

ND-K-S를 적용한 항로 통항분포와 통항패턴 분석에 관한 연구

김종관*

*한국해양수산연수원 교수

A Study on the Analysis of Traffic Distribution and Traffic Pattern on Traffic Route using ND-K-S

Jong-Kwan Kim*

*Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Buasn 49111, Korea

요 약 : 항로는 선박의 통항이 빈번하여 사고의 위험이 높은 지역이지만, 선박의 통항분포에만 초점을 맞춘 연구가 다수였으며, 항로의 특성과 선박의 크기별 통항패턴에 대한 연구는 부족하였다. 이에 본 연구에서는 3개의 주요 항로에서의 통항분포와 통항패턴을 분석하기 위해서 3일간의 선박의 통항현황을 조사하였다. 통항현황을 바탕으로 항로를 10개의 Gate line으로 구분하고 각 Gate line을 통과하는 선박크기를 소형선, 중형선, 대형선으로 세 분류하여 분석하였다. 각 항로의 통항분석을 바탕으로 각 Gate line에서의 통항분포에 대하여 ND-K-S(Normal Distribution-Kurtosis-Skewness)를 적용하여 평가하였다. ND 평가 결과 통항분포에서 대형선은 정규분포를, 중형선은 편도항로에서만 정규분포를 만족하고, 소형선은 정규분포를 만족하지 않는 것으로 평가되었다. K-S 평가 결과 통항패턴은 왕복항로와 편도항로에서 뚜렷한 구분을 보였다. K 평가의 결과 편도항로에서는 고루 항로를 이용하는 통항패턴을 가지지만, 왕복항로에서는 항로의 한 부분에 집중하는 통항패턴을 가지는 것으로 평가되고, S 평가의 결과 편도항로에서는 항로의 중앙을 따라 항행하는 통항패턴을 가지지만, 왕복항로에서는 항로의 우측에 치우치는 통항패턴을 가지는 것으로 평가되었다. 다만 본 연구는 3개의 주요 항로를 비교한 만큼 향후 다양한 환경에서의 항로분석이 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 항로, 정규분포, 왜도, 첨도, 통항분포, 통항패턴, 선박크기

Abstract : A traffic route is an area associated with high risk for accidents due to the flow of heavy traffic. Despite this concern, most studies related to traffic focus solely on traffic distribution. Therefore, there is a need for studies investigating the characteristics of ships routes and traffic patterns. In this study, an investigation was carried out to analyze the traffic distribution and pattern in 3 major traffic routes for 3 days. For the purpose of the study, based on the prevailing traffic conditions, the route was divided into 10 gate lines. The ships passing through the lines were also classified into either small, medium and large. ND-K-S (normal distribution, kurtosis, and skewness) test was carried out for the traffic distribution at each gate line based on the information analyzed on each traffic route. The analysis of the results obtained from the ND test showed that large vessels have normal distribution, medium sized vessels have satisfied normal distribution in one-way route only while small sized vessels do not have normal distribution. According to the result obtained from the K-S test, normal traffic pattern shows a significant difference between two-way route and one-way route. Results obtained from the K test result shows that in the case of one-way route, vessels have a traffic pattern using a wide range on traffic route. Further analysis shows that vessels concentrate on one side of route in case of two-way route. Results obtained from the S test show that, in case of one-way route, vessels have a normal traffic pattern according to center line. However, analysis of the results shows that vessels are shifted to the right side of route in case of two-way route. Despite these findings, it should be noted that this study was carried out in only 3 ports, therefore there is need for investigation to be carried out in various routes and conditions in future studies.

Key Words : Traffic Route, Normal Distribution, Kurtosis, Skewness, Traffic Distribution, Traffic Pattern, Ship's Size

1. 서 론

항로는 선박이 입·출항통로로 이용하기 위한 수로로서 선박의 통항이 빈번하여 사고의 위험이 높은 구역이다. 중앙해양안전심판원의 통계연보(KMST, 2017)에 의하면 2017년 한 해동안 개항 및 진입수로에서 305건의 해양사고가 발생하였다. 이러한 구역에서의 사고를 방지하기 위해서는 선박의 흐름을 이해하는 것이 필수적이며, 일찍이 많은 연구들이 수행

되어왔다. 특히, 항로에서 선박의 통항분포와 통항패턴은 선박의 흐름을 이해하고 분석하는 매우 중요한 역할을 한다.

과거 다수의 선행연구에서 항로에서의 통항분포가 정규분포를 따른다고 하였다. 예를 들어 Inoue(1997)는 왕복항로와 편도항로에서 정규분포를 따른다는 것을 검증하였고, Nguyen et al. (2013)은 AIS(Automatic Identification System, 이하 AIS) 전처리 프로그램 개발을 위하여 대상해역에서의 선박 분포를 정규분포로 분석하였다. 특히, 해상교통안전진단제도의 선박 통항 안

* 종신회원, jkkim@seaman.or.kr 051)620-5794

전성 평가에 사용되는 충돌확률은 선박의 통항분포를 정규분포라고 가정하고 수행되어 왔다.

하지만, 근래에 들어 항로에서의 선박의 통항 분포가 정규분포로 해석하기에는 적합하지 않다는 연구가 다수 발표 되었다. Nguyen et al. (2015)은 말라카해협의 교통 분포가 정규분포와 상이하다고 분석하였으며, Yoo(2016)는 인천항 통항로에서 혼합 확률분포가 보다 적합하다고 하였고, Kim et al. (2017)은 부산 북항과 감천항의 위험물운반선이 정규분포를 따르지 않는다고 하였다.

다만, 앞서 설명한 선행연구에서는 통항분포에만 초점을 맞춘 연구가 다수였으며, 항로의 특성과 선박의 크기별 분포 및 패턴에 대한 연구는 부족하다는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 항로 통항분포 및 통항패턴을 보다 상세히 분석하기 위하여 선박을 크기별로 구분하였으며, 대상으로도 우리나라의 3개의 특징적인 주요 항로를 선택하여 ND-K-S(Normal Distribution-Kurtosis-Skewness) 평가를 적용한 주요 항로에서 선박 통항분포와 통항패턴에 대하여 분석하였다.

2. 통항분포와 통항패턴 분석을 위한 ND-K-S 평가

2.1 ND(Normal Distribution) 평가

선박이 항로를 통항할 경우, 일반적으로 항로 단면에서의 선박 항행 궤적의 분포는 정규분포를 이루는 것으로 알려져 있다. 이는 선박 운항자가 항로의 중앙을 따라 운항하려는 경향이 강하므로, 항로의 중앙에 집중되는 정규분포에 근사하게 된다는 이론 때문이다.

이에 국내에서도 항해 선박의 항로 이탈 확률, 교각과의 충돌확률 평가 등에 정규분포로 가정하여 분석하여 왔다.

하지만, 앞서 설명한 선행연구에서 정규분포가 적용이 적합하지 않다는 연구가 발표되고 있어 이에 대한 검정 및 적용방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

관측값들이 정규분포를 따르는 모집단에서 취하여 졌는지를 검정하는 것을 정규성 검정이라 하지만 본 논문에서는 ND 평가라고 정의하였다. ND 평가는 선박의 통항 분포를 분석하기 위한 평가로서 평가를 위하여 SPSS 프로그램 ver. 22.0을 사용하였다. SPSS 프로그램에서 ND 평가 방법은 일반적으로 Kolmogorov-Smirnov test 및 Shapiro-Wilk test(이하 SW test)가 있지만 표본수가 적은 경우에는 SW test를 실시하는 것이 좋으므로 ND 평가 방법으로 식 (1)을 이용한 SW test를 실시하였다.

$$ND = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

여기서 n 은 표본의 크기를, $x_{(i)}$ 는 i 번째 차수 통계치, 즉 표본에서 i 번째 최솟값을, \bar{x} 는 표본의 평균을 나타내며, 상수 a_i 는 식 (2)에 의해 주어진다.

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}} \quad (2)$$

여기서 $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)^T$ 이며, m_1, m_2, \dots, m_n 은 표준 정규분포로부터 추출된 순서 통계의 기댓값이며, V 는 이 순서 통계의 공분산 행렬이다.

계산결과에 따른 ND와 n 값을 만족하는 p -value가 선정된 α 값(본 연구에서는 0.05임)의 수준보다 높으면 귀무가설이 채택되어 정규분포를 따른다고 평가하였다.

2.2 K(Kurtosis) 평가

ND평가가 선박의 통항 분포에 대한 평가라면, K와 S 평가는 선박 통항패턴에 대한 평가라고 할 수 있다.

관측 값들의 산술평균 주위에 밀집된 정도를 측정하는 것을 첨도라고 하고, 본 연구에서는 K 평가라고 정의하였다. K 평가를 위해서 ND 평가와 동일하게 SPSS 프로그램을 사용하였으며, 평가식은 식 (3)과 같다. 다만, 일반적으로 K 평가의 값이 3에 가까우면 정규분포에 가까운 것이지만, SPSS와 같은 평가 프로그램을 이용할 경우에는 Fig. 1과 같이 K 평가 값이 0보다 크면 정규분포보다 뾰족한 분포를, 0보다 작으면 납작한 분포를 이룬다고 할 수 있다.

$$K = \frac{E[(X - \mu_X)^4]}{E[(X - \mu_X)^2]^2} = \frac{E[(X - \mu_X)^4]}{\sigma_X^4} \quad (3)$$

여기서 X 는 확률변수를, μ_X 는 X 의 평균을, σ_X 는 X 의 표준편차를 의미한다.

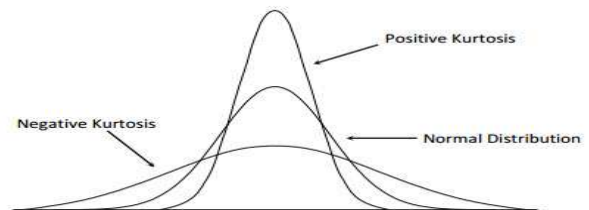


Fig. 1 Kurtosis distribution

2.3 S(Skewness) 평가

관측 값들의 비대칭성을 측정하는 도구를 왜도라고 하고, 본 연구에서는 S 평가라고 정의하였다. S 평가를 위해서 본 연구의 다른 평가와 동일하게 SPSS 프로그램을 사용하였으며, 평가식은 식(4)와 같다.

$$S = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^{\frac{3}{2}}} \quad (4)$$

여기서 n 은 표본의 크기를, x_i 는 표본 집단의 자료를, \bar{x} 는 표본집단의 평균을 나타낸다.

Fig. 2와 같이 S 평가의 결과가 0보다 크면 왼쪽으로 치우친 분포를, 0보다 작으면 오른쪽으로 치우친 분포를 이룬다고 할 수 있다.

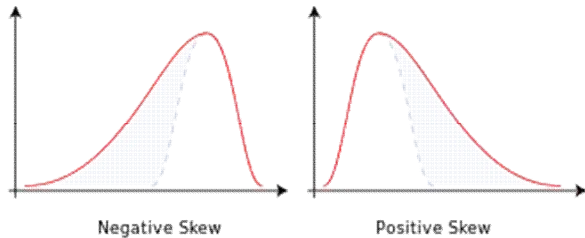


Fig. 2 Skewness distribution

3. 주요 항로에서 통항분포 및 통항패턴 분석

3.1 주요 항로의 선정 및 통항 자료 수집

항로에서의 선박 통항분포 및 통항패턴을 분석하기 위하여 부산 신항의 출입항로인 가덕수도 입구부 항로, 부산 북항 제1항로, 용도 항로를 대상항로로 선정하였다.

부산 신항 출입 항로인 가덕수도 입구부 항로는 가덕도 입구부터 신항출입항로까지의 항로로 통항분리방식을 채택하고 있으며, 선박의 통항이 빈번하고, 횡단관계가 발생하는 직선항로이다.

특히, 가덕수도 인근 수역과 진해만은 태풍이나 기타 기상 악화 시에 주로 피항지로 활용되어, 태풍의 내습 시에 남해안과 부산 일대의 피항 선박들로 인해 일시적으로 교통이 폭주하는 곳이다(Seong, 2005).

부산 북항 제1항로는 오륙도 방파제부터 부산항대교 주변까지의 항로로 왕복항로이며, 부산 신항이 개장하기 이전까지 가장 많은 물량을 처리한 북항의 주요 항로로 직선항로이다.

특히, 입구부에서 좌우로 방파제가 있어 일시적으로 교통이 밀집되는 해역이다.

용도 항로는 용도 주변해역에서 가대압 주변해역까지의 항로로 가덕수도와 동일하게 통항분리 방식을 채택하고 있으며, 인천, 평택 및 대산항을 출입하는 선박이 주로 이용하는 항로이다. 용도 항로는 중간에 흑도가 분리대 내에 있으며, 직선항로가 아닌 흑도 부근에서 꺾이는 항로이다. Table 1은 각 주요 항로에 대한 조사방법, 조사기간 및 항로의 특징을 나타낸 것이다. 각 항로의 선박 통항 데이터는 연속된 3일간의 자료이며, Fig. 3과 같이 가덕수도와 부산 북항 제1항로의 통항자료는 AIS를 이용하여 현장 수집하였고, 용도항로의 통항자료는 GICOMS(General Information Center on Maritime Safety and Security, 이하 GICOMS)의 자료를 수집하였다.

Table 1 Details of traffic survey of three traffic route

Traffic route	Source	Survey period	TSS Route	Strait route
Gadeok route	AIS	2017.06.29. ~ 07.01.	Y	Y
Busan North Port No.1 route	AIS	2018.01.25. ~ 01.27.	N	Y
Ongdo route	GICOMS	2014.01.23. ~ 01 25.	Y	N

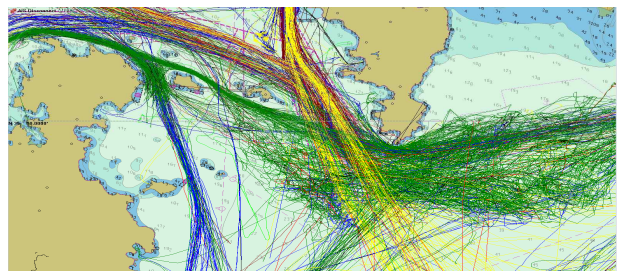


Fig. 3 Traffic survey on Gadeok traffic route

3.2 주요 항로 통항 현황 분석

선정된 3개의 항로의 통항분포와 통항패턴을 분석하기 위하여 3일간의 교통현황 자료를 분석하였다. Fig. 4와 같이 3개의 항로를 동일한 간격으로 10개의 Gate line으로 구분하고, 각 Gate line과 항로의 우측선과 만나는 점을 기점으로 선박의 정형 통항거리를 측정하였다. 기존연구와 달리 항로의 한 단면에 국한하지 않고 항로의 여러 단면으로 반연속식으로 분석하여 보다 항로 전체에 대한 설명력을 높였다.

이렇게 수집된 10개의 Gate line의 현황자료를 선박의 크기로 구분하였다. 선박의 크기 구분은 다양한 분류방법이 있지만, 해상교통공학에서 주로 분류하는 총톤수 1,000톤 미만인 선박(전장 70m)을 소형선(Seong, 2014), 해사안전법에서 거대선의 기준인 전장 200m이상의 선박을 대형선, 전장 70m이상 200m 미만의 선박을 중형선으로 크게 3분류 구분하여 분석하였다.



Fig. 4 Gate lines for inward traffic route near Ongdo

3.2.1 가덕수도의 통항 현황 분석

3일간의 조사기간 동안에 소형선은 가덕수도 10개의 Gate line을 평균 72.4척이 입항 통항하였고, 평균 69.0척이 출항 통항하였다. 선종별로는 도선이 평균 52.5척으로 가장 많았으며, 예부선이 평균 35.7척, 어선이 평균 29.9척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 중형선은 가덕수도 10개의 Gate line을 평균 36.8척이 입항 통항하였고, 평균 29.7척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 61.2척으로 가장 많았으며, 탱커가 평균 10.0척, 예부선이 평균 2.6척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 대형선은 가덕수도 10개의 Gate line을 평균 30.9척이 입항 통항하였고, 평균 22.3척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 49.4척으로 가장 많았으며, 탱커가 평균 1.9척 입·출항 하였다.

가덕수도 10개의 Gate line 상의 선박 크기별 기점으로부터의 평균 통과거리와 표준편차는 Table 2와 같다. 가덕수도에서는 선박의 크기와 관련하여 표준편차가 선박이 대형화 될수록 감소되고 있으며, 중형선과 대형선의 입·출항에서는 그 값이 거의 일치함을 알 수 있다.

Table 2 Traffic condition of Gadeok traffic route
(Unit : m)

Ship's Size	Division	Average	Standard deviation
Small vessel	Inward	535.22	281.23
	Outward	558.88	243.55
Medium vessel	Inward	594.87	191.02
	Outward	507.70	191.93
Large vessel	Inward	545.76	133.64
	Outward	502.49	134.53

3.2.2 부산 북항 제1항로의 통항 현황 분석

3일간의 조사기간 동안에 소형선은 부산 북항 제1항로 10개의 Gate line을 평균 117.7척이 입항 통항하였고, 평균 116.4척이 출항 통항하였다. 선종별로는 탱커가 평균 96.2척으로 가장 많았으며, 예부선이 평균 46.7척, 도선이 평균 43.4척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 중형선은 부산 북항 제1항로 10개의 Gate line을 평균 54.6척이 입항 통항하였고, 평균 66.2척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 76.3척으로 가장 많았으며, 이 탱커가 평균 24.8척, 여객선이 평균 14.7척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 대형선은 부산 북항 제1항로 10개의 Gate line을 평균 5.8척이 입항 통항하였고, 평균 8.0척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 13.5척으로 거의 대부분을 차지하였다.

부산 북항 제1항로 10개의 Gate line 상의 선박 크기별 기점으로부터의 평균 통과거리와 표준편차는 Table 3과 같다. 부

산 북항 제1항로에서도 가덕수도와 동일하게 선박의 크기와 관련하여 표준편차는 선박이 대형화 될수록 감소되고 있으며, 소형선과 중형선의 입·출항에서는 그 값이 거의 일치함을 알 수 있다.

Table 3 Traffic condition of Busan north port No.1 route
(Unit : m)

Ship's Size	Division	Average	Standard deviation
Small vessel	Inward	227.69	78.83
	Outward	125.41	81.58
Medium vessel	Inward	233.68	47.15
	Outward	111.92	48.48
Large vessel	Inward	231.94	34.83
	Outward	116.13	46.73

3.2.3 옹도항로의 통항 현황 분석

3일간의 조사기간 동안에 소형선은 옹도항로 10개의 Gate line을 평균 8.2척이 입항 통항하였고, 평균 8.0척이 출항 통항하였다. 선종별로는 탱커가 평균 6.8척으로 가장 많았으며, 기타선박이 평균 3.5척, 어선이 평균 3.6척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 중형선은 옹도항로 10개의 Gate line을 평균 79.0척이 입항 통항하였고, 평균 57.9척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 89.1척으로 가장 많았으며, 탱커가 평균 41.9척, 여객선이 평균 2.4척 입·출항 하였다.

3일간의 조사기간 동안에 대형선은 옹도항로 10개의 Gate line을 평균 20.2척이 입항 통항하였고, 평균 15.5척이 출항 통항하였다. 선종별로는 화물선이 평균 23.8척으로 가장 많았으며, 탱커가 평균 10.7척으로 조사되었다.

옹도항로 10개의 Gate line 상의 선박 크기별 기점으로부터의 평균 통과거리와 표준편차는 Table 4와 같다. 옹도항로도 나머지 두 항로로 유사하게 선박의 크기와 관련하여 표준편차는 선박이 대형화 될수록 감소되고 있으나, 타 항로와는 다르게 표준편차가 다소 차이가 나는 것으로 분석되었다.

Table 4 Traffic condition of Ongdo traffic route
(Unit : m)

Ship's Size	Division	Average	Standard deviation
Small vessel	Inward	1,183.37	444.45
	Outward	915.06	398.88
Medium vessel	Inward	1,243.82	302.49
	Outward	1,155.87	357.63
Large vessel	Inward	1,232.65	313.17
	Outward	1176.95	278.75

3.3 ND-K-S 평가 결과 분석

3.3.1 ND 평가 결과 분석

Table 5는 각 항로의 10개의 Gate line에서의 ND 평가 결과 나타난 P 값에 대한 결과표이다.

P 값이 0.05 이상인 경우, “정규분포를 따른다.”는 귀무가설이 성립하므로, 정규분포를 따른다고 할 수 있다.

ND 평가 결과, 가덕수도에서는 중형선과 대형선이 정규성을 보인다고 판단되고, 부산 북항 1항로에서는 대형선만이 정규성을 보인다고 평가되며, 옹도항로는 모든 선박이 정규성을 보인다고 평가된다.

또한, Fig. 5와 같이 대형선의 경우 부산 신항에 입항하기 위하여 Gate line I와 J에서 좌측으로 치우쳐 항해한 결과 정규분포를 가덕수도의 항로 분기점에서는 정규분포를 따르지 않은 것으로 판단되므로, 향후 다양한 항로의 분기점에서의 ND 평가를 수행하여 일반화 하여야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서의 ND 평가 결과는 다음과 같다.

- 1) 대형선의 경우에는 편도항로와 왕복항로의 구분, 직선항로와 꺾이는 항로의 구분 없이 정규분포를 적용하여도 무관할 것으로 판단된다.
- 2) 중형선의 경우에는 편도항로에서는 정규분포를 적용하여도 무관할 것으로 판단된다.
- 3) 소형선의 경우에는 정규분포를 적용하는 것이 제한적이므로 향후 충돌확률, 항로이탈확률 등을 구할 경우 정규분포를 적용하는 것은 다소 무리가 있으므로 보다 적합한 분포를 찾아 확률을 구하여야 할 것으로 판단된다.

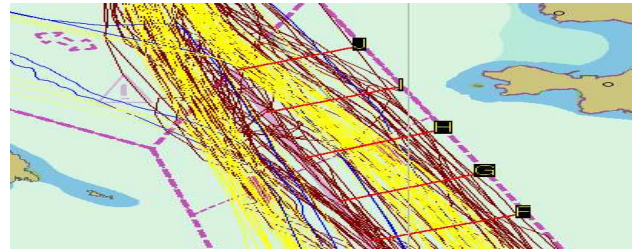


Fig. 5 Large vessel traffic pattern on gate line between I and J for inward

3.3.2 K 평가 결과 분석

Table 6은 각 항로 Gate line에서의 K와 S의 분석 결과의 평균을 나타낸 결과표이고, Fig. 6은 각 항로의 입·출항 구분 없이 평균 K 분석 결과를 나타낸 그림이다.

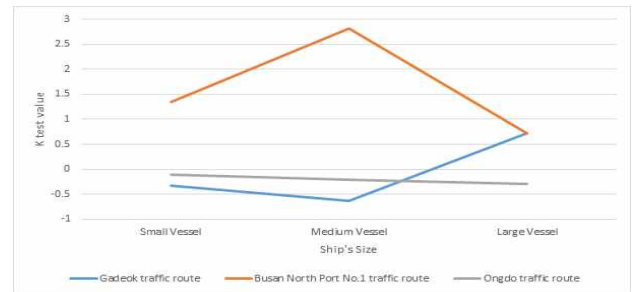


Fig. 6 Result of K test of three traffic route

Table 5 P-value of ND test result of three traffic route

Traffic route		Gadeok traffic route			Busan North Port No.1 traffic route			Ongdo traffic route		
		Small	Medium	Large	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large
Inward	A	.025	.160	.530	.095	.000	.701	.110	.929	.622
	B	.108	.073	.128	.000	.002	.108	.290	.882	.863
	C	.000	.044	.497	.000	.000	.230	.329	.754	.967
	D	.003	.101	.848	.000	.000	.977	.860	.998	.980
	E	.001	.239	.385	.000	.221	.371	.091	.568	.315
	F	.002	.763	.316	.000	.000	.674	.268	.440	.446
	G	.012	.585	.178	.000	.002	.931	.839	.995	.069
	H	.012	.479	.671	.000	.052	.105	.260	.463	.879
	I	.008	.227	.036	.000	.993	.232	.421	.417	.545
	J	.329	.644	.009	.000	.002	.555	.595	.139	.954
Outward	A	.003	.141	.208	.000	.001	.601	.229	.259	.198
	B	.003	.058	.740	.000	.003	.501	.359	.097	.831
	C	.063	.007	.449	.000	.383	.739	.135	.192	.228
	D	.000	.168	.051	.000	.079	.985	.466	.524	.842
	E	.000	.781	.858	.000	.000	.008	.795	.518	.248
	F	.001	.461	.784	.000	.000	.001	.252	.983	.900
	G	.000	.611	.478	.000	.000	.287	.017	.487	.272
	H	.002	.588	.824	.000	.000	.176	.426	.110	.973
	I	.020	.708	.417	.000	.000	.843	.450	.897	.954
	J	.032	.611	.481	.000	.044	.340	.875	.090	.363

Fig. 6에서 보는 바와 같이 K 평가 결과, 왕복항로인 부산 북항 제1항로는 편도항로인 가덕수도와 옹도항로와 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 즉, 편도항로인 경우 K 평가 경과 값이 -0.09에서 평균 -0.21정도로 0에 가까운 값을 가지는 반면에 왕복항로인 경우는 1.62 정도로 높은 K 값을 가지는 것으로 평가되었다.

즉, 편도항로에 비해 왕복항로에서 보다 한 측면에 집중되므로, 편도항로에서의 선박 패턴은 왕복항로에 비해 고루 항로를 이용하는 것으로 평가되었다.

전부터 안전성 향상 등에 대한 관심이 많은 구역이었다.

선행 연구는 주로 통항분포에만 초점을 맞춘 연구가 다수였으며, 항로의 특성과 선박의 크기별 분포 및 패턴에 대한 연구는 부족하다는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 우리나라의 특징적인 3개의 항로를 선정하고 선박을 크기별로 구분하여 선박의 통항분포와 통항패턴에 관하여 대하여 연구하였다.

우선 선정된 3개의 항로 대상으로 3일간의 교통현황 조사를 시행하였으며, 그 자료를 바탕으로 세분화된 분석을 위하

Table 6 Result of K and S test of three traffic route

Status		Small Vessel		Medium Vessel		Large Vessel	
		Skewness (Average)	Kurtosis (Average)	Skewness (Average)	Kurtosis (Average)	Skewness (Average)	Kurtosis (Average)
Gadeok traffic route	Inward	0.01	-0.05	-0.05	-0.87	-0.19	1.01
	Outward	-0.49	-0.62	0.37	-0.40	-0.12	0.42
Busan North Port No.1 traffic route	Inward	-1.09	1.20	-1.04	2.90	-0.50	0.32
	Outward	-1.25	1.48	-1.23	2.73	-0.77	1.11
Ongdo traffic route	Inward	-0.55	-0.59	0.00	-0.24	0.00	-0.20
	Outward	0.86	0.37	-0.24	-0.17	0.22	-0.40

3.3.3 S 평가 결과 분석

Fig. 7은 각 항로의 입·출항 구분 없이 평균 S 분석 결과를 나타낸 그림이다.

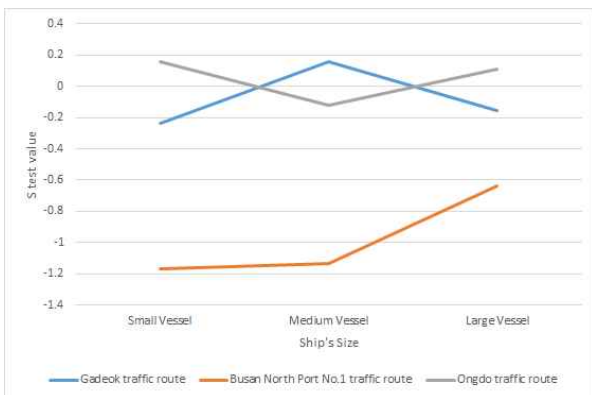


Fig. 7 Result of S test of three traffic route

Fig. 7에서 보는 바와 같이 왕복항로인 부산 북항 제1항로는 편도항로인 가덕수도와 옹도항로와 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 즉, 편도항로인 경우 S 평가 경과 값이 -0.08에서 평균 0.28정도로 0에 가까운 값을 가지는 반면에 왕복항로인 경우는 -0.98 정도로 높은 S 값을 가지는 것으로 평가되었다.

즉, 편도항로에서는 항로의 중앙을 따라 항행하는 통항패턴을 가지지만, 왕복항로에서는 항로의 우측에 치우치는 통항패턴을 가지는 것으로 평가되었다.

여 입항 및 출항 각각 10개의 Gate line을 설정하였다. 파악된 교통현황을 바탕으로 통항분포와 통항패턴을 분석하기 위하여 ND-K-S 평가를 실시하였다.

우선 선박의 통항분포를 분석하기 위하여 ND 평가를 실시하였다. ND 평가는 SPSS를 이용하여 Shapiro-Wilk 검정을 통하여 선박 크기별 평가를 시행하였으며, 그 결과 대형선은 항로특성에 관계없이 모두 정규분포의 통항분포를 보이는 것으로 평가되며, 중형선은 편도항로에서 정규분포의 통항분포를 보이는 것으로 평가되었다. 반면 소형선은 정규분포를 적용하는 것에 다소 무리가 있는 것으로 판단된다.

선박 통항패턴을 분석하기 위하여 K-S 평가를 실시하였다. K-S평가 결과 편도항로와 왕복항로는 평가결과 값에 큰 차이를 보였다. K 평가의 결과 편도항로에서는 고루 항로를 이용하는 통항패턴을 가지지만, 왕복항로에서는 항로의 한 측면에 집중하는 통항패턴을 가지는 것으로 평가되고, S 평가의 결과 편도항로에서는 항로의 중앙을 따라 항행하는 통항패턴을 가지지만, 왕복항로에서는 항로의 우측에 치우치는 통항패턴을 가지는 것으로 평가되었다.

이 연구의 성과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 선행 연구에서와 같이 선박의 통항분포를 파악하기 위하여 항로의 한 단면을 이용하여 평가하지 않고 10개의 단면으로 구분하여 평가하였으므로 선행연구에 비해 항로 전반에 걸친 평가라고 할 수 있다.

둘째, ND-K-S 평가를 이용하여 선박의 크기에 따른 통항분포와 통항패턴을 분석하였으며, 향후 선박의 충돌확률 및 항로이탈확률 등 항로에서의 안전평가 측면에서 유용할 것으로 판단된다.

4. 결 론

항로는 선박의 통항이 빈번하여 사고의 위험이 높아 오래

다만 본 연구는 우리나라의 3개 주요 항로를 대상으로 한정된 연구인만큼 향후 보다 다양한 환경에서의 통항특성에 관한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Inoue K.(1977), "On the Separation of Traffic at Straight Waterway by Distribution Model of Ship", Japan Institute of Navigation, Vol. 56, pp. 103-115.
- [2] Kim, J. K., Kim, S. W. and Lee, Y. S.(2017). "A Study on the Traffic Patterns of Dangerous Goods Carriers in Busan North and Gamcheon Port", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, No. 1, pp. 9-16.
- [3] KMST(2017), "Statistical year book 2017", Korea Maritime Safety Tribunal, p. 7.
- [4] Nguyen, X. T., Park, Y. S., Park, J. S. and Jeong, J. Y. (2013), "Developing a Program to Pre-process AIS Data and applying to Vung Tau Waterway in Vietnam : Based on the IWRAP Mk2 program", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19, No. 4, pp. 345-351.
- [5] Nguyen, X. T., Park, Y. S., Park, J. S. and Kim, T. G. (2015), "A Study on the Marine Traffic Assessment based on Traffic Distribution in the Strait of Malacca", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 21, No. 1, pp. 25-33.
- [6] Seong, J. K.(2005), "A Study on the Establishment of a new Ship's Routeing system for Entering the Busan New Port", Korea Maritime and Ocean University, Graduate school of Ship Operation System Engineering, MD Dissertation.
- [7] Seong, Y. C.(2014), "Assessment on Navigational Stress and Fairway' width according to Traffic Flow", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 38, No. 3, pp. 253-259.
- [8] Yoo, S. L.(2016). "A Study on the Estimation of Optimal Probability Distribution in the Ship Fairway", Mokpo Maritime University, Graduate school of Maritime Transportation System, PhD Dissertation.

Received 27 September 2018

Revised 31 October 2018

Accepted 5 November 2018