 분석

항공 사고 발생의 다양한 요인 중 하나로 고려되는 비행 기상상황에 따른 항공위험과 관련하여 2010년에 ASIAs에서 발표한 기상 조건에 따른 항공 사고 발생 간의 상관관계를 분석한 보고서에 따르면 바람(Wind)에 의해 발생된 위험상황 이벤트가 이·착륙 단계에서 주요 위험요인으로 판단되고, 강수(Precipitation), 안개, 등에 의한 비행가시거리 미확보에 따른 위험사고 발생이 빈번하다는 결론을 가졌다. 구체적 사고 발생 시 비행 기상 상황 각 카테고리에서 주요 위험요인을 2003년도부터 2007년도 NTSB 항공 사고 데이터를 분석한 결과를 보면 바람에 의해 발생한 사고의 비율이 전체 사고 발생 2천여 건 중 절반 이상을 차지하고 있고, 비행기로부터 지상이 보이는 최대고도에 따른 시야 미확보로 발생한 사고가 전체 사고의 12%를 차

지하는 결과를 보여주고 있다[21].

2. DAAS 프로젝트

DAAS(Data Analytics for Assurance of Safety)는 2016년부터 2019년까지 2단계로 미국에서 진행된 항공 안전 프로젝트로 현재 공공부문의 데이터뿐만 아니라 상용데이터 수용을 위한 목적의 3단계 프로젝트 진행 계획을 세우고 있다. DAAS는 NAS(National Airspace System)의 광범위한 종류의 데이터 특성을 정의하고 기계학습 알고리즘을 활용하여 효율적인 안전관리 및 안전사고예측이 가능한 실시간 항공안전보장 도구를 제공하는 것을 목적으로 시작되었다. DAAS Phase II 프로젝트는 갑작스러운 안전 위험 감지 및 원인을 파악하고, 착륙 동작 동안 안전을 확인하기 위한 다중 DAAS 기반 도구를 개발하여 실시간에 가까운 처리(Near Real Time) 시스템으로 비행 착륙상태를 온라인 안전보장 대시보드에 전달하여 사용자가 빠르게 상태를 스캔하는 것을 목적으로 개발이 진행되었다. 그림 1은 DAAS 시스템 구조 및 이 시스템을 활용한 응용을 설명하고 있다[22].



출처 Reprinted with permission from [22].

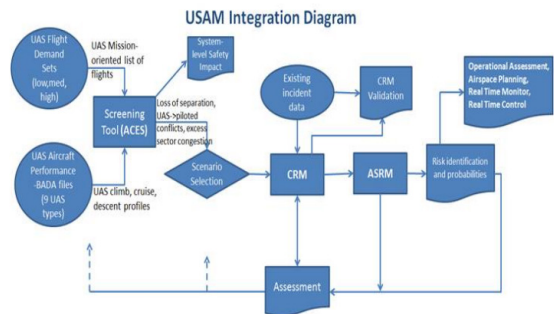
그림 1 DAAS 시스템 구조 및 응용

3. USAM 프로젝트

USAM(Uninhabited Aerial System Safety Analysis Model) 프로젝트는 항공교통이 2025년이 되면 유인항공기뿐만 아니라 무인항공기의 증가로 지금보다 50% 이상 복잡해질 것이라고 예측하고 시작된 프로젝트이다. USAM 프로젝트는 머지않아 무인항공기에 의한 위험상황 발생이 유인항공기에 의한 사고에 비해 빈번할 것이며 주요 사고 원인이 될 것으로 판단하고 무인항공의 안전과 충돌 위험에 대한 영향을 정의하였다. 또한, 무인항공기에 의해 발생할 수 있는 잠재적 위험 충돌 시나리오 15개를 작성하여 정의된 시나리오 각각에 대한 충돌사고 및 준사고 실제 데이터를 활용하여 CRM(Crew Resource Management)에 대한 동작 확인과 검증을 하는 시험을 진행하여 위험상황에 발생할 수 있는 동작에 대비하는 목적으로 프로젝트가 진행되었다. 그림 2는 USAM Phase II의 동작 다이어그램을 보여주고 있다[23].

4. RESA 프로젝트

RESA(Runway End Safety Areas) 프로젝트는 유럽



출처 Reprinted with permission from [23].

그림 2 USAM Phase II 동작

에서 진행된 것으로 이·착륙 시 활주로에서 발생하는 활주로 오버런(Overrun)과 활주로 미달(Undershoot) 위험상황 이벤트에 대한 위험평가를 진행하였다. 활주로 위치에 따라 위험상황 발생을 확률적 방법으로 접근하여 가장 효율적인 위험 수용 레벨을 획득하려고 하였다.

RESA는 4단계로 연구를 수행하였는데, 첫 번째는 NLR-ATSI 항공안전 데이터베이스에서 실제 활주로 오버런과 미달의 과거 데이터를 수집하고, 활주로 위험 이벤트와 관련된 데이터를 단일변수 분석을 통해 간단하게 평가하고, 분석된 결과를 확률계산모델을 활용하여 활주로에 항공기 위치의 확률적 상관관계를 분석 후 사전 규제에 대한 평가를 실행하는 과정을 진행하였다. 착륙 시 오버런의 주요 원인은 활주로가 비, 눈에 의해 미끄러울 경우와 장거리 착륙(Long Landing)의 경우 주로 발생하였고, 이륙의 경우 이륙결심속도 V1 이후 이륙 중단이나 조종사의 판단에 따른 이륙 포기, 이륙 점검 체크리스트를 따르지 않았거나 사용되지 않은 인적 요인에 의한 발생이 주요하였다. 활주로 미달의 경우 알려진 요인은 부정확한 높이 판단, 활공경로(Glide Path)를 유지하지 못하는 경우 주로 발생하였고, 기상상황과 시야 미확보에 의한 원인도 빈번했다[24].

현재 EASA에서는 활주로와 관련된 위험상황 범주를 확대하여 활주로 상황인식, 활주로 표면 상황 감지 등에 대한 연구를 진행할 계획이라고 발표하였다[25].

5. FOQA 데이터 기반 분석

유럽의 EASA와 국가항공관리국(NAA: National Aviation Authorities)으로 구성된 EAFDM(European

Authorities coordination group on FDM)에서는 항공안전 감시와 안전도 향상을 위한 주요 도구로 유럽 기준 FDM(Flight Data Monitoring) 위험정의를 위한 분석 기준을 제시하였다. 이러한 위험상황은 크게 활주로 이탈(RE), 공중충돌(MAC: Mid-Air Collisions), 지상충돌(CFIT), 비행 중 통제상실(LOC-I)이 발생하는 상태로 크게 나누고 위험상황 각각에서 발생할 수 있는 이벤트를 분류하고, 이벤트 판단기준이 되는 데이터 요소를 정의하였다[26]. 최근에는 머신러닝 알고리즘을 활용하여 항공안전 위험 이벤트를 분석 및 예측하는 연구가 진행 중이며, 상용화 제품 중 하나로 GE Digital의 flight analytics는 활주로에 항공기 꼬리가 부딪히는 테일스트라이크(Aircraft Tail Strike)를 정확하게 분석하는 기술을 가지고 있으며, FOQA 데이터를 분석하여 탄소 배출량을 줄이는 가이드라인을 제시하고 안전 위험상황 관리 및 예측 기능을 제공하여 사전예방을 시도하고 있다. GE Digital에서는 위험상황 관리를 위하여 비행 데이터 수집 다중 시스템을 활용하여 모니터링을 강화하고 비행운항의 동작 과정에서 수집된 정보를 분석하여 비행운항을 최적화할 수 있는 정보를 조정사에게 제공하는 방향으로 접근하고 있다. 즉, 자동화된 데이터 수집과 데이터 에러 정정을 통한 데이터의 질의 향상으로 항공조정사가 비행 시 효율적으로 도움을 받을 수 있는 데이터 분석결과 제공을 시도하고 있다[27]. Aerosight사의 aerosight FDM은 주기적인 안전 보고를 제공하고, 안전과 관련된 데이터의 통계 처리 통해 사용자가 최소한의 접근으로 요구하는 데이터를 효율적으로 제공받을 수 있도록 직관적인 웹 인터페이스를 제공하여 비행 후 안전상태 점검 및 분석, 엔진 상태 모니터링 등의 정보를 제공하고 있다[28].

6. AI 기반 분석

빅데이터와 AI(Artificial Intelligence) 기반의 항공 안전데이터 분석에 대한 관심은 항공교통제어, 조종석에서 조정사가 효과적이고 효율적인 비행 절차 수행관리, 항공 정비에서 발생할 수 있는 잠재적 문제점을 다루는 데 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한, 비행 레이다와 날씨 정보를 기반으로 시시각각 변화하는 날씨와 풍속 정보를 예측하여 비행계획(Flight Plan)에 대한 최적의 경로를 제시받음으로써 연료 손실 및 탄소배출을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 항공 사고가 잦은 착륙단계 시 활주로 길이, 접근 속도, 항공기 무게, 날씨 조건을 고려하여 비행기가 착륙하기에 적절한 조건인지를 사전예측하여 착륙복행(Go Around) 및 활주로 오버런을 선언할 것인지 조정사의 단독 판단이 아닌 AI 기반 데이터 분석으로 가이드라인 및 판단에 필요한 정보를 사전 제시해 줄 수 있을 것으로 기대된다[29]. 항공교통관리 측면에서의 AI는 비행계획, 활주로 및 비행 중 충돌예측, 비행 안전평가에서 아주 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 유럽의 유럽항공안전기구 Eurocontrol에 의해 개발되고 관리하고 있는 BADA(Base of Aircraft Data)는 항공교통관리를 위하여 항공 항적 시뮬레이션과 예측을 위하여 설계된 모델로 유럽에서 운항 중인 다양한 항공편에 대하여 최적화된 항적을 제시하는데 AI 알고리즘을 적용하여 우수한 성능을 보이고 있으며, 최적의 항적 예측에 따른 비행지연 감소 효과와 활주로 복잡도 예측 등에 활용되고 있다[30].

V. 결론

지금까지 항공안전을 위하여 활용될 수 있는 항

공안전데이터의 종류를 살펴보고, 항공안전데이터 중심의 항공위험요인 분석 및 기술 개발 동향에 대하여 살펴보았다. 빈번하게 발생하는 자동차 교통사고에 비해 항공 사고의 빈도수는 적으나 한 번의 사고로 발생하는 피해의 정도는 상상할 수 없을 정도로 크며, 이로 인해 항공안전의 중요성은 재차 강조하여도 부족하지 않다. 항공위험에 대한 사후 조치로 동일한 사고가 발생하지 않도록 사례공유, 위험상황 제시 등의 노력을 시작으로 다양한 방법으로 수집되는 항공안전데이터의 빅데이터화와 인공지능 기술의 발전으로 사고가 발생하기 전 사고 위험요인을 예측하는 방향으로 항공위험사고 데이터 분석이 진행되고 있다. 최근 ADS-B 데이터 기반의 항적데이터의 이상치 검출 및 에너지 이상치 검출에 대한 연구로 약속된 비행경로를 벗어나는 경우를 검출하고, 이에 대한 원인을 항공기상 정보 및 이전 항공데이터를 기반으로 예측하는 기술이 연구되고 있다.

자율주행자동차와 같이 비행자동조정 및 비행 조건에 따른 자동착륙 조정을 위한 모든 시스템의 자동운행보다 항공교통관리 및 항공기 유지관리 등을 위한 항공안전 데이터 분석의 접근 기술 발전이 빠를 것으로 보인다. USAM 프로젝트에서 항공교통혼잡에 영향을 미치는 주요 요인으로 유인항공기의 활발한 운항뿐만 아니라 무인항공기의 급작스러운 운항의 증가로 이에 따르는 항공교통관리 방법 및 위험요인 분석에 대한 접근 연구가 요구될 것이다. ADS-B 데이터는 무인항공기의 운항 중 충돌방지, 항로정보 공유 등을 위한 주요 데이터로 활용될 것으로 보인다.

2021년 5월 국토교통부에서 발표한 항공안전데이터분석센터의 운영은 분산 관리되고 있는 우리나라 항공안전데이터의 통합 효과와 인공지능기반 항공위험요인 및 상황 예측을 위한 연구로 선진

국에서 앞서 진행된 연구개발 방향과 함께 할 것이며 기술의 발전을 이끌 것으로 기대된다. 가까운 미래에는 부조종사가 필요 없이 한 명의 조종사와 AI 시스템이 함께 비행하는 시대가 도래할 것으로 예측하고 있는 만큼 항공안전데이터 분석에 대한 활발한 연구가 요구된다.

용어해설

항공안전데이터 항공안전의 유지 또는 증진 등을 위하여 사용되는 자료로, 항공기 등에 발생한 고장, 결함 또는 기능장애에 관한 보고, 비행자료 및 분석결과, 보고자료, 항공 사고조사에 따른 조사결과, 항공안전 활동 과정에서 수집된 자료 및 결과보고, 기 상업무에 관한 정보, 공항운영자가 항공안전관리를 위해 수집·관리하는 자료, 항공안전을 위해 국제기구 또는 외국정부 등이 우리나라와 공유한 자료 등 국토교통부령으로 정하는 자료

항공안전위해요인 항공기사고, 항공기준사고 또는 항공안전장애를 발생시킬 수 있거나 발생 가능성의 확대에 기여할 수 있는 상황, 상태 또는 물적·인적 요인

위해요인 인명의 부상, 사망 등 피해, 시스템 장비, 재산 등의 손실을 초래할 수 있는 현존하거나 잠재적인 원인 또는 요인을 분석하기 위한 초도분석

약어 정리

ADAMS	Air Traffic Service Data Management System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast
AI	Artificial Intelligence
AIRMET	Airmen's Meteorological Information
AMOS	Aerodrome Meteorological Observation System
ARC	Abnormal Runway Contact
ARTS	Automated Radar Terminal System
BADA	Base of Aircraft Data
DAAS	Data Analytics for Assurance of Safety
EAFDM	European Authorities coordination group on FDM
EASA	European Aviation Safety Agency

FDA	Flight Data Analysis
FDM	Flight Data Monitoring
FDP	Flight Data Processing
FOIS	Flight Operation and Information System
FOQA	Flight Operation Quality Assurance
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFIS	Integrated Flight Information System
LLWAS	Low Level Wind Shear Alert System
LOC-I	Loss of Control In-Flight
NARMI	National Aviation Resource Management Information System
NAS	National Airspace System
RE	Runway Excursion
RESA	Runway End Safety Areas
SCF	System/Component Failure or Malfunction
SDP	Surveillance Data Processor
SIGMET	Significant Meteorological Information
SMS	Safety Management System
TAF	Terminal Area Forecast
TDWR	Terminal Doppler Weather Radar
UAS	Uninhabited Aerial System
USAM	UAS Safety Analysis Model
USOS	Undershoot/Overshoot

참고문헌

[1] 국토교통부, “항공교통,” e-나라지표, 2021.
 [2] 항공정보포털시스템, 항공시장동향 제107호, 2021. 5.
 [3] 김은정, “항공안전데이터 보호제도 도입 방안 연구,” 항공우주 정책·법학회지, 제33권 제1호, 2018. 4. 27.

- [4] 한국과학기술원, "빅데이터 기반 항공안전관리 기술 개발 기획 최종보고서," 2018. 9.
- [5] 대한민국정책브리핑, "27일부터 항공안전데이터분석센터를 운영합니다," 2021. 5. 26.
- [6] 인천산학융합원, "국가적 차원의 항공 사고 및 장애 대응을 위한 빅데이터 기반 지능형 항공안전관리 시스템 기술 개발," 2020. 4.
- [7] [별표] 설치 및 기술기준(항행안전무선시설의 설치 및 기술 기준), <https://www.law.go.kr/LSW/admRulInfoP.do?admRulSeq=65669>
- [8] 항공교통업무자료관리시스템(ADAMS) 운영규정, 국토교통부 훈령 제733호, 2016. 8. 2.
- [9] 이성현 외, "비행자료처리시스템에서의 항공기 위치 추정에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 2009 추계종합학술대회, 2009, pp. 871-872.
- [10] 박진서 외, "항공분야 빅데이터의 정책적 활용방안 연구," 항공교통연구원 기본연구보고서, 2014. 10.
- [11] 통합항공안전정보시스템, <https://www.esky.go.kr/>
- [12] <https://ko.wikipedia.org/wiki/ADS-B>
- [13] 항공안전자율보고제도, <https://www.airsafety.or.kr/airsafety/page.do?cntNo=0010>
- [14] 인천산학융합원, "항공분야 데이터 접근성 및 활용성 분석 및 명확화," 빅데이터 기반 항공안전 관리 기술 개발 및 플랫폼 구축, 2020. 11.
- [15] <https://scheryx.tistory.com/295>
- [16] 국토교통부, "항공안전법 [법률 제17613호]," 2020. 12. 8.
- [17] IATA, "Annual Review 2018: Flying safety—The number one priority," in Proc. Annu. Gen. Meet. 2018, (Sydney, Australia), June 2018.
- [18] <https://accidentstats.airbus.com/statistics/accident-by-flight-phase>
- [19] https://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/988128.html
- [20] Airbus, <https://accidentstats.airbus.com/statistics/accident-categories>
- [21] ASIAs, "Weather-related aviation accident study 2003-2007," Feb. 2010.
- [22] NASA TechPort, <https://techport.nasa.gov/view/93435#stage>
- [23] NASA TechPort, <https://techport.nasa.gov/view/18041#stage>
- [24] EASA, "Study on models and methodology for safety assessment of Runway End Safety Areas(RESA)," July 2014.
- [25] EASA, "Horizon europe work programme 2021-2022," June 2021.
- [26] EASA, "Developing standardised FDM-based indicators: Focus on operational risks identified in the european plan for aviation safety," ver. 2, Dec. 2016.
- [27] <https://www.ge.com/digital/applications/flight-analytics/safety-insight>
- [28] <https://aero-sight.com/flight-data-monitoring>
- [29] <https://analyticsindiamag.com/how-the-aviation-industry-joining-hand-with-ai-to-improve-air-safety/>
- [30] <https://www.eurocontrol.int/news/bada-atms-most-comprehensive-aircraft-performance-model-just-got-even-better>