

시선추적을 활용한 선박교통관제사 업무 분석

박상원* · † 박영수 · 김대원** · Hiroaki Seta*** · 이상원****

*전남대학교 해양경찰학과, **,† 국립한국해양대학교 항해융합학부, ***일본동해대학, ****부산항해상교통관제센터

Analyzing the Work of VTS Operators Using Eye-Tracking

Sangwon Park* · † Youngsoo Park · Dae-won Kim** · Hiroaki Seta*** · Sang-won Lee****

*Professor, Department of maritime police science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

**† Professor, Division of Navigation Convergence Studies, National Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

***Professor, Tokai University, Shizuoka, Japan

****VTS operator, Busan VTS center, Busan, 49111, Korea

요 약 : 선박교통관제사는 관제구역 내 통항선박의 동정을 관찰하고 필요한 정보를 제공하고 있다. 이를 위해 관제구역 내 선박과 교신을 하며, 교신내용은 수기로 관제일지에 기록하고 있다. 그러나 수기로 작성하는 관제일지는 상황적 한계로 내용을 상세히 기록할 수 없으며, 여러 업무로 매 순간 기록하기는 어려운 실정이다. 본 연구의 목적은 관제사 시선분석을 통해 수기로 기록하고 있는 관제일지의 업무량을 정량적으로 분석하는 것이다. 이를 위해 부산항 선박교통관제사를 대상으로 시선추적장치를 활용하여 당직자의 시선을 측정했다. 시선 측정결과, 해상교통정보가 집중되는 운용콘솔에 약 65% 시선이 향하고 있었다. 관제일지는 약 9% 시선이 향하고 있는 것으로 분석되었다. 관제사의 시선이 향하는 영역은 대부분 정보를 수집하거나 제공하는 영역인데 반해, 관제일지는 정보를 기록하는 영역으로 집중적인 교통관리를 위해서는 정보 처리 및 제공에 업무가 집중되어야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 선박교통관제사, 시선추적, 관제일지, 업무량, 해상교통관리

Abstract : VTS operators monitor movements of vessels within their jurisdiction and provide necessary information to ensure safe navigation. This involves communication with vessels within the VTS area. Contents of these communications are manually recorded in logbooks. However, manual logging faces limitations due to its inability to document details comprehensively and the challenge of constant recording amidst various duties. This study aimed to quantitatively analyze the workload associated with manual logkeeping by examining eye movements of VTS operators. Eye-tracking devices were used to measure gaze patterns of VTS operator at the Busan Port. Results indicated that approximately 65% of the VTS operators' gaze was directed towards the operation consoles, which were focal points for marine traffic information. In contrast, only about 9% of their gaze was directed towards logbooks. These findings suggest that while VTS operators predominantly focus on areas related to information gathering and dissemination, logbooks, being information-recording zones, receive minimal attention. For effective traffic management, the primary focus should be on information processing and provision rather than manual documentation.

Key words : VTS operator, eye-tracking, logbook, workload, marine traffic management

1. 서 론

해상교통관제는 레이더, VHF, AIS 등을 이용하여 항만 또는 연안해역의 선박교통안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위해 관제구역 내 통항선박의 동정을 관찰하고 필요한 정보를 제공하고 있다(KCG, 2024). 우리나라의 주요 항만 및 연안해역에는 총 19개의 VTS가 설치되어 운영 중이다.

해상교통관제의 주요 업무는 해상교통상황 파악 및 정보제공, 해양사고 예방을 위한 선박교통관제, 항만운영정보와 항행안전정보 제공 및 비상상황 시 초동조치 등이 있다. 또한 효율

적인 항만의 운영을 위해 항만운영정보시스템(Port-MIS)에 자료를 입력한다(MOLEG, 2024).

각 센터별 해상교통관제의 운영은 센터의 교통환경에 따라 다르다. 이를 반영하기 위해 각 관제 센터에는 관제운영메뉴얼을 두고 있으며, 운영메뉴얼에는 운영목표 및 방침, 관제방법, 해양사고 조치 등을 포함하고 있다. 관제운영메뉴얼은 선박교통관제 운영규칙에 따라 관제일지 서식을 센터마다 정하여 작성하고 있다. 「선박교통관제에 관한 법률 시행령」 제10조(관제통신 녹음)에 따르면, 관제통신을 녹음하려는 경우에는 전자적 수단을 이용해야하나 일시적인 고장 등으로 녹음이

† Corresponding author : 종신회원, youngsoo@kmou.ac.kr 051)410-5085

* 정회원, parksw@jnu.ac.kr 061)659-7189

(주) 이 논문은 “시선추적실험을 통한 관제일지 작성 현황 조사”란 제목으로 “2023년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 프로서딩(부산 BEXCO, 2023. 5.2-4, pp.53-54)”에 발표되었음.

불가한 경우에는 수기로 대체할 수 있다고 정하고 있다. 이에 따라 관제통신은 운영매뉴얼의 서식에 수기로 작성하고 있다. IALA 가이드라인에서는 관제사의 업무강도의 요인으로 교신량을 고려해야한다고 정하고 있다(IALA, 2024). 규정에 따라 교신 내용을 관제일지에 수기로 작성하고 있기 때문에 교신량이 증가하면 관제일지 작성내용도 많아진다. 그러므로 관제일지 작성 또한 교신에 따른 업무강도에 미치는 요인으로 볼 수 있다.

해상교통관제센터에서 작성하고 있는 관제일지 운영에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있다. Kim and Park(2016)은 VTS 통신 기록의 문제점을 제시했다. 실제 일지와 통신데이터 기록을 비교하며, 관제일지의 기록은 4건이지만 실제 통신회수는 39건으로 약 9.8배의 차이가 있는 것을 지적하였다. 더불어 관제기록의 상황적 한계로 통신내용을 상세하게 기록할 수 있는 시간적 여유가 없음을 지적했다. 해당 연구는 관제일지와 실제 교신량에 대한 내용으로 전체 관제업무 중 교신일지가 차지하는 정도를 제시하진 않았다.

Kim et al.(2018)도 정보제공 발생 시 관제사는 관제일지에 수기로 내용을 기록하고 있으나, 여러가지 업무 수행을 하고 있는 관제사가 매 순간마다 기록하는데는 한계가 있다고 했다. 이를 극복하기 위해서 Oh and Kim(2021)은 전자관제일지를 제안하기도 했다. 해당 연구는 관제일지 기록의 문제점을 제시하고 개선방안을 전자관제일지로 제시했으나, 관제일지 기록의 문제점을 정량적으로 제시하지는 못했다.

Park(2008)은 관제업무일지 작성이 전체 관제사 업무 중 7.38%를 차지했으며, 10가지의 관제사 업무 내용 중 7위의 중요도를 차지한다고 했다. 선박교통관제사는 워크스테이션에서 교통흐름 파악, 관제, 교통정보 제공 등의 임무를 수행하고 워크스테이션 밖에서는 정보를 처리하는 임무를 수행하는 것으로 분석되었으며 비율은 각각 68.6%, 31.4% 수준이었다. 해당 연구는 선박교통관제사 대상의 설문조사로 분석되었으며, 검증에 위한 추가 실험 등은 없었다.

정부는 관제일지를 수기로 작성하고 있는 현재의 한계점을 극복하기 위해, 전자관제일지 개발을 추진목표로 제시한 제1차 선박교통관제 기본계획을 발표하기도 했다(KCG, 2020). 즉 정부에서도 관제일지 작성에 대한 현장의 어려움을 파악하고 있으며, 이를 극복하기 위한 방안을 제안하고 있는 것으로 판단된다.

선행연구에서는 관제일지 작성에 대한 한계를 지적하고 있으나 실제 관제일지 작성이 관제사 업무에서 차지하는 정도를 실험을 통해 정량적으로 제시하지 못하고 있다.

본 연구의 목적은 관제업무 중 관제일지 작성을 위한 시선 집중되는 시간을 정량적으로 도출하여, 관제사의 업무량을 도출하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 부산항해상교통관제센터의 관제사를 대상으로 시선추적을 수행하여 당직시간 내 관제사 시선이 머무른 장비와 시간을 분석하고자 했다.

2. 실험설계

2.1 실험개요

시선 추적 기술은 사람의 눈동자를 관찰하여 그 사람이 어디를 보고 있는지 알아내는 기술로 시선을 분석하여 외부 시각적인 자극에 대한 사람의 반응을 조사할 수 있으며, 기계와 사람 사이의 새로운 인터페이스를 가능하게 하여 다양한 분야에 사용되고 있다(Cho, 2018).

본 연구에서는 선박교통관제사의 시선 추적을 통해 선박교통관제사가 관제 업무 수행 시 주로 보는 화면을 분석하였다. Park(2008)은 선박교통관제사의 여러임무는 워크스테이션의 모니터 등의 장비를 주시하면서 수행된다고 했다. 그러므로 시선추정으로 도출된 영역은 주시한 화면과 관련된 업무라고 가정하여 실험을 진행하고 분석했다. 선박교통관제사의 시선추적은 Tobii Technology의 Glass3를 사용했으며, 샘플링 주파수 50Hz로 계측했다. 계측 후 분석은 Tobii Pro lab을 사용했다.

안구의 정류(Fixation)는 활동성 추종 운동을 고려하여 안구의 각속도가 30deg/s 미만인 안구 운동으로 정의되었으며, 30deg/s 이상의 운동은 정류로의 이동(Saccade)으로 판단했다(Tobii, 2012). 본 연구의 시선에 대한 분석은 각속도 30deg/s 미만의 안구 정류 위치를 대상으로 수행했다.

선박교통관제사가 시선추적장치를 착용한 채, 당직을 수행한다. 선박교통관제사가 바라보는 장비는 구역으로 설정하고 시선의 이동순서와 시간을 측정한다. 장비에 고정되는 시선은 해당 장비와 관련된 업무를 의미하며, 이동순서는 관련 업무와의 관련성을 의미한다. 그리고 시선이 고정되는 시간은 해당 업무 수행을 위한 소요시간으로 볼 수 있다.

2.2 실험대상

Park(2008)은 VTS 관제사가 관제업무를 수행하는 과정에서 원활한 관제를 위해서는 교신 업무 비중이 약 30%가 적합한 것으로 제시했다. 우리나라에서는 울산항, 여수항, 부산항, 완도항, 인천항, 목포항이 기준보다 높은 항만으로 분석되었다. 본 연구에서는 교신 비중이 높은 항만 중 부산항을 대상으로 수행했다. 부산항은 우리나라 항만 중 물동량이 가장 높은 항만이며, 입출항 선박도 가장 많기 때문에 대상항만으로 선정했다(MOF, 2024; Park and Park, 2016).

부산항 해상교통관제센터의 관할수역은 VHF 관제 채널에 따라 3구역으로 구분할 수 있다. VHF 채널9는 감전항, 남외항 정박지 및 인근해역, VHF 채널12는 북항 및 인근해역, 그리고 부산항 외측 해역은 VHF 채널 9,12로 설정되어 있다. 부산항 해상교통관제센터의 관제사는 VHF 채널별로 구역을 구분하여 당직을 수행하고 있으므로, 시선추적도 VHF 채널별로 구분하여 수행했다.

Fig. 1은 부산항관제센터의 관제구역을 나타낸다.

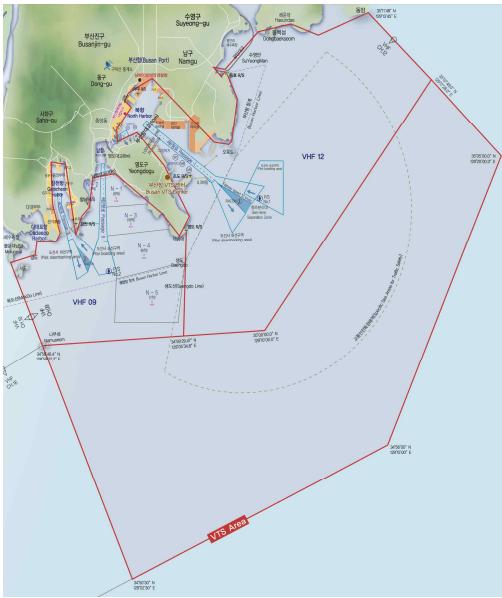


Fig. 1 Target area (Busan VTS area)

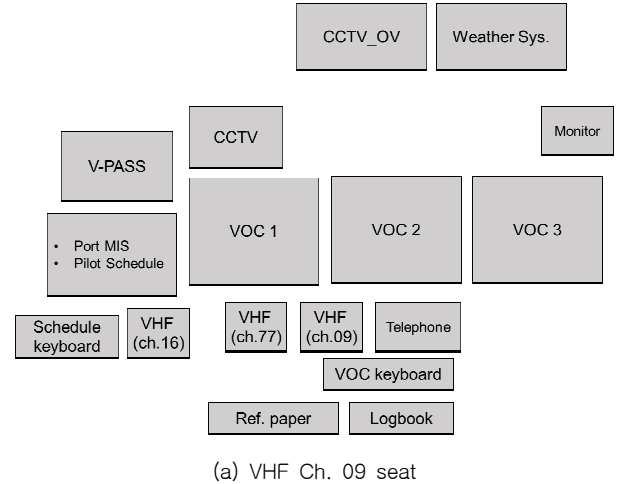
2.3 실험대상

시선측정실험은 3일에 걸쳐 당직시간 2회, VHF 채널 09, 12로 구분하여 총 12회 수행되었다. 실험에 참여한 관제사는 총 7명이며 경력에 따라 다양하게 배치했다. 참여 관제사의 최소경력은 8개월이며, 최대경력은 6년, 평균 약 3.7년이었다. Table 1은 실험 시간 및 참여 관제사의 경력을 나타낸다.

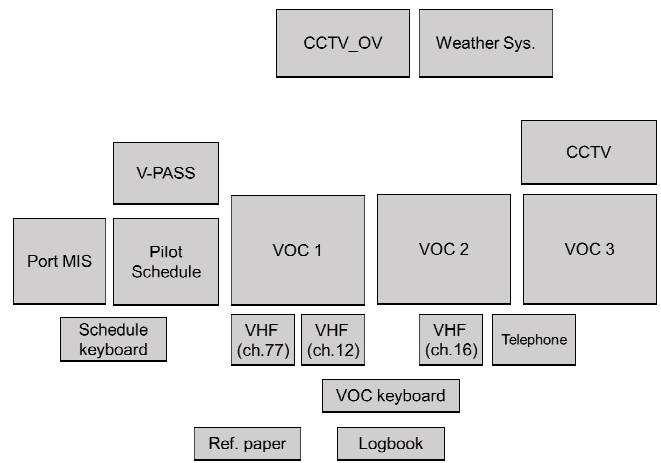
Table 1 VTS operators in experiment

| Date | Time | VHF Ch. | VTSO | Experience (Yr) |
|----------|--------|---------|------|-----------------|
| 22.10.18 | 13:15~ | 9 | A | 0.67 |
| | 13:15~ | 12 | B | 6 |
| | 16:15~ | 9 | C | 6 |
| | 16:15~ | 12 | A | 0.67 |
| 22.10.19 | 13:15~ | 9 | C | 6 |
| | 13:15~ | 12 | D | 1 |
| | 16:15~ | 9 | D | 1 |
| | 16:15~ | 12 | C | 6 |
| 22.10.20 | 13:15~ | 9 | E | 0.67 |
| | 13:15~ | 12 | F | 6 |
| | 16:15~ | 9 | G | 6 |
| | 16:15~ | 12 | E | 0.67 |

시선측정을 하기 위해서는 시선이 고정되는 영역설정이 필요하다. 선박교통관제사의 좌석에서 보이는 기기들을 중심으로 영역을 설정했다. Fig. 2는 관제채널 별 시선이 고정되는 영역을 나타낸다.



(a) VHF Ch. 09 seat



(b) VHF Ch. 12 seat

Fig. 2 VTS equipment arrangement

시선고정영역은 VTS 시스템 모니터, CCTV, 기상시스템, 선박패스(V-Pass), 항만운영정보시스템(PORT-MIS), 도선사 배정표, VHF, 관제일지, 전화기, 키보드 등이 있다.

3. 실험결과

3.1 시선고정 횟수 및 지속시간

Fig. 3은 VHF 채널 9의 관제사 시선고정 횟수 및 지속시간을 나타내는 그림이다. 채널 9의 관제사 시선고정 횟수 평균은 532.1회이며, VOC1, VOC2, 관제일지, CCTV가 평균 이상으로 시선을 고정한 영역이다. 기타(Other)는 설정영역 이외의 영역에 시선이 고정된 상황이다. Fig. 2의 장비에 시선이 향하면서 장비와 관련된 업무가 진행되며 영역 밖의 데이터는 장비와 관련된 업무가 아니므로 이번 분석에서는 제외했다.

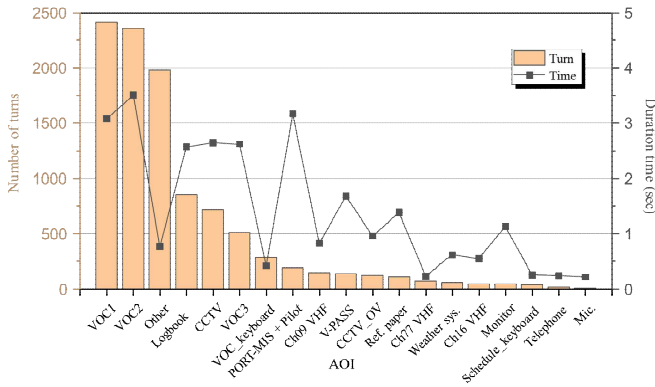


Fig. 3 Gaze fixation and duration time in Ch.09 seat

관제사는 VOC1에 2,413회로 시선을 가장 많이 고정했다. 그 뒤는 VOC2로 시선을 2,352회 고정했다. 관제일지는 기타를 제외하고 3번째로 많은 852회 시선을 고정했다. 시선 고정 시 지속시간은 평균 2.38초였으며, VOC2(3.5초), VOC1(3.0초), PORT-MIS(3.1초), CCTV(2.6초), VOC3(2.6초), 관제일지(2.5초)가 평균시간 이상 지속하여 시선을 고정했다.

Fig. 4는 VHF 채널 12의 관제사 시선고정 횟수 및 지속시간을 나타내는 그림이다. 채널 12의 관제사 시선고정 횟수 평균은 540.7회이며, VOC1에 시선을 가장 많이 고정했다. 기타를 제외하고, VOC2, 관제일지, CCTV에 평균횟수 이상 시선을 고정한 것으로 나타났다.

관제사는 VOC1에 2,727회로 시선을 가장 많이 고정했다. 그 뒤는 VOC2로 시선을 1,677회 고정했다. 관제일지는 971회로 기타를 제외하고 3번째로 많이 시선을 고정한 영역으로 나타났다.

시선 고정 시 지속시간은 1.34초였으며, CCTV가 3.57초로 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 VOC1(3.4초), 참고문서(2.4초), VOC2(2.3초), 관제일지(2.0초), V-PASS(1.7초), VOC3(1.7초)에 평균시간 이상으로 지속하여 시선을 고정했다.

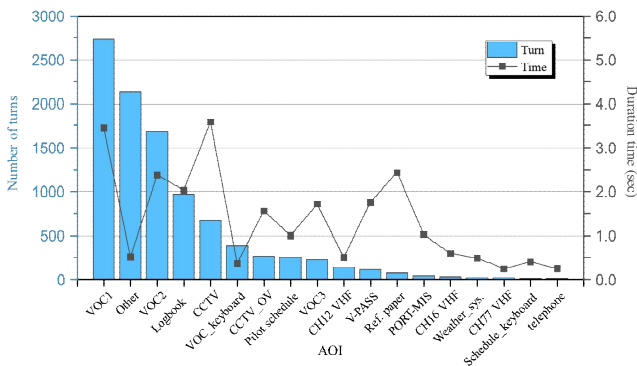


Fig. 4 Gaze fixation and duration time in Ch.12 seat

VOC는 VTS 운영콘솔의 모니터로 관제사는 전자해도가 구현되는 VOC에서 레이더, CCTV, 선박자동식별장치(AIS) 등 관제장비에서 탐지한 선박운행 정보 등을 확인할 수 있다. 선박교통관제사의 시선은 VOC에 가장 많은 횟수 향하는 것으로 분석되었다.

VOC를 포함하여 CCTV, PORT-MIS, V-PASS, 참고문서 등은 관제를 위해 정보를 획득하기 위한 구역인 반면, 관제일지는 획득한 정보나 당시 상황을 기록하기 위한 수단으로 시선이 향하는 구역이다.

3.2 선박교통관제사 시선이동

선박교통관제사의 시선 고정영역을 시간순으로 나열하여, 시선의 이동방향을 측정했다. 시선의 이동방향 분석을 통해서 업무의 관련성을 파악할 수 있으며, 주요한 시선이동 구간도 도출할 수 있다.

시선 고정영역 이외의 영역을 바라보는 경우(기타)는 제외하고 장비의 배치와 유사하게 시선이동을 도출했다. 고정영역 이외의 지역을 바라보는 경우는 타 관제사와의 의견교환 등 영역을 특정할 수 없기 때문이다.

Fig. 5는 VHF 채널 9의 관제사 시선의 이동을 나타낸다.

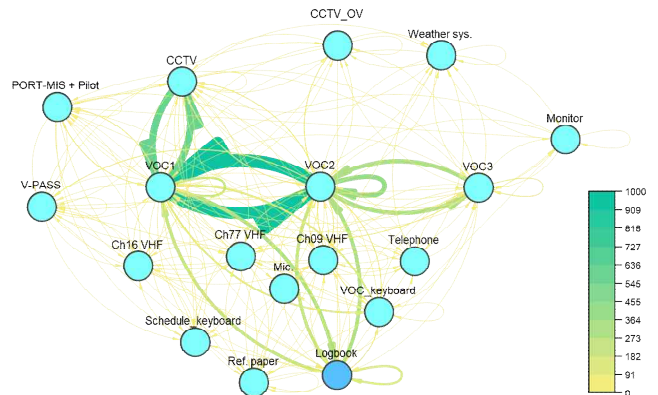


Fig. 5 Eye movement in Ch.09 seat

VHF 채널 9에서는 VOC1, VOC2 간 시선이동이 가장 활발한 것으로 나타났다. VOC2에서 VOC1로는 999회, VOC1에서 VOC2의 시선이동은 944회 있었다.

시선고정 횟수와 시간이 상대적으로 높았던 VOC, CCTV, 관제일지 영역이 각 영역별 시선이동도 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 특히 관제일지의 경우 VOC1에서 관제일지로 시선이동이 286건, VOC2에서 관제일지로 시선이동이 249건으로 관제일지로 향하는 시선의 대부분은 VOC1과 VOC2에서 오는 것으로 알 수 있다. 이는 관제화면을 확인하고 이에 대한 내용을 관제일지에 기록하기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 6는 VHF 채널 12의 관제사 시선의 이동을 나타낸다.

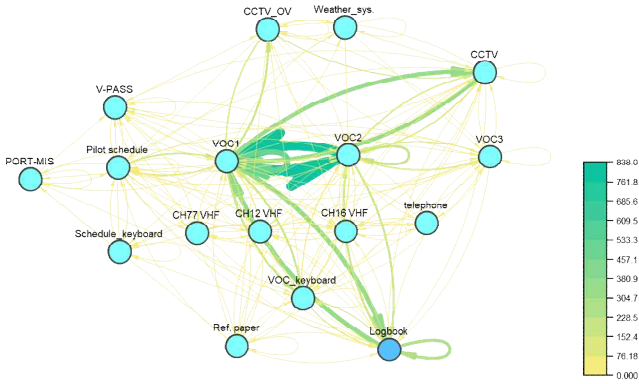


Fig. 6 Eye movement in Ch.12 seat

VHF 채널 12에서는 VOC1, VOC2 간 시선이동이 가장 활발한 것으로 나타났다. VOC1에서 VOC2로는 838회, VOC2에서 VOC1의 시선이동은 823회 있었다.

채널 9와 유사하게 시선고정 횟수와 시간이 상대적으로 높았던 VOC, CCTV, 관제일지 영역이 영역별 시선이동도 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 관제일지의 경우 VOC1에서 관제일지로 시선이동이 377건, VOC2에서 관제일지로 시선이동이 165건으로 관제일지로 향하는 시선의 대부분은 VOC1과 VOC2로부터 이동이었다. 채널 9와 같이 채널 12에서도 관제 화면과 일지는 밀접하게 연결이 되어있었다.

VOC, CCTV, 관제일지의 영역이 선박교통관제사 시선 이동의 주요 축임을 확인했다. 특히 VOC, CCTV의 장비로 교통 흐름 파악, 관제, 정보제공 등을 하고, 이에 대한 정보 정리는 관제일지에서 하는 것으로 분석되었다.

3.3 선박교통관제사 경력별 관제일지 시선고정 시간 비교

「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」 제11조에 따르면, 선박교통관제사업무 경력 5년 이상인 선박교통관제사는 선임 교통관제사 교육을 실시할 수 있도록 정하고 있다. 법에서는 5년 이상의 선박교통관제사업무 경력을 최소한의 선임교통관제사의 요건으로 보고 있다. 본 연구에서는 선박교통관제사업무 경력 5년을 기준으로 관제경력별로 두 그룹으로 구분했다. 그룹은 Table 1에 따라 1년미만의 관제사와 5년 이상의 관제사로 구분했다.

분류한 두 그룹 간 관제일지 1회 당 시선고정 시간이 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위해 통계적으로 검증하고자 했다. 이는 관제 경력별로 관제일지에 사용하는 시간이 차이가 있는지 확인하기 위함이다.

Table 2는 채널 9번 관제사 두 집단의 관제일지 1회 당 시선고정 시간의 평균 T-Test 결과이다. 두 집단 간 평균 차이를 확인하기 위해 먼저 F-검정을 수행했다. F-검정 결과 p값이 0.05보다 작아서 t-검정(이분산 가정)을 수행했다. 수행한 결과 p값이 0.017로 0.05보다 작아 관제경력 1년(평균 2.2초)과

경력 5년 이상의 집단(2.7초)이 관제일지에 시선고정하는 시간의 평균은 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 2 T-test result by experience in Ch.09 seat

| Category | Less than 1yr | More than 5yr |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Average (sec) | 2.215 | 2.742 |
| Variance | 6487632.985 | 14275161.96 |
| Sample size | 267 | 585 |
| Hypothesis mean difference | 0 | |
| Degrees of freedom | 732 | |
| t-statistic | -2.386965294 | |
| P(T<=t) one-tailed test | 0.008620513 | |
| t critical value for one-tailed test | 1.646937932 | |
| P(T<=t) two-tailed test | 0.017241027 | |
| t critical value for two-tailed test | 1.963210066 | |

Table 3은 채널 12번 관제사 두 집단의 관제일지 1회 당 시선고정 시간의 평균 T-Test 결과이다. 두 집단의 평균의 차이를 확인하기 위해 먼저 F-검정을 수행했다. F-검정 결과 p값이 0.05보다 작아서 t-검정(이분산 가정)을 수행했다. 수행한 결과 p값이 0.006로 0.05보다 작아 관제경력 1년(평균 1.8초)과 그 이상의 집단(2.2초)이 관제일지에 시선고정하는 시간의 평균은 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 3 T-test result by experience in Ch.12 seat

| Category | Less than 1yr | More than 5yr |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Average (sec) | 1.822 | 2.276 |
| Variance | 5124833 | 7678291 |
| Sample size | 534 | 437 |
| Hypothesis mean difference | 0 | |
| Degrees of freedom | 838 | |
| t-statistic | -2.7525 | |
| P(T<=t) one-tailed test | 0.003021 | |
| t critical value for one-tailed test | 1.646674 | |
| P(T<=t) two-tailed test | 0.006042 | |
| t critical value for two-tailed test | 1.962799 | |

채널 9번과 12번 모두 관제경력별로 관제일지 1회 시선고정당 소요시간의 평균이 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 관제일지에 고정하여 보는 시간은 관제경력 5년 이상의 그룹이 1년이하의 그룹보다 통계적으로 더욱 긴 시간을 본다

는 의미이다. 이는 경력이 낮은 그룹은 관제사는 정보를 기록하는 업무에 시간을 줄이고, 실제로 교통현황을 모니터링하고 정보를 수집하는데 더욱 집중하는 것으로 해석할 수 있다. 또한 1년이하의 경험이 적은 관제사는 가치있는 정보의 선별이 5년이상의 경험이 상대적으로 많은 관제사보다 시간소요가 많은 것을 의미하기도 한다. 다만 시선추정장치 실험에 참여한 관제사는 총 7명으로 7명이 경력에 따른 그룹을 대변하는 표본이라고 할 수 없다. 실험에 참여한 인원의 그룹 간에서는 통계적 유의성을 확인할 수 있었다.

4. 고찰

부산항 해상교통관제센터 관제사의 당직 시 시선추정을 통해서 어떤 영역을 보면서 선박을 관제하는지 파악이 가능하였다. 시선추정을 통해, 관심영역에 시선을 고정된 횟수와 시선 고정 시 지속시간을 측정할 수 있었다. 특히 선행연구에서 언급한 바와 같이 관제사의 여러 업무 수행 중에 VTS 통신 관제일지 기록이 상당 시간을 차지하는 것을 정량적으로 분석한 것에 의의가 있다(Kim and Park, 2016; Kim et al., 2018).

관제일지에 시선이 머물렀던 시간은 시선고정 횟수와 시선 고정 시 지속시간의 곱을 통해 도출할 수 있다. Table 4는 관심영역의 시선이 머무른 시간의 총합과 그 비율을 나타낸다.

Table 4 Total gaze duration time for area of interest

| AOI (Area Of Interest) | CH09 (sec, %) | | CH12 (sec, %) | |
|---------------------------|---------------|------|---------------|------|
| VOC1 | 7416.2 | 30.7 | 9373.8 | 45.8 |
| VOC2 | 8256.4 | 34.2 | 3964.5 | 19.4 |
| CCTV | 1895.4 | 7.9 | 2400.7 | 11.7 |
| Logbook | 2196.0 | 9.1 | 1967.9 | 9.6 |
| Other | 1509.6 | 6.3 | 1080.5 | 5.3 |
| CCTV_OV | 118.6 | 0.5 | 412.8 | 2.0 |
| VOC3 | 1349.9 | 5.6 | 379.2 | 1.9 |
| PORT-MIS + Pilot | 610.2 | 2.5 | 284.0 | 1.4 |
| V-PASS | 240.0 | 1.0 | 191.7 | 0.9 |
| Ref. paper | 157.5 | 0.7 | 165.1 | 0.8 |
| VOC_keyboard | 118.5 | 0.5 | 139.3 | 0.7 |
| Main VHF | 121.6 | 0.5 | 66.8 | 0.3 |
| Ch16 VHF | 25.7 | 0.1 | 17.1 | 0.1 |
| Weather sys. | 35.2 | 0.1 | 10.6 | 0.1 |
| Ch77 VHF | 17.1 | 0.1 | 5.0 | 0.0 |
| Schedule_keyboard | 9.6 | 0.0 | 3.5 | 0.0 |
| Telephone | 4.7 | 0.0 | 2.2 | 0.0 |
| Monitor | 50.0 | 0.2 | - | - |
| Mic. | 2.2 | 0.0 | - | - |

VHF 채널 9번과 12번 모두 VOC 1,2에 시선이 머무르는 시간이 가장 높았다. 이는 선박교통관제사가 관제 중에 시선은 운영콘솔에 향하고 있는 시간이 가장 많다는 것을 의미하며, 가장 많이 사용하는 장비라 할 수 있다. 전술한 바와 같이 선박교통관제사는 운영콘솔의 모니터를 통해 선박과 조우관

계나 해상교통의 흐름을 관제하고 있다. 「선박교통관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙」에서는 선박교통관제 운영 시스템, 레이더, 선박자동식별장치 및 초단파 무선전화를 필수 관제 시설로 지정하고 있다. VHF 교신을 운영콘솔 모니터를 바라보며 수행한다고 보면, 필수 관제시설에 가장 많은 시선을 집중하고 있는 것으로 분석된다.

반면, 같은 VOC이지만 3번 모니터는 채널 9번과 12번 모두 시선이 고정된 시간(5.6%, 1.9%)이 작은 것으로 나타났다. 모니터 1에서 3으로 갈수록 항만과는 떨어진 외곽지역을 표시하고 있다. 주요 관제 상황은 항만구역과 근접한 곳에서 발생하고 있다는 것으로 예상할 수 있으며, 이러한 결과를 바탕으로 해상교통량과 함께 추후 관제구역 조정 등에 적용해 보는 것을 고려해 볼 만하다(IALA, 2022).

교통현황이 있는 모니터 다음으로 시선이 고정되는 영역은 관제일지이다. 채널 9번의 경우 관제일지는 운영콘솔 다음으로 시선이 머무른 시간이 높았으며 비율로는 9.1%를 차지했다. 채널 12의 경우 CCTV에 이어 4번째로 시선이 머무른 시간이 높았으며, 비율로는 9.6%를 차지했다. Park(2008)의 설문조사 결과인 8.14%와 유사했다. 선박교통관제사는 교신이 발생한 상황을 관제일지에 기록하면서, 문서화하고 있다. 관제사 시선이 향하는 대부분의 영역은 정보를 수집하거나 제공하는 역할을 수행하는데 반해, 관제일지만 유일하게 정보를 기록한다.

시선추정 실험을 통해서 관제사 업무 중 약 9%는 관제일지 작성에 투자하고 있는 것을 알 수 있었다. KCG(2020)가 기본 계획에서 추진하고자하는 전자일지는 관제일지로 향하는 시선을 줄이는 대신, 선박 모니터링 및 관제에 집중하기 위함이다. 일본의 경우, 음성녹음이 관제일지를 대신하는 법이 발효되었다. 이는 선박 모니터링 및 선박관제에 집중하기 위함이다. (Radio Law Enforcement Regulations in Japan, 2024).

시선추정 장비를 통해 당직시간 중 관제사의 시선이 가는 영역의 시간과 횟수를 정량적으로 측정할 수 있었지만, 실제 선박교통관제사가 업무 수행을 하면서 동시에 진행되어 측정값 도출을 위한 엄격한 통제를 하지 못하고, 집단을 대표할 만한 통계 표본을 뽑아 실험하지 못한 것이 본 연구의 한계이다. 본 연구에 참여한 7명 관제사의 시선추정 결과로 선박교통관제사의 행동에 대한 통계적인 유의성을 이야기 할 수는 없지만, 경향은 파악할 수 있었다는데 의의가 있다.

또한 당시의 해상교통상황까지 모두 고려하지 못하였다. Kim and Park(2016)이 지적한 바와 같이 모든 교신 내용을 관제일지에 기록할 수는 없다. 특히 관제일지에 작성하는 것은 교신한 내용을 기록하는 것이기 때문에, 입·출항하는 선박이 당직시간에 많았다면, 자연스럽게 관제일지의 시선고정 횟수가 늘었을 것으로 예상할 수 있다. 또한 당시 선박 조우 상황이 많았다면, 반대로 관제일지보다는 모니터링 할 수 있는 영역에 시선이 더 많이 갔을 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구는 선박교통관제사의 시선측정을 통해서 관제일지에 향하는 시선을 정량적으로 분석하였다. 이를 위해 부산항 해상교통관제센터의 관제사를 대상으로 3일간 총 12번의 당직 시간에 시선을 측정했으며, 실험의 결과는 다음과 같다.

(1) 관제사 시선고정의 총 시간은 운영콘솔의 모니터(VOC)가 채널 9번의 경우 64.9%, 채널 12번의 경우 65.2%로 가장 높은 것으로 분석되었다. 관제일지는 채널 9번 9.1%, 채널 12번 9.6%로 분석되었다.

(2) 시선의 이동 또한 VOC간 이동이 가장 많았으나, VOC간 시선 이동 다음으로 관제일지가 높은 것으로 분석되었다.

(3) 1회 시선당 고정시간은 실험에 관제사의 경력에 따라 다르며, 5년이상 경력의 관제사가 1년미만 경력의 관제사보다 1회 시선 당 더 긴 시간동안 관제일지를 바라보고 있는 것으로 분석되었다. 1년미만 경력은 관제사의 시선은 정보의 기록보다는 직접적인 선박 모니터링이나 정보제공에 시선을 집중하는 것으로 분석된다.

선박교통관제사는 담당해역의 해상교통상황을 파악하고 해양사고 예방을 위해 선박을 관제한다. 또한 항만운영정보, 항행안전정보를 제공하고 비상상황 발생 시 초동조치 및 전파를 하고 있다. 즉 선박교통관제사는 수집하는 정보를 분석하여 각 선박의 안전하고 효율적인 운항을 위한 정보로 바꾸어 제공하는 역할을 하고 있다.

관제실에서 수집할 수 있는 대부분의 교통정보가 표시되는 운영콘솔에 선박교통관제사의 시선이 당직 중 약 65% 향하고 있다는 것은 관제사의 주요업무가 해상교통상황을 모니터링하고 정보를 제공하는 것임을 나타내는 자료라 판단된다.

더불어 정보 수집, 제공이 아닌 정보의 기록에 당직시간 약 9%정도의 관제사 시선이 향하고 있다는 것을 알 수 있었다. 관제일지에 고정된 시간은 온전히 관제일지를 작성하기 위함일 수도 있으나, 정리를 하기 위해 정보를 융합하는 과정일 수도 있다. 이에 대한 내용은 추후 연구로 보완할 필요가 있을 것이다.

본 연구의 결과는 관제일지에 소요되는 시간을 줄이기 위해서 전자관제일지를 추진하는 정부 정책에 뒷받침이 될 수 있으리라 판단된다. 또한 일본의 법제화 사례도 이를 뒷받침할 수 있다.

실험 표본이 부족하고 해상교통량을 고려하지 못한 점, 부산항 해상교통관제센터만을 대상으로 실험을 수행한 점은 본 연구의 한계점이다. 추후에는 이러한 사항을 보완한 연구를 통해 관제사 업무를 정량적으로 분석하고, 관제사의 주요 업무인 해상교통 모니터링과 정보제공에 집중할 수 있는 방안 마련이 필요할 것이다.

References

- [1] Cho, S. H.(2018), Introduction to eye tracking technology, The Magazine of the IEEE, 45(8), pp. 23-32.
- [2] IALA(2022), G1150 Establishing, planning and implementing a VTS.
- [3] IALA(2024), IALA VTS Manual edition 8.3
- [4] Kim, B. H. and Park, Y. S.(2016), A Study on the Effective VTS Communications Analysis by the Method of VCDF in Busan Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 22(4), pp. 311-318.
- [5] Kim, K. I., Ahn, J. Y. and Park, J. W.(2018), Measurement of Ship Information Provision Quantity for the Vessel Traffic Service using Ship Encounter Data, Journal of Korean Maritime Police Science, 8(2), pp. 1-15.
- [6] Korea Coast Guard(2020), 1stMaster plan of Vessel Traffic Service.
- [7] Korea Coast Guard(2024), Concept of Vessel Traffic Service, <https://www.kcg.go.kr/kcg/si/sub/info.do?page=2840&mi=2840>.
- [8] Korea Ministry of Government Legislation(2018), Rules on Vessel Traffic Service operation.
- [9] Korea Ministry of Government Legislation(2024), Act on Vessel Traffic Service.
- [10] Ministry of Oceans and Fisheries(2024), Press release seaborne trade volume statistics in 2023.
- [11] Oh, J. Y. and Kim, H. J.(2021), Design of Standard Form for Digitalized VTS Logbook, Conference of The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, pp. 133-134.
- [12] Park, S. W. and Park, Y. S.(2016), Predicting Dangerous Traffic Intervals between Ships in Vessel Traffic Service Areas Using a Poisson Distribution, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 22(5), pp. 402-409.
- [13] Park, S. Y.(2008), "A Study on the Analysis of Marine Traffic Volume for the Measurement of VTS Operators' Workload", Korea Maritime University, Master Dissertation.
- [14] Radio Law Enforcement Regulations in Japan (電波法施行規則第四十三條五の2).
- [15] Tobii(2012), Determining the Tobii I-VT Fixation Filter's Default Values.

Received 29 April 2024
Revised 10 June 2024
Accepted 27 June 2024

Appendix 1. Eye movement in Ch.09 seat

| | Weather sys. | CCTV | V-PASS | VOC3 | VOC2 | VOC1 | VOC_keyboard | Log book | Ref. paper | PORT-MIS + Pilot | Ch77 VHF | Ch16 VHF | CCTV_OV | Ch09 VHF | Telephone | Schedule_keyboard | Mic. | Monitor |
|-------------------|--------------|------|--------|------|------|------|--------------|----------|------------|------------------|----------|----------|---------|----------|-----------|-------------------|------|---------|
| Weather sys. | 14 | 2 | | 3 | 9 | 3 | | | 1 | | | | 22 | | 1 | | | 2 |
| CCTV | 2 | 12 | 20 | 5 | 79 | 552 | 1 | 6 | 4 | | 1 | 6 | 22 | 1 | 2 | 2 | | |
| V-PASS | | 23 | 4 | 3 | 46 | 44 | | | | 8 | 2 | 2 | 1 | 3 | | 7 | | |
| VOC3 | 3 | 3 | | 70 | 320 | 56 | 11 | 18 | 5 | 5 | 1 | | 4 | 4 | 1 | | | 14 |
| VOC2 | 17 | 66 | 52 | 333 | 368 | 999 | 54 | 249 | 18 | 31 | 9 | 7 | 46 | 65 | 7 | 6 | 4 | 20 |
| VOC1 | 6 | 568 | 38 | 44 | 944 | 203 | 133 | 286 | 18 | 75 | 39 | 7 | 16 | 27 | 2 | 1 | 2 | 4 |
| VOC keyboard | | 2 | | 9 | 68 | 133 | 16 | 47 | 5 | | 2 | | | | 1 | | | |
| Logbook | | 1 | 2 | 17 | 292 | 237 | 64 | 175 | 28 | 19 | | | | 9 | | 2 | 4 | 2 |
| Ref. paper | | 1 | 1 | 6 | 25 | 21 | | 32 | 25 | | 1 | | | 2 | | | | |
| PORT-MIS + Pilot | | 4 | 11 | 4 | 36 | 62 | | 24 | 4 | 27 | | 3 | | | 3 | 15 | | |
| Ch77 VHF | | 2 | | | 7 | 29 | | 2 | 2 | 3 | | 6 | | 21 | | 1 | | |
| Ch16 VHF | | 2 | 4 | | 9 | 9 | | 1 | | 4 | 9 | 6 | | | | 3 | | |
| CCTV_OV | 12 | 29 | 1 | 4 | 52 | 11 | | 1 | | 1 | | | 12 | | | | | |
| Ch09 VHF | | | 2 | 2 | 69 | 41 | 1 | 4 | 4 | 8 | | 4 | | 10 | 2 | | | |
| Telephone | 1 | | | 1 | 7 | 1 | 2 | 2 | | | | | | 5 | | | | |
| Schedule_keyboard | | | 8 | | 1 | 3 | | | | 18 | 1 | 6 | | | | | | |
| Mic. | | | | | 5 | | 1 | 4 | | | | | | | | | | |
| Monitor | 2 | | | 14 | 15 | 9 | | | | 2 | | | | | | | | 2 |

Appendix 2. Eye movement in Ch.12 seat

| | VOC1 | CCTV | VOC2 | CCTV_OV | VOC3 | Log book | VOC_keyboard | V-PASS | Ref. paper | Weather_sys. | Pilot schedule | CH16 VHF | CH12 VHF | CH77 VHF | Telephone | PORT-MIS | Schedule_keyboard |
|-------------------|------|------|------|---------|------|----------|--------------|--------|------------|--------------|----------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------------------|
| VOC1 | 505 | 332 | 838 | 175 | 20 | 377 | 184 | 35 | 15 | 5 | 125 | 5 | 81 | 13 | 1 | 15 | 1 |
| CCTV | 371 | 50 | 133 | 41 | 36 | 20 | 2 | 5 | 2 | | 8 | 1 | 1 | | | | 1 |
| VOC2 | 823 | 146 | 221 | 20 | 124 | 165 | 64 | 39 | 4 | | 30 | 7 | 28 | | 3 | 1 | 1 |
| CCTV_OV | 117 | 89 | 24 | 11 | 1 | 3 | 1 | | 2 | 15 | 2 | | | | | | |
| VOC3 | 38 | 33 | 106 | 2 | 24 | 8 | 3 | | | | 4 | 3 | | | 1 | | |
| Logbook | 377 | 8 | 177 | | 4 | 248 | 96 | 3 | 18 | | 23 | 4 | 11 | 1 | | | 1 |
| VOC_keyboard | 177 | 5 | 70 | | 2 | 99 | 20 | 1 | 2 | | 8 | 1 | | | | | |
| V-PASS | 42 | 3 | 30 | 5 | 1 | 2 | 17 | | | | 7 | 1 | | 1 | | | |
| Ref. paper | 18 | 2 | 2 | | | 12 | 5 | | 23 | | 2 | | 3 | | | 1 | |
| Weather_sys. | 1 | 1 | 7 | 11 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | |
| Pilot schedule | 156 | 1 | 22 | | 3 | 23 | 3 | 6 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | | 18 | 1 |
| CH16 VHF | 10 | 1 | 5 | | 3 | 1 | 2 | | | | 1 | 2 | 1 | | 3 | | |
| CH12 VHF | 69 | | 39 | | 1 | 11 | 3 | | 1 | | 1 | 1 | 5 | 3 | | | |
| CH77 VHF | 10 | | | | | 2 | | 1 | | | 1 | | 3 | 2 | 1 | | 1 |
| Telephone | 1 | | 2 | | 2 | | 1 | | | | | 3 | | | | | |
| PORT-MIS | 12 | | | | | | 1 | 1 | | | 24 | | | | | 2 | |
| Schedule_keyboard | | | | | | | | 1 | | | 2 | | | | | 3 | 3 |