Original Article

https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.4.123
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

학생조종사의 수동조작 기량과 상황인식 역량에 따른 시선 움직임 연구

권문진*, 이장룡**

A Study on the Eye Movement according to the Student Pilot's Manual Operation Skills and Situation Awareness Competency

Moonjin Kwon*, Jang Ryong Lee**

ABSTRACT

This study analyzed the characteristics and differences in eye movements based on the manual control abilities and situation awareness of student pilots. The results revealed a strong correlation between situation awareness and flight performance, with level 2 (Comprehension) of situation awareness particularly reflecting overall situation awareness ability. This finding suggests that the capacity to not only perceive information but also to understand and interpret its significance is crucial in aviation. Eye-tracking analysis showed that student pilots with more advanced flight skills process speed information more efficiently and demonstrate higher situation awareness through active saccades between instruments. This suggests the importance of efficient visual attention distribution and visual scanning patterns. It implies that the ability to quickly and efficiently gather and process necessary information, rather than merely looking at instruments, is critical.

Key Words : Situation Awarness(상황인식), Eye-Tracking(시선추적), Pilot Training(조종사 훈련), SAGAT(상황인식능력평가), Basic Aircraft Training Device(기본비행훈련장치)

Ⅰ. 서 론

항공안전은 항공산업에서 최우선으로 관리해야 하는 핵심과제로서 다양한 연구가 진행되고 있는 분야이다. 특히, 항공사고를 유발하는 요인 중 비행 중 조종능력 상실(LOC-I, loss of control in-flight)과 조종사의 상황인식 역량에 대한 연구가 중요한 요소로 주목받고 있다. 2019년 국제항공운송협회(IATA) 보고서에 따르면 LOC-I는 전체 항공사고의 약 8%에 불과하지만, 사망자는 약 60%를 차지할 정도로 치명적이라고 하였다(IATA, 2020). 또한, 호주 교통안전국(ATSB, Australian Transport Safety Bureau)이 제출한 항공기 사고 및 준사고 보고서의 약 85%는 상황인식 상실에 의한 사고를 언급하고 있다(FSF, 1988).

이처럼 항공기의 안전 운항을 위해서 조종사의 기량과 역량은 매우 중요한 요소이며, ICAO는 안전하고 효율적인 비행 운영을 위해 조종사가 갖춰야할 8가지의 핵심역량(core competency)을 Table 1과 같이 제시하였는데, 여기에도 상황인식(situation awareness)이 중요한 핵심역량 요소로 언급되고 있다(ICAO, 2015).

Received: 11. Dec. 2024, Revised: 17. Dec. 2024, Accepted: 20. Dec. 2024

* 한국항공대학교 항공운항관리학과 박사과정
** 한국항공대학교 항공운항학과 교수
연락저자 E-mail : jrherky@kau.ac.kr
연락저자 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76, 본관 524호

Table 1. Pilot's core competencies

Core competencies	Description
Application of procedure	적절한 지식을 이용하여 절차와 규정을 이해하고 적용하는 능력
Communication	정상, 비정상 상황에서 효과적인 구두 또는 비구두적, 서면상 의사소통 능력
Aircraft flight path management, automation	자동조종을 이용해 항공기의 비행경로를 조정할 수 있는 능력
Aircraft flight path management, manual control	수동조작을 통해 항공기의 비행경로를 조정할 수 있는 능력
Leadership and teamwork	효과적인 리더쉽과 팀워크를 보여주는 능력
Problem solving and decision making	위험요소를 정확히 파악해 문제를 해결하고, 적절한 의사결정 과정을 사용하는 능력
Situation awareness	주어진 정보를 인지하고 이해하여 항공기 운용에 어떤 영향을 주는지 예측하는 능력
Workload management	어떠한 상황에서도 작업의 우선순위를 정하고 수행할 수 있도록 주어진 자원을 효과적으로 관리하는 능력

조종사의 핵심역량은 항공기 운항 중 예측 가능한 상황뿐 아니라, 예기치 못한 상황에서도 대처할 수 있도록 실제 비행 업무와 관련성이 높고, 관찰 가능한 행동 지표로 구성되어 있다. ICAO는 이러한 조종사의 역량을 지식(knowledge), 기술(skill), 태도(attitude) 등으로 구분하고, 이를 통합적으로 관리하고 평가할 수 있는 역량기반의 훈련도구와 방법론을 지속적으로 개발하고 있다(ICAO, 2013).

항공기 수동조작 기량과 상황인식 역량은 LOC-I와 밀접하게 관련되어 있으며, 조종훈련 입문과정에서부터 반드시 습득해야 하는 중요한 요소이다. 특히 일반항공(general aviation)에서 LOC-I는 가장 치명적인 사고로서 2021년 미국에서 이륙 및 상승 중 발생한 중 LOC-I 사고가 43건으로 가장 많았고, 이중 이륙 중 실속(stall)에 의한 사고가 30건이었으며, 실속 사고의 13건(43%)에서 사망자가 발생하였다(Fig. 1).

이에 미국 국가교통안전위원회(NTSB, National Transportation Safety Board)는 LOC-I 사고를 줄이기 위한 시나리오 기반의 기량훈련 강화와 조종사 상황인식 역량 향상의 중요성을 강조하고 있다.

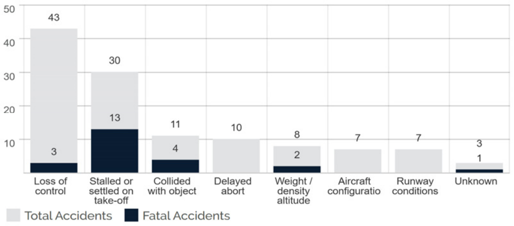

Fig. 1. Type of take-off and climb accidents (2021 non-commercial fixed-wing)

조종사의 비행운영 역량은 개개인이 지닌 기본 자질에 따른 차이를 보이기도 하지만, 교육과 훈련을 통해 조종 기량과 상황인식 역량이 향상 가능하다고 알려져 있으며, 이를 위한 교육과정 및 훈련프로그램 개발도 지속적으로 이뤄지고 있다.

주어진 비행을 완벽하게 수행하기 위해서는 항공기의 자세와 상태를 정확하게 인식(cognition)하는 것이 중요한데, 여기에는 필요한 정보를 획득하는 지각(perception) 과정이 필요하며, 이 때 가장 큰 역할을 하게 되는 감각이 시각이다. 선행연구에 따르면 Lawrence(2010)는 인간이 정보를 습득하는데 있어 시각(sight)이 차지하는 비율은 약 83%에 달하고, 이는 조종사가 비행과 관련된 정보를 획득하여 상황을 인식할 때 시각 정보가 절대적 비중을 차지한다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

이에 본 연구는 학생조종사의 항공기 수동조작 기량과 상황인식 역량 수준에 따른 그들의 시선 움직임 특징을 고찰해 보고, 이를 통해 학생조종사 교육과정과 훈련프로그램에 시각정보를 활용한 효과적인 교육훈련 방법을 모색하고자 수행되었다.

II. 이론적 배경

2.1. 상황인식(Situation Awarness)

Ensley(1995)는 조종사의 상황인식(situation awareness)을 멘탈모델(mental model)에서 시작되는 주의, 인지, 의사결정 등을 포함하는 중요한 정보처리 기능이라고 하였다.

Ensley(1987)는 또한 인간의 상황인식이 3단계 모델로 구성된다고 하였으며, 여기에는 Fig. 2와 같이 외부 환경 요소(색, 위치, 속도, 크기 등)나 데이터, 정보의 변화 등 신호를 지각(perception)하는 1단계, 외부 상황 및 정보가 의미하는 바와 중요한 사항을 전체적인 그림 형태로 이해(comprehension)하는 2단계, 그

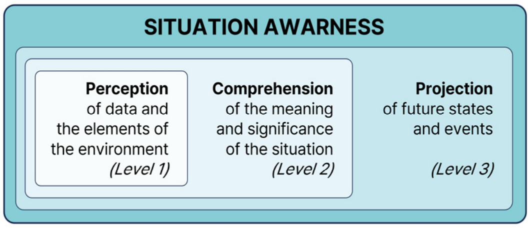

Fig. 2. Endsley's model of situation awareness

리고 가까운 미래의 상태나 정보가 어떻게 변화할 것인지 예측(projection)하는 3단계가 포함된다.

추가하여 Ensley는 개인의 목표, 기대, 경험 등이 상황인식 역량에 영향을 미치며, 주의력과 작업기억(working memory)이 상황인식에 주요 제한 요소로 작용한다고 하였다.

2.2 상황인식 역량 측정도구

Ensley는 상황인식 수준을 측정하기 위하여 SAGAT (situation awareness global assessment technique)라는 질문형 평가도구를 개발하였는데, 이 도구는 조종사가 모의비행훈련을 진행하는 도중 특정 시점에서 당면한 상황을 인식하고 문제를 해결하도록 요구하며, 이를 정량화함으로써 해당 조종사의 상황인식 수준을 측정한다. 이 방법은 객관적이고 직접적인 측정방법으로 알려져 있으며, 모의비행훈련 중 무작위 시점에서 비행상황을 일시정지(freeze)한 후, 사전에 준비된 평가문항 질문을 통해 상황인식 3단계를 포괄적으로 측정한다. SAGAT의 상황인식 수준 평가 문항 예시는 Table 2와 같다(Bolstad, 2010).

2.3 시선추적(Eye-Tracking)

아이트래커(eye-tracker)는 사람이 무엇을 보는지 확인할 수 있는 도구이며, 아이트래커를 이용하여 측정할 수 있는 데이터 중 가장 많이 활용되는 것이 응시(fixation) 데이터이다(Kim, 2017). 이 데이터를 근거로 응시 시간(fixation time), 응시 횟수(number of fixation), 최초 응시(first fixation) 지점, 진입시간(entry time) 등의 지표를 추출할 수 있다. 또한, 시야 주변의 물체에 빠른 속도로 시선을 위치시키는 시선 도약(saccade), 눈 깜빡임(blink), 동공의 크기(pupilometer) 등도 함께 측정할 수 있다(Table 3).

시선 도약이 일어나는 동안에는 시각적 정보 처리가 거의 일어나지 않아 유용한 의미로 해석될 수 있으며,

Table 2. SAGAT queries

No.	Query
1	What is the current heading of your aircraft?
2	What is the current altitude of your FIGURE Main screen for the attention sharing training module. aircraft?
3	How does your current altitude compare to your planned altitude at this point?
4	What is the indicated airspeed of your aircraft?
5	What is the current attitude of your aircraft? (pitch)
6	What are the current winds?
7	Are you in conformance with your current clearance for this phase of flight?
8	Are you on time?
9	What is your indicated fuel?
10	How far away is a special use airspace from you?
11	Is a change in path or altitude needed to avoid obstacles or terrain?
12	Is a change in path or altitude needed to avoid restricted or special use airspace?
13	What is your current altimeter setting?
14	How does your planned ground speed compare to your current ground speed at this point?
15	What air traffic control (ATC) organization are you currently in contact with?

Table 3. Eye-tracker data

Data	Definition
응시 시간[ms] (Fixation time)	특정 지점에 100ns 이상 시선이 고정된 시간
응시 횟수 (Fixation count)	특정 지점에 100ms 이상 시선이 고정된 횟수
주시 시간[ms] (Dwell time)	특정 지점에 시선이 머무른 시간
시선 도약 횟수 (Saccade count)	한 지점에서 다른 지점으로의 시선 움직임 횟수
시선 도약 속도 (Saccade velocity)	한 지점에서 다른 지점으로의 시선 움직임 속도
시선 이동 경로 (Scanpath)	AOI 간 시선 움직임 패턴

주의 획득력에 따라 도약 속도는 달라질 수 있다. 아울러 시선 이동 경로(scan path)는 사람들이 시각정보를 어떠한 순서로 탐색하는지를 분석하고자 할 때 유용한 자료로 사용되며, 주시 시간(dwell time)은 주의를 기울이는 과정에서 나타나는 시각 반응을 측정한 데이터를 의미한다(Kim, 2017).

2.4 선행연구 고찰

자가용 조종사 자격증명과정 학생의 상황인식 역량을 고찰했던 Moon(2020)은 인코딩 기법을 활용한 비상상황 교육자료 학습이 상황인식능력 향상에 긍정적 영향을 미친다는 것을 확인하였고, 특히 상황인식능력 중 예측능력에 유의미한 변화가 있었다고 하였다.

Yu(2014)는 전투기 조종사를 대상으로 공대지 임무 수행 중 조종사의 시선 패턴을 아이트래킹 기술을 이용한 후 분석하여 비행 단계별 시선 고정 비율에 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

Misra(2020)는 운송용 항공기의 시계접근(visual approach) 중 시각적 인식 실패로 발생한 사고의 위험요인을 평가하고, 시각적 인식 능력을 제한하는 요인으로 승무원자원관리(CRM) 부족, 피로, 업무 과부하 등을 제시하였으며, 이러한 요인들로 인해 결국 조종사의 비행 중 상황인식이 상실되어 사고로 이어지게 되었다고 하였다.

따라서 본 연구는 학생조종사 또한 그들의 항공기 수동조작 기량과 상황인식 역량 수준에 따라 시선 움직임의 특징이 다르게 나타날 수 있을 것으로 예상하였고, 이를 확인하기 위해 기본비행훈련장치를 통해 학생조종사들의 수동조작 기량과 상황인식 역량이 시선 움직임과 어떠한 관계가 있는지를 고찰하고자 한다.

Ⅲ. 연구설계

3.1 연구모형

선행연구 고찰에 기초하여 본 연구는 학생조종사의 비행기 수동조작 기량과 상황인식 역량 수준에 따른 시선 움직임의 특징을 파악하고자 아래와 같은 연구 질문(research question)에 대한 답을 확인하고자 한다.

1. 참가자들의 수동조작 기량은 그들의 상황인식 역량과 양(+)의 관계를 가질 것이다.
2. 참가자들의 수동조작 기량 수준에 따른 시선 움직임에는 특징이 있을 것이다.

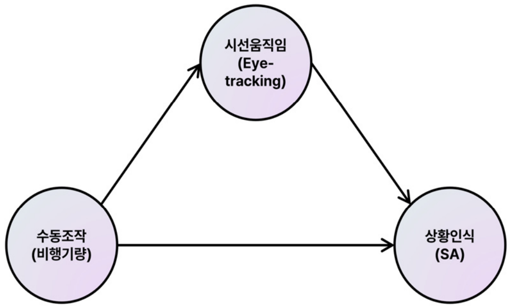

Fig. 3. Research model

3. 특정 시선 움직임 패턴은 상황인식 역량이 높은 참가자들에게 나타날 것이다.

본 연구 목적을 달성하기 위해 수립한 연구모형은 Fig. 3과 같다.

3.2 실험방법

3.2.1 실험 대상 및 참가자

실험 대상은 기본비행훈련장치(BATD; basic aviation training device) 실습 경험이 있는 학생조종사로 한정하였고, 아래 조건에 해당하며 기본비행훈련장치에 대한 친숙도와 이해도가 높은 지원자 중 무작위 선정한 20명을 참가자(표본)로 선정하였다.

- 조건1 : 항공운항학과 재학생
- 조건2 : ‘모의비행실습’ 과목을 수강한 자
- 조건3 : 모의비행훈련장치 경험이 최소 30시간 이상인 자

3.2.2 실험 시나리오

실험에 적용한 비행 시나리오는 시계비행(VFR)으로 조종사 양성훈련 입문단계에서 이뤄지는 4 Basic을 포함하는 장주비행(traffic pattern)을 기반으로 하였다.

실험이 진행된 공항은 참가자가 친숙하게 느낄 수 있도록 모의비행실습 과목에서 가장 많은 이착륙을 실시한 김포공항(RKSS) 활주로 14L를 대상으로 하였다.

또한, 강의를 통해 장주비행 절차를 사전에 습득하였으며, 실험 전 충분한 연습시간을 제공하였다.

모의비행 수행 과목으로는 이륙(take-off), 상승 및 선회(climb & turn), 수평비행(level flight), 강하 및 선회(descent & turn), 강하(descent), 급선회(steep turn), 비상상황(emergency situation) 등을 포함하였다(Fig. 4).

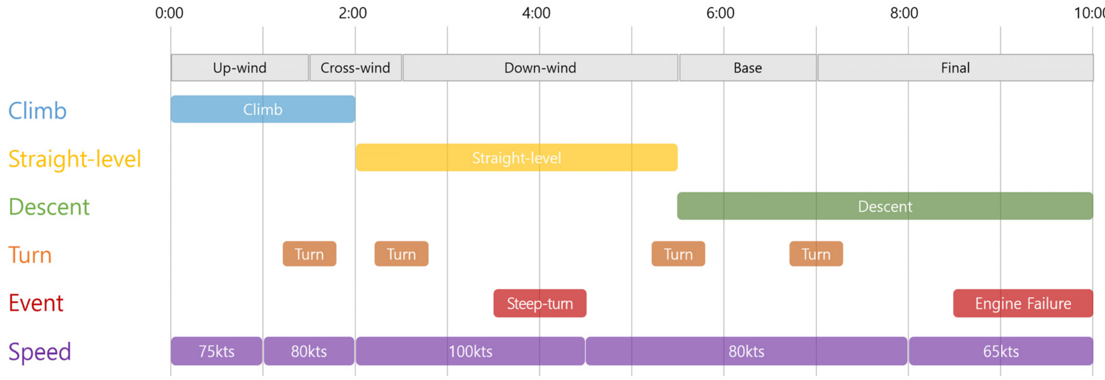

Fig. 4. Experiment flight scenario

3.3 측정 도구 및 방법

실험에 사용된 기본비행훈련장치는 Redbird TD2 이며, 장치에 탑재된 계기 화면(display)은 Garmin사의 G1000 Glass Cockpit이었다.

아이트래킹에 사용된 장비는 Senso Motoric Instrument GmbH 사의 REDn Scientific이었고, Redbird TD2 주 화면에 아이트래커를 고정시켜 1초에 60개의 시선 데이터를 수집하였다. 본 연구에서는 응시 시간, 응시 횟수, 주시 시간, 시선 도약 횟수, 시선 도약 속도, AOI(area of interst)[1] 별 시선 이동 경로 데이터를 수집하였다(Fig. 5).

아이트레킹 데이터는 정확도 및 신뢰도를 고려하여 전체 실험시간 대비 시선이 측정된 비율(tracking ratio)이 70% 이상이고, 시선의 X, Y 측정편차(eye deviation)의 결과가 5° 이내인 11명의 시선 움직임 자료를 사용하였다.

상황인식 수준 평가를 위해 실험 참가자들은 장주비행 절차를 수행하는 과정에서 현재 항공기의 자세와 상태, 주어진 상황에 대한 인지(상황인식 1단계), 이해(상황인식 2단계)와 관련된 SAGAT 평가 질문에 구두로 답변하였고, 사후평가를 통해 예측(상황인식 3단계)에 관한 답변을 제출하였다.

Fig. 5. Area of interest (AOI)

1) AOI는 C172 Garmin 1000의 계기별로 구분함.

수동조작 기량에 관한 평가는 항공종사자 자격증명 실기시험표준서(PTS, practical test standard)의 자가용 조종사(육상단발) 평가기준에 따라 시나리오 단계별로 비행 기량을 평가하였다(Table 4)(TS, 2021).

3.4 분석방법

본 실험을 통해 총 3가지 유형의 데이터를 측정하였으며, 각 데이터별 세부 항목 간 전체 상관관계를 살펴보았고, Pearson 상관 분석을 통해 인자별 상관성이 0.8 이상 나타나는 항목을 선별하여 상관계수를 확인하였다(Fig. 5).

- 수동조작 : 장주비행을 수행하는 동안 표준실기기준(PTS)에 의한 비행기량 평가
- 상황인식 : SAGAT 평가방법을 이용한 인지도(1단계), 이해도(2단계), 예측(3단계) 평가
- 시선 움직임 : 아이트래커를 이용한 실험 참가자별 총 6가지 시선 움직임 데이터 수집

실험 결과 분석은 통계분석 프로그램인 R 4.4.1을 이용하였다.

Ⅳ. 연구 결과

4.1 실험 결과

Fig. 6, 7, 8, 9는 실험에 참여한 학생조종사의 시선 움직임 데이터를 확인한 결과이다. Fig. 6은 이륙 활주

Table 4. Practical test standard (PPL)

Data	Criteria
Traffic pattern	비행장주 절차 수행, 장주고도의 ±100피트 이내, 속도 ±10노트 이내 유지 등
Take-off	이륙지점으로의 지상활주와 활주로 중심선에 정대, 권고된 속도에서의 rotation 및 상승, Vy로의 증속 및 비행자세, +10노트/-5노트 안전 기동고도까지 이륙출력 유지 등
Landing	접지지점을 향한 slipping 자세를 만들고 권고된 접근 및 착륙 configuration과 속도를 유지하며, 요구되는 비행자세와 적절한 출력의 조절 등
Go-around	착륙을 위한 접근시 적절한 복행시키의 판단, 즉각적인 이륙출력 사용, Vy나 +10/-5를 얻을 수 있는 상승 피치자세 전환, 가급적 다음 접근을 위한 플랩 위치 올림, 안전기동고도까지 이륙출력 유지하고, 이후 비행장주를 위한 적절한 속도와 출력 조절 등
Steep-turn	Va 속도 내에서 지정된 속도 유지, 유연하고 균형되게 45°±5° 경사 유지하며, 급선회 360° 실시 후 시작침로의 ±10° 이내 롤 아웃, 처음 고도의 ±피트, 속도 ±10노트 이내 유지 등
Straight-level flight	적절한 계기확인(cross-check), 판단(interpretation), 조화된 비행,기 조종 등을 통하여 직진 수평비행 유지, 고도의 ±200피트, 침로 ±20°, 속도 ±10노트 이내 유지
Constant speed climb	지정된 상승 configuration 수립, 적절한 계기확인(cross-check), 판단(interpretation), 조화된 비행기 조종 등을 통한 지정된 침로로 상승피치 자세로 전환과 출력 조절, 지정된 고도에서 수평 비행조작 및 고도 유지, 고도의 ±200피트, 침로 ±20°, 속도 ±10노트 이내 유지
Constant speed descent	지정된 강하 configuration 수립, 적절한 계기확인(cross-check), 판단(interpretation), 조화된 비행기 조종 등을 통한 지정된 침로로 강하피치 자세로 전환과 출력 조절, 지정된 고도에서 수평 비행조작 및 고도 유지, 고도의 ±200피트, 침로 ±20°, 속도 ±10노트 이내 유지
Emergency	가상의 비상시 상황분석과 적절한 조치

과정에서 Vr 속도(55kts)를 확인하기 위해 속도계에 시선이 머무르고 있는 순간이며, Fig. 7은 급선회 기동 중 지시받은 각도 45°를 유지하기 위해 Bank 계기에 시선이 고정되고 있는 모습이다. Fig. 8은 강하단계에서 장주비행의 Base 구간에 진입하는 모습으로서 MFD를 통해 공항의 위치를 파악하고 있는 것을 보여주고 있다. Fig. 9는 주어진 비상상황에서 원인을 파악하지 못하고 속도계에만 시선이 고정(fixation)되어 있는 모습이다.

Fig. 6. Eye-tracking data during take-off

Fig. 7. Eye-tracking data during steep-turn (Focus map)

Fig. 8. Eye-tracking data during descent

Fig. 9. Eye-tracking data during emergency

본 실험을 통해 측정된 비행단계별 수동조작 평가결과(9개 항목), 상황인식 평가결과(3개 항목), 시선 움직임 데이터(6개 항목) 간 Pearson 상관성 분석을 실시하여 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다(Fig. 10, Fig. 11).

첫째, 수동조작에서 측정된 항목 중 ‘급선회’ 점수와 ‘수동조작’ 종합점수 사이의 상관계수가 0.81로 강한 양(+)의 상관관계를 보였다. 이는 급선회 수행 능력이 높은 학생조종사일수록 전반적인 항공기 조작 기량도 높은 경향이 있음을 의미한다. 급선회는 수준급의 조종 기술과 상황판단 능력을 요구하는 복잡한 비행 기동이므로, 비행기량과의 높은 상관성을 예측할 수 있다.

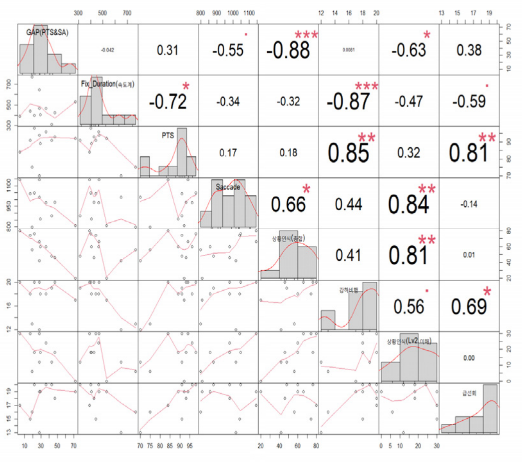

Fig. 10. Correlation chart

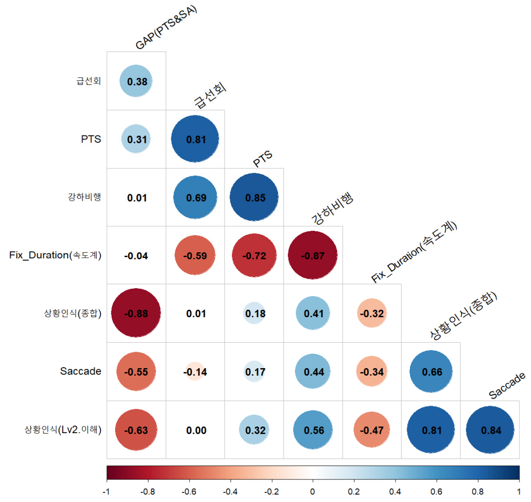

Fig. 11. Heat map

둘째, 수동조작으로 측정된 ‘강하’ 점수와 ‘수동조작’ 종합점수 사이의 상관계수 또한 0.85로 매우 강한 양(+)의 상관관계를 나타냈다. 이는 전반적인 항공기 조작 기량이 높은 조종사일수록 강하비행 수행 능력도 높은 경향이 있음을 의미한다. 강하비행은 착륙을 준비하는 단계에서 수행하는 기동이며, 정밀한 고도와 속도 제어가 필요한 중요한 비행조작이다. 강하비행시 정밀한 조작을 잘 수행할수록 전반적인 비행기량이 높을 것이라는 것을 예상할 수 있다.

셋째, 상황인식 평가로 도출된 이해도(상황인식 2단계) 점수와 ‘상황인식’ 종합점수 사이의 상관계수는 0.81로 강한 양(+)의 상관관계를 나타났다. 이는 특정 상황을 잘 이해하는 능력(상황인식 2단계)이 높을수록 전반적인 상황인식 역량이 높은 조종사일 가능성이 크다는 것을 의미한다.

Endsley의 상황인식 모델 2단계는 지각된 정보의 의미를 이해하고 통합하는 단계로서, 인지도(상황인식 1단계)가 낮더라도 이해도(상황인식 2단계)가 높을 수 있음을 시사하였다. 이 결과는 상황정보를 지각하였지만 어떤 상황인지 이해하지 못하는 경우와 비슷하게 인지도(상황인식 1단계)와 이해도(상황인식 2단계) 간 상관성이 나타나지 않는 시뮬레이터 실험의 한계점을 확인시켜 주었다.

넷째, 수동조작을 통해 확인한 ‘강하비행’ 점수와 시선 움직임 데이터 중 ‘속도계 Fixation 시간[단위: ms, 1/1000초]’ 사이의 상관계수는 -0.87로서 매우 강한 음(-)의 상관관계를 보였다. 이는 강하비행 수행 능력이 높은 조종사일수록 속도계를 응시하는 시간이 짧은 경향이 있음을 의미한다. 이 결과는 숙련된 조종사들이 속도 정보를 더 효율적으로 처리하고, 다른 중요한 정보에 더 많은 주의를 할당할 수 있음을 시사한다. 즉, 수동조작 숙련도가 높을수록 속도계 정보를 빠르게 인지하고 처리할 수 있어, 긴 Fixation 시간이 필요하지 않은 것으로 해석할 수 있다.

다섯째, 시선 움직임 데이터 중 ‘AOI 간의 시선 도약(saccade) 발생 횟수’와 상황인식 역량의 ‘이해도(상황인식 2단계)’ 사이의 상관계수 0.84는 강한 양(+)의 상관관계를 나타낸다. 이는 AOI로 정의된 계기 간 시선 이동이 많은 조종사일수록 상황 이해 능력(상황인식 2단계)이 높음을 의미한다. 시선 도약(saccade)은 빠른 안구 운동으로서, 다양한 정보를 효율적으로 수집하는 데 중요한 역할을 하기 때문에, 다양한 관심영역을

활발하게 확인(scan)하는 조종사가 상황인식을 더 잘 할 수 있음을 추론할 수 있게 한다.

여섯째, ‘수동조작’ 종합점수와 ‘상황인식’ 종합점수 간 차이값과 ‘상황인식’ 종합점수 간의 상관계수는 -0.88로 강한 음(-)의 상관성이 있었다. 이는 상황인식 역량이 높을수록 비행기량 점수와의 차이가 작아짐을 의미한다. 즉, 상황인식 역량이 높은 조종사일수록 비행기량이 우수하다고 해석할 수 있는 부분이다. 이는 상황인식 역량이 실제 비행 수행능력과 밀접한 관련이 있음을 시사하며, 미국 국가교통안전위원회(NTSB)가 강조했던 조종사 상황인식 역량의 중요성과도 맥락을 같이 한다.

V. 논의 및 결론

본 연구는 학생조종사의 수동조작 기량과 상황인식 역량에 따른 시선 움직임의 특징을 살펴보았으며, 이를 기반으로 학생조종사에게 필요한 교육과정 및 훈련프로그램 개선안을 제안하고자 한다.

연구 결과를 통해 수동조작 기량과 상황인식 역량이 높은 학생조종사에게서 발견되는 몇 가지 특징을 확인할 수 있었다.

첫째, 상황인식 역량과 수동조작 비행기량 간에는 높은 상관관계가 있고, 상황인식 훈련이 실제 비행 수행능력 향상에 중요함을 식별하였다.

둘째, 급선회와 착륙을 위한 강하비행 기량이 전반적인 비행기량과 높은 상관관계를 보여, 이러한 고난도 기동 훈련의 중요성이 확인되었다.

셋째, 수동조작 기량이 높은 학생조종사일수록 속도계 정보를 더 효율적으로 처리함으로써 주의분배 역량이 높음을 알 수 있었다.

넷째, 상황인식의 2단계(이해)가 전반적인 상황인식 능력과 강한 상관관계를 보여, 상황 이해 능력 향상의 중요성이 부각되었다. 다만, 1단계(인지) 수준이 낮아 상황정보를 인지하지 못하였음에도 불구하고, 2단계(이해)에 대한 평가가 좋게 나타난 점은 기본비행훈련장치를 활용한 시뮬레이터 실험의 한계점으로 판단된다.

다섯째, 계기 간 활발한 시선 도약(saccade)이 상황인식 역량과 높은 상관관계를 보여 효율적인 시각 스캔 패턴의 중요성이 확인되었다.

이러한 결과들은 조종사 교육과정 및 훈련프로그램을 설계하고 운영시 학생조종사의 상황인식 역량 향상을 위해 효율적인 시각정보 처리능력의 배양과 급선회 등 난이도 높은 기동 훈련 수행 등이 고려되어야 함을 시사하므로, 학생 조종사를 대상으로 보다 효과적인 교육 및 훈련을 위해서 아래와 같은 사항을 제안한다.

첫째, 학생조종사 교육과정에 시선 추적 기술을 활용한 상황인식 배양 프로그램 도입 고려가 필요하다. 아이트래커를 활용하여 효율적인 시각 스캔 패턴을 개발하고, 관심영역(AOI) 간 시선 이동을 최적화하는 등의 방법을 학생조종사 교육과정에 반영해 볼 수 있을 것이다.

둘째, 급선회 기동과 착륙을 위한 강하비행 등의 고난도 기동 훈련이 전반적인 비행기량 향상에 도움이 되므로 이와 관련된 실습시간을 증대시키고 반복훈련을 통해 전반적인 비행기량 향상을 도모할 수 있다.

셋째, 상황인식의 2단계(이해) 역량 향상을 위한 시나리오 기반의 훈련 프로그램 도입이 필요하다. 실제 비행 상황 또는 항공사고 교훈을 기반으로 시나리오를 구성하여 모의비행훈련장치를 통한 훈련을 실시한다면 학생조종사의 상황 이해 능력이 크게 향상될 것으로 예상한다.

본 연구는 학생조종사의 수동조작 기량과 상황인식 역량이 시선 움직임과의 연관성에 대해 실험적으로 살펴보았지만 실험대상이 소수 표본이었다는 제한을 가지고 있다. 향후 표본 수를 확대하여 추가 연구를 진행한다면 더욱 객관적인 결과가 도출될 것으로 기대한다.

References

1. IATA, "Safety report 2019 - edition 56", International air Transport Association, Montreal-Geneva, April 2020.
2. FSF, "Flight safety digest - Killers in aviation(Special FSF report)", Flight Safety Foundation, 17(11～12), 1988.
3. ICAO DOC 9868, "Procedures for air navigation services - Training, 2nd edit", International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada, 2015.
4. ICAO DOC 9995, "Manual of evidence-based training, 1st edit", International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada, 2013.
5. Lawrence, D. R., "See what I’m Saying: The Extraordinary Powers of Our Five Senses", W. W. Norton & Company, 1st Edition, 2010

(ISBN-10 0393067602).

6. Endsley, M. R., "Toward a theory of situation awareness in dynamic system", Human Factors and Ergonomics Society, 37(1), 1995, pp.32-64.
7. Endsley, M. R., "SAGAT : A methodology for the measurement of situation awareness", NOR DOC 87-83, Hawthorne, CA: Northrop Corporation, 1987.
8. Bolstad, C. A., Endsley, M. R., Costello, A. M., and Howell, C. D., "Evaluation of computer-based situation awareness training for general aviation pilots", The International Journal of Aviation Psychology, 20(3), 2010, pp.1-26.
9. Kim, C., "Visual understanding of advertising through eye-tracking methodology", The Korean of Advertising and Public Relations, 19(2), 2017, pp.41-84.
10. Moon, J. Y., and Lee, J. R., "The effect of studying flight training materials utilizing encoding techniques on situational awareness of student pilots", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 28(4), 2020, pp.154-163.
11. Yu, C. S., Wang, E. M. Y., Li, W. C., and Braithwaite, G., "Pilots' visual scan patterns and situation awareness in flight operations", Aviation, Space, and Environmental Medicine, 85(7), 2014, pp.708-714.
12. Misra, S., "Analyzing the threats of the failure of visual awareness during a visual approach for transport category aircraft", International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 7(2), 2020, pp.1-28.
13. Korea Transportation Safety Authority, "Practical test standard-private pilot", Korea Transportation Safety Authority, 2021.