

선박운항자 항로횡단 이격거리 인식 차이 연구

박상원* · 강원식** · 박영수*** · 김대원*** · 신기영****

* 전남대학교 교수, ** 제주대학교 교수, *** 국립한국해양대학교 교수, **** 마산항도선사협회 도선사

Ship Operators' Perception Differences in Crossing Distance Between Vessels

Sangwon Park* · Wonsik Kang** · Youngsoo Park*** · Daewon Kim*** · Ki-young Shin****

* Professor, Department of Maritime Police science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

** Professor, College of Ocean Sciences, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

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

**** Harbor pilot, Masan harbor pilot's association, Masan 51716, Korea

요약 : 선박은 운항 중 다른 선박과 조우하며, 정해진 규정에 따라 대응해야 한다. 그러나 이러한 기준은 큰 원칙만 있을 뿐 구체적인 수치는 제시하지 않고 있다. 그러므로 큰 원칙에 따라 선박운항자의 판단에 따라 선박은 대응한다. 선박운항자는 자신이 승선한 선박의 상황에 맞춰 대응하기 때문에 일반 상선운항자와 소형선박운항자의 이격거리에 대한 인식은 다를 수가 있다. 본 연구는 일반 상선운항자와 소형선박 운항자의 횡단 관계 시 이격거리에 대한 인식차이를 분석하고자 했다. 이를 위해 해상교통조사를 수행하고 선박운항자 대상 설문조사를 수행했다. 해상교통조사 결과, 가덕수도를 통항하는 선박은 선수방향에 약 300m의 이격거리를 통항하고 있었으며, 설문조사 결과 소형선박운항자의 안전거리가 일반 상선운항자의 위험거리보다 짧은 것으로 나타났다. 이를 통해 선박크기별로 적정 이격거리의 차이가 있어야 하며, 선박 길이와 관계없이 타선박과 일정한 이격거리가 필요함을 확인했다.

핵심용어 : 선박운항자, 소형선박, 안전거리, 점용영역, 설문조사

Abstract : Ships encounter other vessels during navigation and must respond accordingly based on established regulations. However, these regulations offer only broad principles without specific guidelines. Therefore, ships rely on the judgment of the ship operator under these broad principles. The ship operator provides responses based on the type of vessel they are operating, which can result in different perceived safe distances between merchant and small-vessel operators. This study analyzes the differences in crossing-distance perceptions between these two groups. A marine traffic survey and questionnaire are conducted. The results show that vessels in the Gaduk Strait maintained a crossing distance of approximately 300 m. The survey indicates that small-vessel operators perceive a shorter safe distance than the risk distance recognized by merchant-vessel operators. This highlights the necessity for different appropriate distances depending on vessel size and confirms that a consistent separation distance is necessary regardless of the vessel length.

Key Words : Ship operator, Small ship, Safe distance, Ship domain, Questionnaire

1. 서론

「해상교통안전법」 제2조(정의)의 통항로를 따라 항해하는 선박에서 위험한 순간은 횡단하는 선박의 존재이다. 횡단하는 선박은 선박이 통항하는 항로의 방향과 다르며, 특히 여유 수역이 협소하다면 피항동작이 제한받기 때문이다.

최근 5년간(2019~2023년) 발생한 해양사고 통계에 따르

면, 무역항 및 진입수로에서 총 1,713건의 해양사고가 발생했다. 사고 종류별로 기관고장(300건), 침수(250건), 충돌사고(213건) 순으로 많이 발생했다(KMST, 2024). 충돌사고는 5대 주요사고(충돌, 전복, 침몰, 화재폭발, 안전사고) 중 가장 많이 발생한 사고이다. 이러한 충돌사고를 예방하기 위해서 「해상교통안전법」은 충돌을 피하기 위한 동작을 취할 때에는 다른 선박과 안전한 거리를 두고 통과할 수 있도록 정하고 있다.

선박과 선박이 통과할 때에는 조우관계가 발생하는데, 이 조우관계는 앞서르기, 마주치는 상태, 횡단하는 상태로 구분

* First Author : parksw@jnu.ac.kr, 061-659-7189

† Corresponding Author : youngsoo@kmou.ac.kr, 051-410-5085

된다. 이 중 2척의 동력선이 상대의 진로를 횡단하는 경우를 횡단하는 상태라고 한다. 충돌의 위험이 있을 때에는 다른 선박을 우현 쪽에 두고 있는 선박이 그 다른 선박의 진로를 피해야 한다. 진로를 피해야 하는 선박은 부득이한 경우를 제외하고는 다른 선박의 선수 방향은 횡단해서는 안된다(MOLEG, 2024). 규정은 부득이한 상황을 제외하고 선수 횡단을 금지하며, 두 선박의 항해 시에는 충돌 예방을 위해 상당한 거리를 유지해야 한다고 하지만, 부득이한 상황이나 상당한 거리 등에 대한 명확한 기준은 없다. 특히 항로를 항해하고 있는 상선과 횡단선인 소형선박이 생각하는 상당한 거리는 다를 수 있다. 항로를 따라 항해하는 상선의 경우에는 여유 공간 부족 등으로 피항조치에 제약을 받을 수 밖에 없다. 그러므로 항로 상에서 부득이한 경우의 횡단 시 최소한의 정량적인 안전거리가 필요하다.

애매모호한 선박과 선박간의 거리는 연구마다 다양하게 제시되었다. Fujii and Tanaka(1971)는 점용영역(Effective domain)을 대부분의 항해사가 침범하지 않으려는 영역으로 정의하고, 도쿄만을 항해하는 70 m ~ 140 m의 선박 관측을 통해 장축 1,000 m, 단축 600 m 타원형태의 점용영역을 도출했다. 선박 길이를 고려했을 때에는 장축 7L, 단축 3L의 점용영역을 제시했다. Goodwin(1973)은 북해에서 교통조사를 통해 타원형태가 아닌, 우현(0.85 NM), 좌현(0.7 NM), 선미(0.45 NM)의 각각 다른 길이의 선박 점용영역을 제시했다. Coldwell(1983)은 조우상황별로, 좌우현에 따라 점용영역이 다름을 제시했다.

Szlacpzyński and Szlacpzyńska(2017)는 학계에서 논의 중인 선박 점용영역을 요약 정리하였다. 각 점용영역별로 정의, 안전기준, 실험방법, 점용영역에 영향을 미치는 요인이 각각 다르다고 했다.

해외의 점용영역 연구는 우리나라 해상교통환경과 상이하기 때문에, Park et al.(2010)은 우리나라 해상환경 중심의 안전거리(시정 양호한 주간 선수전방 4.4 L, 선미후방 3.1 L, 정횡 2.6 L)를 제시했다. Park and Jeong(2014)은 태풍 소멸 후 진해항으로 피항한 선박이 회항하는 상황의 선박교통 데이터를 활용하여 선박의 점용영역(장축 3 L, 단축 2 L)을 도출했다. Kim(2013)은 VTS 관제사 중심의 선박 간 안전거리를 도출했으며, 부산항의 경우 주간 전후거리는 2.2 cable, 정횡 거리는 2.1 cable로 나타났다. Lee and Song(2017)도 VTS 관제사 대상 설문조사를 통해 점용영역을 도출했으며, 장직경 11.3 L, 단직경 8.7 L로 중심이 선미 방향으로 이동한 타원형임을 알아냈다.

점용영역이나 안전거리에 관한 연구는 국내외 다양하게 수행되고 있으며, 각 연구에서 사용하는 요인과 거리의 값도 다양하게 나타난다. 특히 많은 연구에서 안전거리는 선박 길이를 기준으로 무차원화된 수치를 사용하고 있는데,

이는 선박의 크기에 따라 안전거리가 변화한다는 것을 의미하지만 선박의 길이에 비례하는 값으로 규칙적이다.

본 연구에서는 선박운항자의 설문조사를 통해 대형선과 소형선박운항자가 체감하는 안전거리를 도출하고자 한다. 이를 위해 부산항 제 5항로(가덕수도)를 대상으로 교통조사를 수행하고 실제 선박의 안전거리를 도출했다. 그리고 소형선과 대형선의 운항자를 대상으로 안전거리를 설문했다. 설문 결과를 통계분석하여, 인식의 유의미한 차이를 제시하고자 한다.

2. 선수횡단 현황분석

2.1 항로횡단과 관련한 규정

「해상교통안전법」 제80조는 횡단하는 상태를 규정하고 있다. 횡단하는 상태는 2척의 동력선이 상대의 진로를 횡단하는 경우다. 이 때 다른 선박을 우현 쪽에 두고 있는 선박이 그 다른 선박의 진로를 피해야 한다. 또한 다른 선박의 진로를 피해야 하는 선박은 부득이한 경우를 제외하고서는 다른 선박의 선수 방향의 횡단을 금하고 있다. 그러나 횡단하는 선박의 공간을 특정하여 규정하고 있지는 않다.

「해상교통안전법」 제75조에서는 통항분리수역에서의 항법을 규정하고 있다. 제3항에 따르면, 선박은 통항로를 횡단해서는 안된다고 규정하고 있다. 부득이하게 통항로를 횡단해야 하는 경우는 그 통항로와 선수방향이 직각에 가까운 각도로 횡단해야 한다고 규정하고 있다.

종합하면, 우리나라 규정에는 항로를 횡단하는 상황에 대한 명확한 규정은 없다. 그러나 횡단 상황에서는 선수횡단을 명확히 법으로 금하고 있으며, 이는 통항분리수역에서도 마찬가지이다. 다만 부득이한 상황에는 선수횡단이 가능하며, 그 각도는 선수방향에 직각방향으로 정하고 있다.

통항로나 항로에서 부득이하게 선수 횡단을 하는 경우에는 선박충돌을 피해야 한다. 「선박입출항법」 제12조는 항로 밖에서 항로로 들어오거나 항로에서 항로 밖으로 나가는 선박은 항로를 항행하는 다른 선박의 진로를 피해서 항행해야 한다고 정하고 있다. 그럼에도 불구하고 충돌 위험이 발생하면, 「해상교통안전법」 제73조에 따라 충돌을 피하기 위해 다른선박과의 사이에 안전한 거리를 두고 통과할 수 있도록 동작을 취해야 한다.

종합하면, 항로상 항행하는 선박과 항로를 횡단하는 선박 간 횡단상태가 형성되면, 횡단하는 선박은 항로상의 항행하는 선박의 선수를 횡단해서는 안된다. 그럼에도 불구하고 횡단하여, 충돌 위험이 발생하는 경우에는 안전한 거리를 두고 통과할 수 있도록 조치를 취해야 한다. 규정상으로는 선수 통항 금지만 있으며, 정량적인 안전거리는 제시하지 않고 있다.

2.2 교통조사

선수 통과하는 선박의 현황을 분석하기 위해 2022년 중 부산신항 입출항 선박 척수가 가장 많았던 11월의 연속된 3일간 AIS 데이터를 분석했다. Fig. 1은 해상교통조사 및 AIS 데이터 분석 개요를 나타낸다.

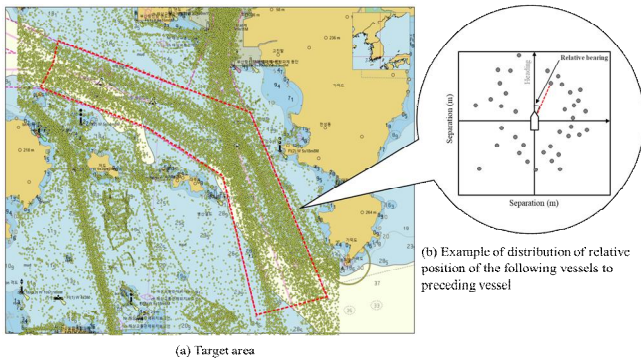


Fig. 1. Target area and method of analysis.

Fig. 1(a)는 대상구역을 통항하는 선박의 위치를 표시한 그림이다. 붉은색은 부산항 제5항로(가덕수도)를 나타낸다. 가덕수도에 접근하는 선박은 수로를 따라서 부산신항에 입항하거나 마산항 방향으로 향한다. 반대로 마산항이나 부산신항에서 출항한 선박은 가덕수도를 따라서 외해로 진출한다. 반면 가덕수도를 따른 흐름이 아닌, 가덕도 방향에서 수로를 가로질러 횡단하는 흐름도 관찰할 수 있다.

Fig. 1(b)는 AIS 데이터 분석 개요를 나타내는 그림이다. 대상구역을 항해하는 선박의 안전거리 분포를 확인하기 위해 가덕수도를 항행하는 선박의 침로를 중심으로 1 NM 내 타선박에 대한 상대 방위와 이격거리를 측정했다. 가덕수도 내를 통항하는 모든 선박에 대해 상대선의 위치를 도출하고 3일간 데이터를 누적하면, 선박 간 이격거리의 분포를 도출할 수 있다.

Fig. 2는 Fig. 1(b)의 방법을 활용하여, 대상해역에서 항해하는 선박을 중심으로 타선박 위치 분포를 히트맵으로 표현한 그림이다.

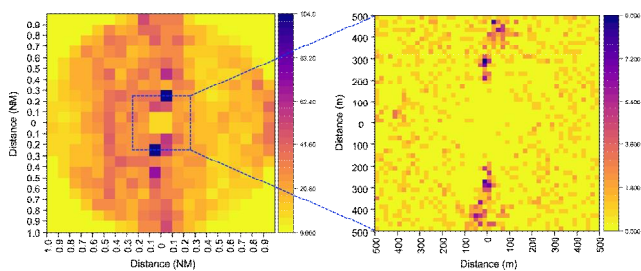


Fig. 2. Heatmap of ship domain in Gaduk fairway.

푸른색으로 갈수록 선박의 밀도가 높고, 노란색으로 갈수록 선박의 밀도가 적다. 선박의 위치는 GPS 안테나 위치이기 때문에 상대선박과의 거리 및 방위는 중심이 되는 선박의 안테나에서 다른선박까지의 안테나를 기준으로 측정된다. 중심으로 부터 전방, 후방, 좌우현 0.1 NM (약 182 m) 사이에는 선박이 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 선박 점용영역은 장단축 0.2 NM (약 364 m)로 도출되었다.

Park and Jeong(2014)이 태풍피항 후 회항하는 선박을 대상으로 제시한 장축 3L, 단축 2L을 Lee and Ahn(2013)가 제시한 우리나라 표준선박인 100 m로 환산한다면 장축 300 m, 단축 200 m으로 점용영역의 경향은 유사한 것으로 나타났다.

선수 방향에서 횡단 시의 이격거리를 분석하기 위해 Fig. 1의 상대선박 데이터 중 선수방향의 데이터를 추출했다. 통상적인 사람 시야의 범위를 고려하여 선수방향 데이터는 선수를 중심으로 좌우 110도로 설정했다(Hashimoto, 1996). Fig. 3은 선수방향의 선박 이격거리를 히스토그램으로 나타낸 그림이다.

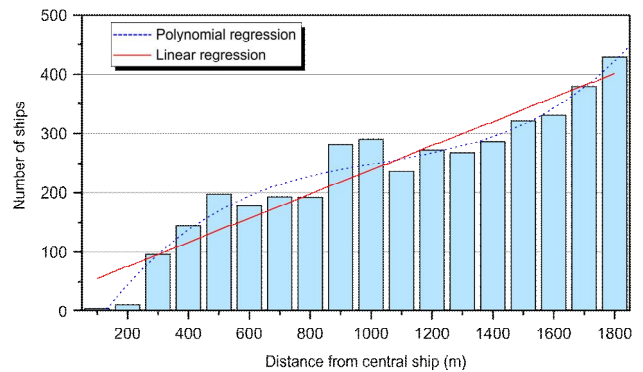


Fig. 3. Histogram of ship distance.

Goodwin(1973)은 선박 점용영역이 존재한다면, 선박의 중심과 가까울수록 균일한 추세선보다는 작은 값을 나타내며, 일정영역은 추세선보다 높은 값을 나타낼 것이라고 했다. 이를 확인하기 위해 Fig. 3에 추세선을 추가했으며, 중심으로 부터 300 m 이하는 추세선보다 낮은 값, 300 m에서 1000 m 사이는 추세선 보다 높은 값이 나타났다. 식(1)은 선형회귀, 식(2)은 다항회귀에 따른 수식을 나타낸다.

$$y = 34.45 + 0.203x \quad (1)$$

$$y = -94.03 + 0.825x - 7.14 \times 10^{-4}x^2 + 2.3 \times 10^{-7}x^3 \quad (2)$$

선행연구의 결과처럼 추세선을 중심으로 일정한 거리를 기준으로 선박의 중심으로 갈수록 선박의 수가 적은 것을 확인할 수 있었다. 선수방향에서는 약 300 m의 거리를 유지하고 선박이 통항하는 것을 확인했다.

3. 설문조사를 통한 인식 차이 분석

3.1 개요

선수 횡단에 대한 선박 크기에 따른 인식차이를 확인하기 위해 선박운항자를 대상으로 설문조사를 수행했다. 소형선박운항자는 「선박안전법」 제2조에 따라 선박 길이 12 m 미만의 선박을 운항하는 사람을 대상으로 했다. 설문조사는 2024년 5월 22일부터 6월 1일까지 10일간 진행되었으며, 소형선박운항자 30명을 포함한 총 73명의 선박운항자가 설문

에 응답했다. 설문조사에서 공통적으로 타선박을 횡단하는 조우 관계 시 선박운항자가 느끼는 안전한 거리(안전거리)와 충돌위험을 느끼는 거리(위험거리)를 주관식으로 질의했으며, 소형선박운항자의 경우 상선 앞을 통과한 빈도와 평균 이격거리를 추가로 질의했다. 설문조사를 통해서 소형선박운항자의 이격거리 인식 차이가 있는지, 있다면 그 수치가 어느 정도인지 파악하고자 했다.

3.2 설문조사 결과

3.2.1 대형선의 위험거리와 안전거리

Fig. 4는 일반 상선 선박운항자가 인식하는 안전거리와 충돌 위험을 느끼는 거리를 나타낸다. 안전거리는 선수방향에 선박이 통과할 때, 「해상교통안전법」 제73조에 따른 안전거리를 의미한다. 일반 상선운항자가 생각하는 안전거리는 1,000 m가 16명으로 가장 많이 응답했으며, 평균 1,417 m (0.76 NM)로 나타났다. 위험거리는 위험하다고 느끼는 거리로 안전거리와 동일하게 1,000 m라 응답한 인원이 가장 많았으며, 평균 789 m (0.42 NM)로 나타났다. 이는 안전거리와 위험거리를 나누는 기준을 1,000 m로 판단 했기 때문이다.

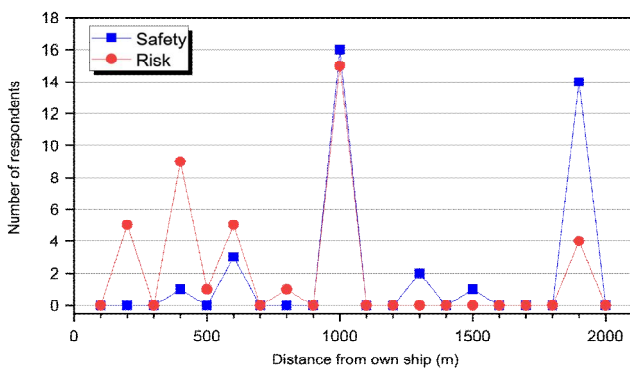


Fig. 4. Merchant ship operator's distance.

3.2.2 소형선의 위험거리와 안전거리

Fig. 5는 소형선박운항자가 인식하는 안전거리와 충돌 위험을 느끼는 거리를 나타낸다. 소형선박운항자가 생각하는 안

전거리는 500m가 7명으로 가장 많이 응답했으며, 평균 598 m (0.32 NM)로 나타났다. 위험하다고 느끼는 거리는 100 m로 응답한 인원이 가장 많았으며, 평균 266 m (0.14 NM)로 나타났다.

소형선박운항자가 생각하는 안전한 거리는 598 m로 일반 상선운항자가 위험하다고 판단되는 거리인 789 m보다도 작은 것으로 조사되었다. 즉 일반 상선운항자에게는 위험한 거리가 소형선박운항자에게는 안전한 거리로 인식될 수 있다는 의미이다.

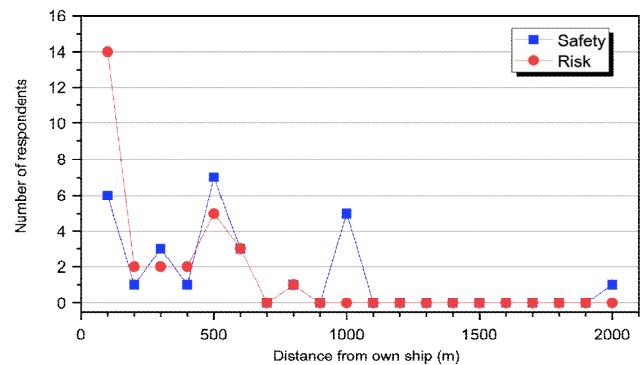


Fig. 5. Small ship operator's distance.

3.2.3 T-test를 활용한 인식차이 유의성 검증

일반 상선운항자와 소형선박운항자간 응답한 위험거리와 안전거리의 평균이 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위해 T-Test를 수행했다. Table 1은 소형선박 운항자와 일반 상선운항자의 안전거리에 대한 T-test 분석 결과이다. 두 집단 간 평균 차이를 확인하기 위해서 먼저 F-검정을 수행했으며, p값(0.006)이 0.05보다 작아서 T-test(이분산 가정)을 수행했다. T-test 결과, p 값이 1.244×10^{-5} 로 0.05보다 작기 때문에 소형선박운항자와 일반 상선운항자가 생각하는 안전거리의 평균은 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 2. Result of T-test (Safe distance)

Category	Small ship operator	Merchant ship operator
Average (m)	598.8	1,417.0
Variance (m ²)	301659.9	757394.1
Sample size	29	39
Hypothesis mean difference	0	
Degree of freedom	64	
T-statistic	-4.737	
P(T<=t) one-tailed test	6.220×10^{-6}	
t critical value for one-tailed test	1.669	
P(T<=t) two-tailed test	1.244×10^{-5}	
t critical value for two-tailed test	1.997	

Table 2는 소형선박운항자와 일반 상선운항자의 위험거리에 대한 T-test 분석 결과이다. 두 집단 간 평균 차이를 확인하기 위해서 먼저 F-검정을 수행했으며, p 값(6.801×10^{-7})이 0.05보다 작아서 T-test (이분산 가정)을 수행했다. T-test 결과, p 값이 1.244×10^{-5} 로 0.05보다 작기 때문에 소형선박운항자와 일반 상선운항자가 생각하는 안전거리의 평균은 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 3. Result of T-test (Risk distance)

Category	Small ship operator	Merchant ship operator
Average (m)	266.4	789.1
Variance (m ²)	46863.1	312891.4
Sample size	29	41
Hypothesis mean difference	0	
Degree of freedom	55	
T-statistic	-5.435	
P(T<=t) one-tailed test	6.434×10^{-7}	
t critical value for one-tailed test	1.673	
P(T<=t) two-tailed test	1.286×10^{-6}	
t critical value for two-tailed test	2.004	

3.2.4 소형선박 통과빈도 및 거리

Fig. 6은 소형선박운항자의 선수횡단 빈도와 평균 이격거리를 나타낸다. 5번 조우 하면, 몇 번정도 타 선박의 선수 횡단하며, 횡단 시 이격거리를 질의 했다. 설문조사 결과 평균 5번 조우 중 2회 정도 선수를 횡단하는 것으로 나타났으며, 1회 미만이라고 응답한 인원이 15명(50%)으로 가장 많았다. 이 때의 이격거리 평균은 약 620 m로 응답했다.

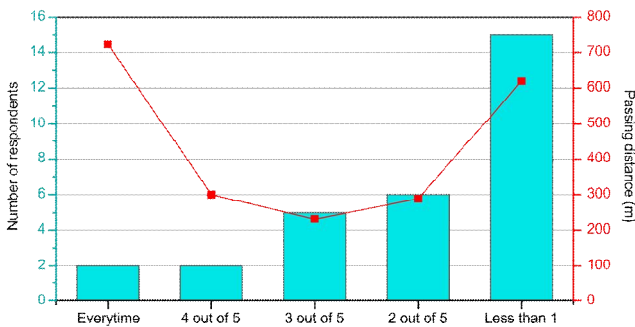


Fig. 6. Bow passing frequency and distance.

즉 소형선박운항자는 교차하는 조우관계 중 평균 40%는 상선의 선수를 통항하고 있으며, 이격거리의 평균은 약 473 m이다. 소형선박운항자는 안전하다고 판단되는 거리를 이격

하여, 횡단하고 있으나 일반 상선운항자 입장에서는 위험한 거리에서 선수 횡단하고 있는 것으로 보인다. 소형선박운항자와 일반 상선운항자 사이에는 횡단 시 이격거리에 대한 인식 차이가 있는 것으로 판단된다.

4. 고찰

4.1 선행연구 비교분석

설문조사 결과, 소형선박운항자와 일반 상선운항자의 이격거리 안전성에 대한 인식차이가 있는 것으로 나타났다. 안전거리의 경우 소형선박운항자는 평균 598 m, 상선운항자는 평균 1,417 m였으며 위험거리는 소형선박운항자 평균 266 m, 상선운항자 평균 789 m였다. 설문조사로 도출된 각 이격거리는 선행연구의 이격거리와 비교했다. Fig. 7은 선박 길이별 선행연구의 선수방향 이격거리를 나타내는 그림이다. 일부 선행연구는 선박의 길이를 기반한 무차원 계수로 이격거리를 제시하여, x축에는 본선의 선박 길이, y축에는 이격거리를 표기했다.

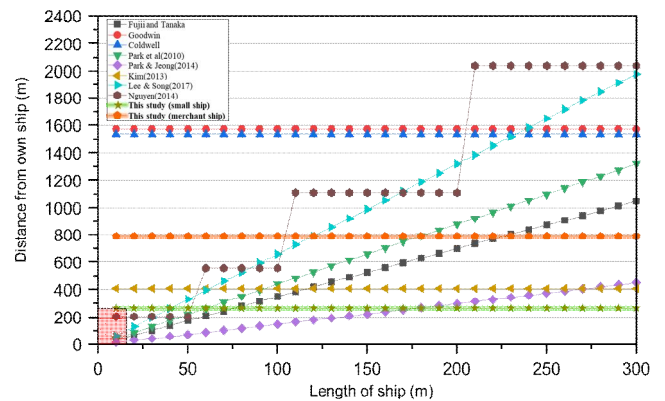


Fig. 7. Comparison of literature review distance.

선박의 길이를 고려하지 않는 경우에는 소형선박운항자가 생각하는 위험거리는 큰 차이가 났다. Goodwin(1973), Coldwell(1983)이 제안한 이격거리는 소형선박운항자가 안전하다고 제시한 598 m보다 더 컸다. 다시말해서, 선박의 크기를 반영하여 위험거리나 안전거리가 제시되는 것이 바람직하다고 판단된다.

소형선박운항자가 제시한 위험거리 266 m를 소형선박 길이 기준인 12 m를 활용하여, 무차원화하면 22.1 L이 된다. 선박 길이의 22.1배의 위험거리가 필요하다는 의미이다. Fig. 7에서 붉은색으로 강조한 부분은 선박 길이 12 m 이하의 이격거리를 나타낸다. 선박 길이의 배수를 활용한 점용영역의 경우에는 실제 소형선박운항자가 인식하는 위험영역보다도

점용영역이 훨씬 짧다. 즉 선박의 점용영역은 선박 길이를 고려하여 설정되나 선박 길이와는 관계 없이 일정 크기의 영역은 필요할 것으로 판단된다. 선박운항자가 판단하는 타선박과 이격거리는 선교를 중심으로 거리가 측정된다. 그러므로 이격거리에 선교부터 선수까지의 거리를 빼면, 선박운항자가 인식하는 최소 이격거리가 될 수 있다.

4.2 경험 비교분석

Fig. 8은 선박운항자 대상 설문조사 결과와 가덕수도를 통한 선박의 이격거리를 동시에 나타내는 그림이다. 가덕수도를 통한 선박의 선수방향 이격거리는 약 300 m로 나타났으며, 소형선박운항자의 위험거리로 도출된 266 m 이하로 통과하는 선박은 거의 없었다.

Fig. 3에 따르면, 다항식 추세선은 두번의 꼭지점이 선형식 보다 상승된다. 즉 선박이 상대적으로 많이 분포하는 꼭지점이 두 번 존재한다는 의미인데, 첫번째 상승 꼭지점은 소형선박운항자의 안전영역, 두번째 상승 꼭지점은 상선 선박운항자 안전영역인 것으로 나타났다. 이는 Goodwin(1973)이 제시했던 선박 점용영역이 존재하면 일정 영역은 선박수가 증가하고, 일정 영역에서는 선박 수가 줄어 선형 분포에서 어긋나는 부분이 있다는 내용과 일치한다. 가덕수도에서 통항하는 선박에서도 선형연구와 유사하게 점용영역이 나타나는 것으로 판단되며, 이는 소형선박과 일반 상선의 두 영역으로 나눌 수 있으며 각각의 이격거리에는 차이가 있다.

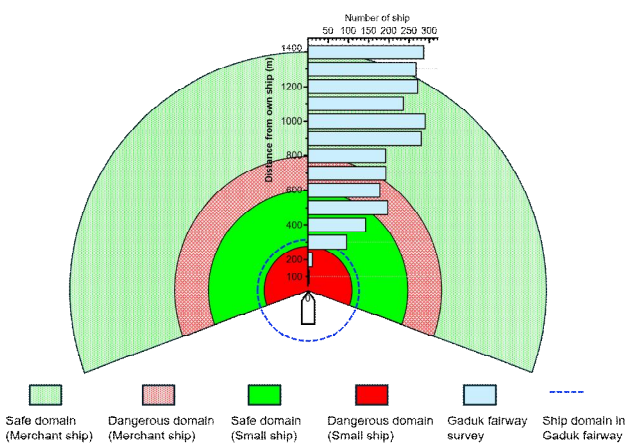


Fig. 8. Survey results on ship separation distance.

4.3 시사점

항로에서 선박의 충돌 위험은 단위시간 당 통과하는 선박의 척수와 항로에서 상황마다 선박 간 조우할 확률의 곱으로 다음의 식과 같이 나타낼 수 있다(Kristiansen, 2005). 본 연

구에서는 항로에서 조우관계 중 선수를 횡단하는 선박과의 이격거리를 선박운항자의 설문을 통해 도출했다.

항로에서 선박 간 조우할 때의 조우 확률은 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$P_i = N_{mi}/v \times 2 \times (B+L) \quad (3)$$

여기서, N_{mi} : 조우하는 선박의 단위시간 당 도착률

v : 통항선박의 평균 속도

L : 선박 길이

B : 선박 폭

조우 확률은 항로 공간에서 두선박이 차지하는 공간을 도출하는 것이다. 이 때 선박의 길이와 폭이 선박의 공간을 나타낸다. 식(3)에서 조우 확률은 선박의 길이와 폭의 합에 비례하기 때문에 길이에 따라 정비례해서 확률이 높아진다. 선박의 충돌을 Fujii and Tanaka(1971)가 제시한 침범하고 싶지 않은 영역을 기준으로 한다면, 각 선박의 상세한 위험거리가 필요하다. 위험거리는 조우 확률과 정비례하기 때문에 해상 교통 환경이나 선박의 조건에 따른 위험거리는 중요하다.

본 연구를 통해서 소형선박과 일반 상선운항자가 생각하는 위험거리는 다르다는 것을 통계적으로 검증했다. 이는 선박의 위험거리를 반영한 항로의 충돌 위험도를 계산할 때에는 선박의 크기를 반영해야함을 의미한다. 특히 선형연구에서 사용하고 있는 선박 점용영역은 선박 길이에 비례하여 도출하지만, 본 연구에서는 소형선박의 경우 일정 길이의 거리가 필요함을 밝혀낸 것에서 의의가 있다.

그러나 본 연구에서는 가덕수도를 대상으로한 교통조사, 가덕수도를 이용하는 선박운항자를 대상으로한 연구결과로 모든 교통환경에 적용하기에는 무리가 있다. 또한 선박의 유형도 소형선박과 일반 상선으로 이분화하였다는 점은 본 연구의 한계이며, 추후 연구가 필요하다.

5. 결론

선박은 운항 중에 타 선박과 다양하게 조우하며, 법에서 정한 기준에 따라서 대응한다. 그러나 법에서 정한 기준은 애매하며, 법에 적용되는 선박의 범위도 세분화되어 있지 않다. 특히 대형선과 소형선박이 선박의 크기 차이로 인식하는 이격거리도 다를 수가 있다. 이에 본 연구는 중앙해양안전심판원에서 정하고 있는 주요 해양사고 중 진입수로에서 가장 많이 발생하고 있는 충돌사고를 대상으로 선박운항자의 안전 이격거리를 도출하고자 했다. 이를 위해 가덕수도를 항해하는 선박을 대상으로 교통조사를 하고, 해당 구

역을 항해하는 선박운항자를 대상으로 설문조사를 실시 했다. 이를 통해 도출한 결론은 다음과 같다.

(1) 법에서는 조우 상황 시 선수 횡단을 원칙적으로 금하고 있으며, 충돌을 피하기 위해서는 안전한 거리를 두고 통과하도록 정하고 있으나 상세한 거리는 없다.

(2) 가덕수도를 통항하는 선박을 대상으로 해상교통조사 결과, 선수 방향의 최소 약 300 m의 거리를 두고 통항하는 것으로 나타났다.

(3) 선박운항자 대상 설문조사 결과, 소형선박운항자와 일반 상선운항자가 인식하는 위험거리와 안전거리는 통계적으로 유의한 수준에서 차이가 있었다. 특히 소형선박운항자의 안전거리는 일반 상선운항자가 인식하는 위험거리보다도 짧아서, 두 그룹간의 인식차이가 큰 것으로 나타났다.

(4) 선박과 선박 간 통항 시 이격거리는 선박 크기 등을 고려해야하며, 소형선박의 경우 선박크기 뿐만아니라 일정 길이의 여유 거리가 필요함을 확인했다.

본 연구는 소형선박과 일반 상선운항자가 체감하는 이격거리가 다름을 정량적으로 확인 했다는 것에 의의가 있다. 또한 소형선박일 수록 선박크기 뿐만아니라, 일정 길이 이상의 여유거리가 필요함도 확인했다. 선박 간 이격거리는 항로의 충돌 위험을 도출하는데 중요한 요인이며, 지속적으로 이에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 추후에는 연구의 범위를 확장하고 선박 크기 등을 좀 더 세분화하여, 다양한 해역과 선종에도 적용할 수 있는 안전거리 및 선박 길이에 영향을 받지않는 최소한의 이격거리 도출이 필요하다.

References

- [1] Coldwell, T. G.(1983), Marine traffic behaviour in restricted waters. The Journal of Navigation, Vol. 36, pp. 430-444.
- [2] Fujii, Y. and K. Tanaka(1971), Traffic Capacity. The Journal of Navigation, Vol. 24, pp. 543-552.
- [3] Goodwin, E. M.(1973), A statistical study of ship domains. The Journal of Navigation, Vol. 26, pp. 130-130.
- [4] Kim, J. S.(2013), A Basic Study on the VTS Operator's Minimum Safe Distance. Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, Vol. 19, No. 5, pp. 476-482.
- [5] KMST, Korean Maritime Safety Tribunal(2024), Marine accident Statistics.
- [6] Kristiansen, S.(2005), Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis, Routledge.
- [7] Lee, J. S. and C. U. Song(2017), A Study on the Degree of Collision Risk through Analysing the Risk Attitude of Vessel Traffic Service Operators. Journal of Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 93-102.
- [8] Lee, Y. S. and Y. J. Ahn(2013), A Study on the Standard Ship's Length of Domestic Trade Port. Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, Vol. 19, No. 2, pp. 164-170.
- [9] MOLEG(2024), Korea Ministry of Government Legislation, Maritime Traffic Safety Act.
- [10] Nguyen, X. T.(2014), A Study on the Development of Real Time Supporting System for VTS Officers, Ph.D. thesis, Korea Maritime and Ocean University, Republic of Korea.
- [11] Park, Y. S. and J. Y. Jeong(2014), A Study on the Marine Traffic Congestion by Analysis of Ship's Domain. Journal of the Korean Society of Marine Environment and safety, Vol. 20, No. 5, pp. 535-542.
- [12] Park, Y. S., J. Y. Jeong, and J. S. Kim(2010), A Study on the Minimum Safety Distance between Navigation Vessels based on Vessel Operator's Safety Consciousness. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 16, No. 4, pp. 401-406.
- [13] Szlapczynski, R. and J. Szlapczynska(2017), Review of ship safety domains: Models and applications. Ocean Engineering, Vol. 145, pp. 277-289.
- [14] Hashimoto, S.(1996), Visual information and human error (視覚情報とヒューマンエラー), Kaibundo.

Received : 2024. 07. 29.

Revised : 2024. 08. 21.

Accepted : 2024. 08. 29.