

선박 점용영역 분석을 통한 해상교통혼잡도 고찰

박영수*† · 정재용**

* 한국해양대학교 해사수송과학부, ** 목포해양대학교 국제해사수송과학부

A Study on the Marine Traffic Congestion by Analysis of Ship's Domain

Young-Soo Park*† · Jae-Yong Jeong**

* Division of Maritime Transportation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

** Division of International maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요 약 : 본 연구에서는 해상교통혼잡도에 영향을 미치는 요소인 선박점용영역크기, 선박의 속력, 항로폭에 대한 민감도 분석을 실시하였으며, 가장 민감한 요소로 선박점용영역을 도출하였다. 선박점용영역에 대해 일본, 덴마크 해협, 중국 상하이항에서의 점용영역에 대한 기존 연구사례를 조사하고, 우리나라 진해만 피항시의 해상교통관측조사를 통한 선박점용영역을 도출하여 비교 분석하였다. 민감도 분석 결과, 선박속력 1노트 변화시 10%, 항로폭 100미터 변화시 18%, 점용영역 장직경 1L 변화시 34%~43%의 영향이 미치는 것으로 분석되었다. 그 결과, 현행 진단제도에서 사용하는 8L×3.2L, 6L×1.6L은 일본의 3.5L×1.5L, 중국 상하이항 5.9L×2.2L, 덴마크 해협 4L×5B 및 진해만 피항시의 선박점용영역 3L×2L과 큰 차이가 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 해상교통혼잡도, 선박점용영역, 민감도 분석, 선박의 속력, 항로 폭

Abstract : This research concluded that the area is most sensitively affected by the maritime traffic congestion rather than other factors including the ship's speed and fairway width. We performed a literature review for the area used in Japan, Denmark, and Shanghai ports, and analyzed by comparing with the area in Jinhae, Korea through the observation survey of marine traffic. The result of sensitivity analysis concluded that the congestion is affected by amount of 10% by changing 1 knot of the ship's speed, 18% of 100m of the fairway width, and 34%~43% of 1L of ship's length. By applying the result into the current audit system using 8L×3.2L, 6L×1.6L, we found that there is big difference with 3.5L×1.5L in Japan, 5.9L×2.2L in Shanghai, 4L×5B in Denmark, and 3L×2L in Jinhae, Korea. For this reason, further studies should be carried out in near future to the area mostly affected by congestion.

Key Words : Marine traffic congestion, Ship's domain, Sensitive analysis, Ship's speed, Fairway width

1. 서 론

1960년의 우리나라 항만에는 연간 35,000여척의 선박이 입출항 하던 해상교통 상황이 경제 발전과 더불어 50년이 지난 최근에는 연간 390,000여척의 선박이 우리나라의 항만에 입출항하고 있다. 이러한 선박 척수의 증가와 함께 입출항 선박의 톤수는 50년 동안 14배가 증가할 정도로 선박크기면에서는 대폭적인 증가를 보이고 있다. 특히 컨테이너선은 최근 출범을 앞둔 P3, G3 같은 글로벌 해운동맹이 물류비를 절감하기 위하여 더욱 큰 컨테이너선박을 투입하면서 항로에 따라 선박의 대형화가 점점 가속화될 것이다(Kookje Paper,

2014). 이러한 선박의 대형화로 인하여 우리나라 항만 부근의 접근수로 및 항로 내에서의 통항 선박간의 혼잡 상황은 더욱 증가하고 있다.

항만 및 수로의 해상교통혼잡 여부를 평가하기 위한 지표를 해상교통혼잡도라 한다(Park et al., 2013). 우리나라에서는 해사안전법의 해상교통안전진단제도에서 진단항목으로 사용(Cho et al., 2010)되고 있을 정도로 중요한 지표이며, 최근에는 신뢰성 향상을 위한 다수의 연구가 진행되고 있다. 이 중 해상교통특성을 평균적으로 산정함으로써 왜곡될 수 있는 피크시간 혼잡도 산출의 한계점을 해소하기 위하여 실측조사를 기반으로 하여 평가한 사례(Yoo et al., 2013)를 비롯하여, 혼잡도에 영향을 미치는 요소인 선박길이의 현실성을 반영하기 위하여 국내 무역항에 입출항한

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

선박의 길이를 제시한 연구(Lee and An, 2013), 혼잡도 평가를 위한 진단기술기준 개선을 위한 연구(Um et al., 2012) 등을 통하여 혼잡도 항목의 정밀성을 높이고자 하였다. 하지만 이러한 연구들은 현재 해상교통혼잡도를 표현하는 기본교통용량 산출 항목의 기준, 예를 들어 선박 전후점용영역이 6L~8L이 적합하다는 전제로 연구가 진행된 것으로 볼 수 있다. 기본교통용량 산출 항목의 기준 수치가 변경된다면 혼잡도 기준값인 기본교통용량에 영향을 미치게 되고, 이에 따른 혼잡도 산출에 영향을 미치게 되어, 항로 및 수로의 적절한 혼잡도 평가가 어렵게 될 뿐만 아니라 왜곡되어 평가될 수 있다.

이에 이 연구에서는 해상교통혼잡도의 기준이 되는 기본교통용량을 산출하는 항목인 표준선박 길이, 선박점용영역 크기, 평균속력, 항로폭별로 교통용량 결과값에 어느 정도 영향을 미치는지를 분석하고, 이 항목 중 기본교통용량 산출에 가장 민감하게 반응하는 항목을 식별한 후, 이 항목에 대하여 선박들이 수로를 가장 많이 통행할 것으로 사료되는 우리나라 진해만 태풍 피항 이후 회항시기의 관측 조사 사례를 통하여 해상교통혼잡도 기준 설정 시 유의하여야 할 사항을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 혼잡도 지표 및 필요성

2.1 교통량 증가 및 대형화로 혼잡 상황 발생

55년 동안의 우리나라 항만의 기항 선박 척수 및 톤수를 살펴보면(SPIDC, 2014) Fig. 1과 같다. 우리나라 입출항 선박 척수는 1962년에 100,000척이 넘었으며 1983년도에 200,000척이, 1991년도에 300,000척, 2007년도에 400,000척이 넘게 기항한 것으로 조사되어 선박의 지속적인 척수 증가를 보이고 있다. 한편, 입출항척수 증가와 함께, 입출항한 선박의 1척당 톤수는 1960년에는 657톤, 1976년도에 1,000톤을 초과하였고, 2013년도에는 9,200톤에 이르고 있어 우리나라 항만에 기항하는 선박의 대형화 추세를 확인할 수 있다.

한편, 우리나라 부근 해역이 세계 해역 교통량과 얼마나

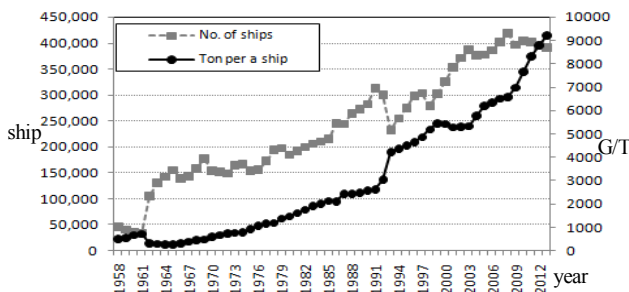


Fig. 1. No. of ships and ton per a ship touched at Korean ports.

차이가 있는지를 확인하기 위하여 임의의 시간대(2014년 7월 6일 16시)의 교통량을 제시하면 Table 1과 같다. 교통량이 많은 해역은 주로 유럽 지역 및 동남아시아 지역으로 분석된다. 구체적으로는 벨기에, 네델란드, 도버해협을 비롯하여 중국 상하이·광저우·홍콩, 싱가포르 해역 부근이며 다음으로 우리나라 부산권 해역이 교통량이 많은 것으로 조사되어(Marine Traffic, 2014) 전 세계에서 우리나라는 선박통항이 많은 해역으로 분류되었다.

Table 1. Number of ship in world major waterways

Name of Waterway	Traffic Volume at 6 th July, 2014	Area
Dover Strait	1,199 ships	Europe
near Belgium	3,318 ships	
near Netherlands	2,169 ships	
near Hamburg, Germany	775 ships	
near Denmark	651 ships	
near Sweden	771 ships	
Istanbul Strait	938 ships	Southeast Asia
near Shanghai, China	1,922 ships	
near Guangzhou, China	1,396 ships	
near Hongkong, China	1,114 ships	
Singapore Strait	1,081 ships	Southeast Asia
near Tianjin, China	420 ships	
Tokyo Bay, Japan	508 ships	
Osaka Bay, Japan	459 ships	
near Busan, Korea	595 ships	
near Kanmon, Japan	557 ships	

2.2 해상교통혼잡도 지표

우리나라는 항만에서의 혼잡여부를 파악하기 위하여 해사안전법에서 정한 해상교통혼잡도 분석을 필요로 하고 있다. 해상교통혼잡도를 나타내는 지표로 사용되는 해상교통혼잡도는 선박의 통행량을 해당 항로 및 수로가 수용할 수 있는 용량인 실용교통용량과 비교 분석하여 나타낸 지표로 장래 항만의 입출항 예상 선박량을 추정하고 이를 토대로 추정한 교통량을 계산하여 그 값이 허용 교통량 범위 내에 들어가는지의 여부로써 평가하는 항목이다. 이 지표의 기준이 되는 실용교통용량은 식(1)로 표시할 수 있다(Um et al., 2012).

$$Q = 0.25 \times \rho_{max} WV \quad (1)$$

- 여기서, Q : 실용교통량(척/시)
- ρ_{max} : 최대밀도
- W : 항로폭(km)
- V : 선박의 속도(km/h)

선박 점용영역 분석을 통한 해상교통혼잡도 고찰

식(1)에서, ρ_{max} 는 선속(V)의 함수이지만, 선속이 평균항해속력에 가까운 해역에서는 점용영역의 크기 변화가 작기 때문에 $\rho_{max}=1/(r \cdot s)$ 로 표현할 수 있으며, r은 선박 점용영역 장직경, s는 선박 점용영역 단직경을 의미한다. 이 선박의 점용영역(최대밀도)은 선박이 다른 선박 및 장애물에 대하여 필요로 하는 최소 이격거리를 말한다.

선박 속력에 따라 해상교통혼잡도가 상이하며 현재는 장래 선박속력을 예상하여 설정한 값으로 혼잡도를 계산하고 있다. 또한 항로폭은 기본적으로 고정되어 있으나 항로폭의 증감에 따른 해상교통혼잡도를 살펴볼 필요가 있다.

2.3 해상교통혼잡도 민감도 분석

해상교통혼잡도의 항목별 변화에 따른 민감도를 분석하기 위하여 다음과 같이 설정하여 실용교통용량을 기준으로 비교 분석하고자 한다. 속력 파라미터는 4 kts, 6 kts, 8 kts, 10 kts, 항로폭은 350 m, 450 m, 550 m, 점용영역은 $6 \times 1.6L$, $7 \times 2.4L$, $8 \times 3.2L$ 로 설정한다. Fig. 2은 선박점용영역 $8 \times 3.2L$, 표준선박길이 70m의 경우에 대하여 항로폭 및 선박속력 변화에 따른 실용교통용량의 변화를 분석하여 해상교통혼잡도에 얼마나 영향을 미치는 것인지를 분석한 것이다.

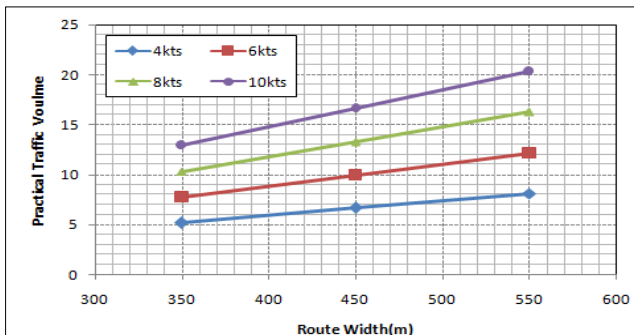


Fig. 2. Practical traffic volume by route width and ship's speed.

선박 속력 변화에 따른 실용교통용량은 6 kts에서 4 kts 변경시에 약 33%, 8 kts에서 6 kts로 변경시에 약 25%, 10 kts에서 8 kts로 변경시에 약 20%의 실용교통용량 감소가 있는 것으로 분석되었다. 즉 평균 속력 1 kts 변경시에 해상교통혼잡도에 영향을 미치는 실용교통용량은 평균적으로 약 10% 변화하는 것으로 볼 수 있다. 항로폭 550 m에서 350 m로 변경하면 실용교통용량이 약 36.4% 감소하여, 항로폭 100 m 변경시 실용교통용량에는 약 18.2%가 변화하는 것을 알 수 있다.

선박점용영역의 변화에 따른 실용교통용량을 살펴보면 Table 2와 같으며, 선박점용영역의 변화에 따라 장직경이 6L에서 7L로 변화시 약 42.9% 감소하여 선박점용영역 변화시에는 약 42.9%로 변화하는 것을 알 수 있다. 그리고

Fig. 2와 Table 2를 상호 비교하여보면 장직경이 7L에서 8L로 변화시 약 34.4%가 변화하는 것을 알 수 있다.

Table 2. Marine traffic congestion degree by ship's domain at route width 350 m

Speed (kts)	Standard Ship's Length	Ship's Domain	Practical Traffic Volume	Ship's Domain	Practical Traffic Volume
4 kts	70m	$6L \times 1.6L$	13.78	$7L \times 2.4L$	7.88
	90m		8.34		4.76
	110m		5.58		3.19
6 kts	70m		20.67		11.81
	90m		12.51		7.15
	110m		8.37		4.78
8 kts	70m		27.59		15.75
	90m		16.68		9.53
	110m		11.16		6.38
10 kts	70m		34.45		19.69
	90m		20.84		11.91
	110m		13.95		7.97

해상교통혼잡도에 영향을 미치는 항목인 교통용량 산출을 위한 항목 3가지에 대한 민감도 분석 결과 선박 점용영역 변화에 따른 실용교통용량 변화율이 가장 민감한 것으로 판단된다.

3. 선박 점용영역 고찰

해사안전법의 해상교통안전진단 수행시 평가항목인 해상교통혼잡도는 실용교통용량 산출값에 따라 혼잡도에 영향을 미치며, 이 실용교통용량은 선박점용영역 설정 값에 의하여 민감하게 반응하는 것으로 분석되어, 이 선박점용영역에 대한 면밀한 검토가 있어야 할 것이다. 이에 이번 연구에서는 선박점용영역에 대하여 최신 연구와 우리 연안의 해상교통분석 사례를 통하여 선박점용영역에 대하여 고찰하였다.

3.1 넓은 수역에서의 점용영역 연구 사례

1965년 전후에 일본 해역에서 선박의 점용영역에 대한 실태 조사의 결과는 Table 3과 같다(Fujii et al., 1983). 선박점용영역을 단순 평균하면 장직경은 7.7L, 단직경은 3.1L으로 조사되어, 이전부터 사용되었던 장직경 8L, 단직경 3.2L의 값과 크게 다르지 않아 이 점용영역 값을 우리나라에서 해상교통안전진단의 해상교통혼잡도 모델에서 사용하고 있다(Um et al., 2012). 하지만 이 점용영역의 설정 값은 아주 오래된 것이고, 넓은 해역이라는 추상적인 용어를 사용하고 있어 우리나라 모든 해역에 그대로 적용하기가 쉽지 않다.

Table 3. Result of ship's domain analysis in Japanese waterways

Length (m)	Year	Survey Place	No. of Data	Ave. Speed (kts)	r (large-diameter)	s (small-diameter)
13~50	1964	Keihin	500	7.5	6.0L±1.0L	3.0L±1.0L
50~200	1965	Uraga	300	11.8	7.0L±1.0L	3.5L±1.0L
20~40	1966	Uraga	150	8.7	8.6L±1.7L	3.4L±1.7L
40~80	1966	Uraga	350	11.0	6.9L±1.0L	3.9L±1.0L
80~160	1966	Uraga	150	14.0	7.6L±1.0L	2.0L±1.0L
20~40	1967	Kanmon	700	7.3	8.5L±1.5L	3.8L±1.5L
30~50	1967	Kanmon	700	7.8	6.3L±1.1L	2.8L±1.1L
40~60	1967	Kanmon	500	8.2	8.7L±0.9L	2.2L±0.9L
Large Ship	1966	Uraga	100	13.1	8.2L±0.7L	3.7L±0.7L
Medium Ship	1966	Uraga	200	11.0	7.5L±1.2L	3.0L±1.2L
Small Ship	1966	Uraga	500	8.7	9.1L±1.5L	3.0L±1.5L

3.2 좁은 수역에서의 점용영역 연구 사례

1) 일본 선박운항자 의식 기반 점용영역

항내 등의 선박 운항시 타선과 어느 정도 거리를 이격하여 통항하는지에 대한 일률적인 기준은 없었으나, 일본 선박운항자의 의식 설문조사를 한 결과를 Fig. 3과 식(2)~(5)로 나타내었다(Inoue, 2013).

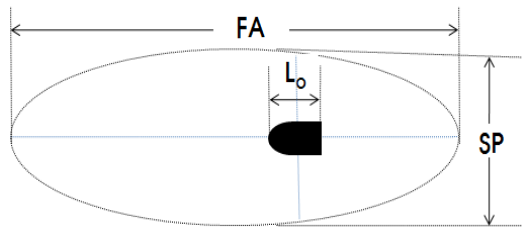


Fig. 3. Safe distance in narrow waterways.

먼저, 선박운항자가 이 이상 타선의 침입을 허용하고 싶지 않은 영역인 한계 항과거리를 살펴보면 다음과 같다.

$$FA=(0.015L_r+2.076)L_o \quad (2)$$

$$SP=(0.008L_r+0.667)L_o \quad (3)$$

여기서, FA: 선수미 방향으로 확보한 항과거리
 SP: 좌우 방향으로 확보한 항과거리
 L_r: 타선의 길이, L_o: 자선의 길이를 의미한다.

반면, 항내에서 선박운항자가 이 이상 이격하여 항과하면 충분히 안심할 수 있는 거리를 나타내는 충분 항과거리는 다음과 같다.

$$FA=(0.025L_r+3.125)L_o \quad (4)$$

$$SP=(0.012L_r+1.096)L_o \quad (5)$$

예를 들어, 타선 및 자선 길이가 100 m인 경우 한계항과거리를 살펴보면 장직경 3.5L, 단직경이 1.5L 정도이고, 충분항과거리는 장직경 5.6L, 단직경이 2.3L 정도로 나타난다.

2) 우리나라 선박운항자 의식기반 점용영역

우리나라 선박운항자의 통항에 필요한 최소 안전이격거리를 조사하여 식(6) 및 (7)로 제시하였다. 이 연구에 의하면 시정이 양호한 주간경의 경우 장직경 7.5L, 단직경 5.2L로 제시하고 있다(Park et al., 2010).

$$Fore=4.41(\pm 1.84)L, Aft=3.13(\pm 1.23)L \quad (6)$$

$$S_{PB}=2.62(\pm 1.16)L, S_{SB}=2.61(\pm 1.16)L \quad (7)$$

여기서 Fore는 선수장직경, Aft는 선미장직경, S_{PB}는 좌현단직경, S_{SB}는 우현단직경을 의미한다.

3) 중국 상하이항 점용영역 조사

2006년 10월 8일에 중국 상하이 입항시 목포해양대학교 실습선(길이 100 m)을 중심으로 레이더 상에 통항하였던 타선박의 항적을 Fig. 4와 같이 조사하여 Fig. 5와 같이 선박점용영역을 분석하였다. 이 때 도출되었던 선박점용영역은 장직경 5.9L, 단직경 2.2L로 도출되었다(Jeong et al., 2006).

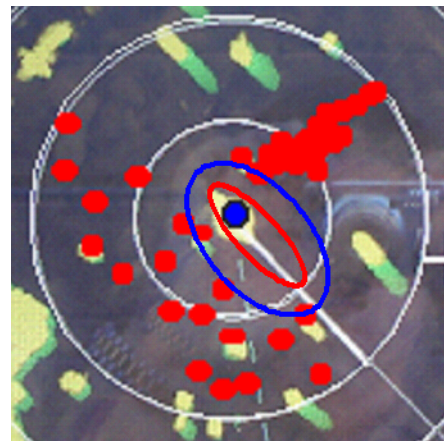


Fig. 4. Other ships passing near own ship.

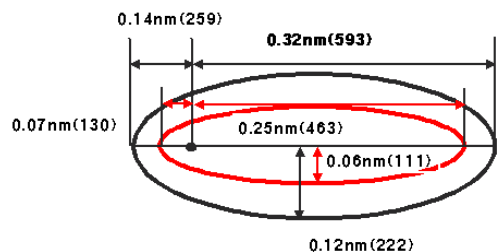


Fig. 5. Ship's domain near Shanghai waterway.

3.3 유럽 덴마크 해협 연구 사례

유럽에서는 최근 e-Navigation에 대비한 연구사례에서 선박 점용영역을 Fig. 6과 같이 DSE(dynamic safety ellipse) 개념을 기반으로 하여 선박 장직경을 4L, 단직경을 5B(B: 선폭)로 하여 선박 속력간의 차이를 가지고 가중치를 부여하여 선박점용영역이 동적으로 변화하게 하여 해역을 평가하는 연구(Geoerlandt, 2012)가 있었다. Figure 좌측은 선박간의 속력차이가 크지 않아 장직경 3.5L, 단직경 4B로 설정된 경우이며, 오른쪽은 속력차이가 다소 큰 것으로 장직경 4.5L, 단직경 5B로 설정된 것을 나타내고 있다.

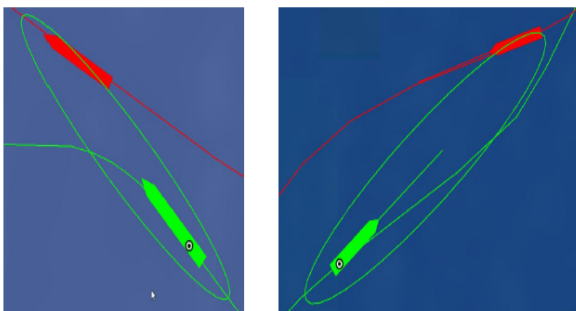


Fig. 6. Concept of dynamic safety ellipse.

4. 우리나라의 선박점용영역 분석

우리나라 해역에서 선박간 점용영역이 별도로 조사 분석된 연구 사례는 없다. 이 연구에서는 선박통행이 가장 많을 것으로 추정되는 진해항 태풍 피항 이후 회항하는 시기에 대한 교통자료를 통하여 선박 점용영역을 분석하고자 한다.

4.1 진해만 태풍 피항 이후 선박 통행 현황

태풍 피항지로 잘 알려진 진해해역 부근을 가장 근접하게 통과한 최근 태풍은 2007년 태풍 ‘나리’이며 Fig. 7과 같이 이 태풍은 2007년 9월 17일에 안동부근에서 소멸되었다(National Typhoon Center, 2014). 이 때 진해태풍 피항지에는 대략 400여척이 피항하고 있었다.

태풍 소멸 후 진해항에 피항한 선박이 회항하는 상황에서 선박통행량이 많은 시간대인 2007년 9월 17일 09시부터 30분간 가덕수도를 통하여 출항하는 선박간의 이격거리를 Fig. 8과 같이 부산신항 VTS 모니터 화면을 통하여 확인하였으며, Fig. 9와 같이 선박간의 거리 및 방위를 산출하여 선박의 점용영역을 추출하였다. 30분간 추출된 선박의 척수는 40척이었으며, 선박 평균 길이는 80.2m로 조사되었다.

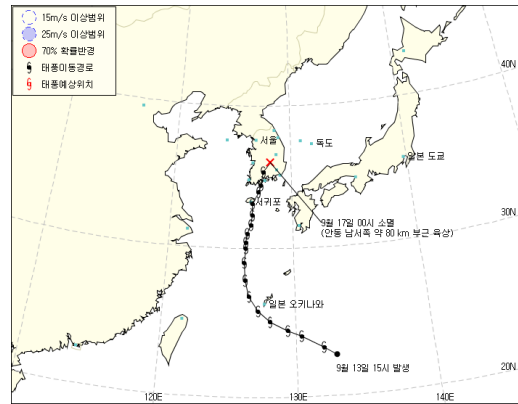


Fig. 7. Typhoon 'Nari' path in 2007 year.

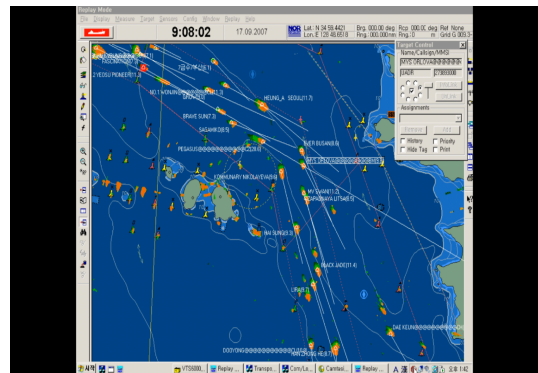


Fig. 8. Busan New port VTS monitor display.

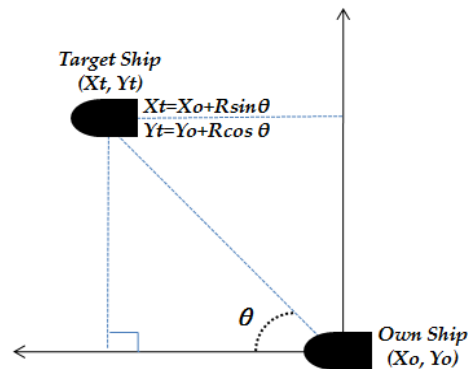


Fig. 9. Calculation method of ship's domain.

4.2 선박 점용영역 분석

이 해역을 통항하는 선박의 길이분포는 Fig. 10과 같이 10~140m까지의 선박길이를 가진 선박이 통항하고 있었고, 길이 90m~100m가 가장 빈도가 높았으며, 선박의 평균 길이는 80m로 분석되었다. 선박속력은 9kts전후가 가장 빈도가 높았지만 평균 속력은 10.3kts로 조사되었다.

선박 점용영역을 산출하기 위하여 30분간의 VTS 모니터링 화면을 1분 간격으로 구분하여 데이터를 수집하였으며, 총 1,550개의 데이터를 산출하여 선박간 거리 및 방향 데이터를 분석하였다.

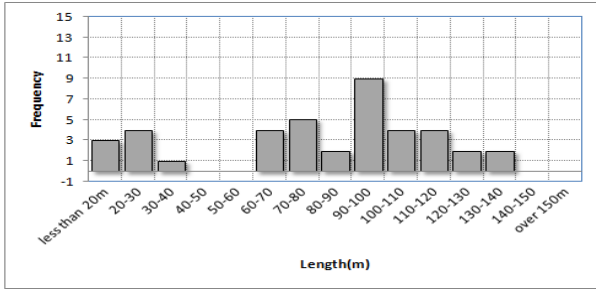


Fig. 10. Ship's Length passed in Gadeok waterway.

이 해역을 통항한 선박간의 이격거리를 방향과 관계없이 1km이내에서 산출하여 정리하면 Fig. 11과 같다. 선박간의 이격거리는 400~500 m 부근에서 최대값이 한번 나타났고 600~800m사이에 빈도가 높은 것으로 조사되었다.

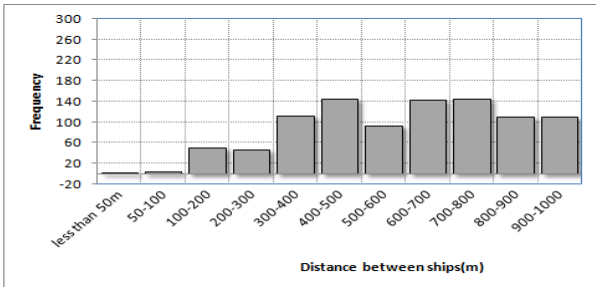


Fig. 11. Distance between ships passed in Gadeok waterway.

선박간의 이격거리를 통하여 선박간 점용영역을 산출하기 위하여 선박간 방향별 이격거리를 Fig. 9와 같은 방법으로 계산하여 자선 주위에 위치한 타선박의 위치를 플로팅하면 Fig. 12와 같다. 현재 우리나라 해상교통안전진단에서 주로 사용되는 선박 점용영역 중 가장 범위가 큰 8L×3.2L을 기준으로 하더라도(점선으로 된 직사각형) 이 범위 안에 선박 통항이 다소 있는 것을 알 수 있다. 즉, 가덕수도에서는 선박 점용영역을 현재 사용하고 있는 기존 모델로서는 올바른 평가가 어렵다고 할 수 있다.

기존 점용영역의 범위 안에 얼마나 많은 선박이 통항하였을까를 살펴보기 위하여 이번 연구에서는 8L×4L을 기준으로 하여, 이 범위 안에 선박이 존재할 비율을 100%로 하여 p=1.0으로 하여 표시하였으며, 선박점용영역 4가지에 대한 선박 존재 비율을 나타내면 Fig. 13과 같다. 가덕수도의 선박

점용영역은 장직경 3L, 단직경 2L일 경우에도 16%의 선박이, 2L×2L의 경우에는 10% 정도의 선박 통항이 있었던 것으로 분석되었다. 가덕수도는 장직경 및 단직경이 1.8L씩이면 통항하는 선박이 1척도 없는 것으로 분석되었다.

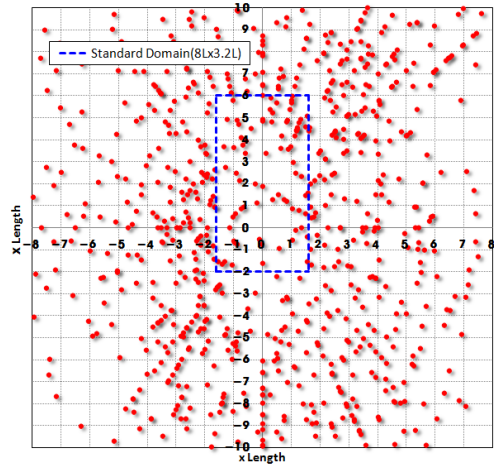


Fig. 12. Passing distance and direction between ships in Gadeok waterway.

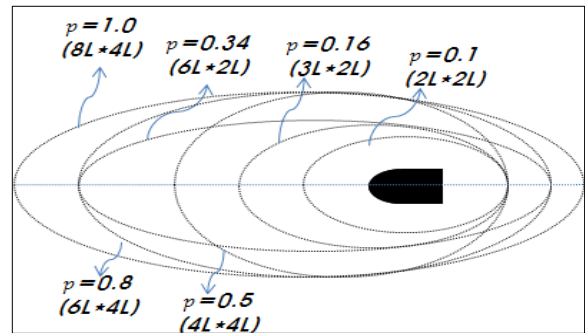


Fig. 13. Percentage of ship's domain in Gadeok waterway.

4.3 실용교통용량 산정

가덕수도 C부 부근 항로폭은 740 m로 선박점용영역 8L×3.2L을 적용하면 해상교통혼잡도의 실용교통용량은 시간당 11.3척이다. 하지만 이 시각 가덕수도를 통과한 선박을 기준(30분에 40척 통과)으로 하면 현재 사용되고 있는 기준으로 한 실용교통용량보다 7.1배가 더 통항할 수 있는 것으로 볼 수 있다. 물론 이 경우에는 통항 선박이 매우 많은 폭주 상황에서 선박이 통항하였던 것을 기준으로 한 것이지만, 현재 사용하고 있는 점용영역과는 차이가 많이 나는 것을 알 수 있다.

가덕수도 교통현황 파악조사를 통한 점용영역별 실용교통용량을 산정하고 실제 통항한 선박을 비교하여 보면,

Table 4와 같이 현재 해상교통안전진단에서 주로 사용되고 있는 점용영역보다는 점용영역이 실제로 더욱 작은 범위의 것으로 추출되어 계산된 것이 현실에 부합하는 것으로 보인다. 이는 실용교통량의 한계를 피항회수에 의한 선박운항자의 긴장 초래한계를 기준으로 일본해역에서 시간당 60척으로 제안한 사례(Fujii, 1981) 등을 고려한다면 우리나라에서 진행되고 있는 해상교통혼잡도의 기준인 선박점용영역은 3L×2L(실용용량 48.18척) 등을 제정하는 등 기준이 새롭게 정립될 필요가 있을 것이다.

Table 4. Practical traffic volume based on this study

Ship's Domain	Practical Traffic Volume	Traffic Volume History
6L×1.6L(Using Model)	30.1	40ships/30min by this survey
4L×5B(EfficientSea Model)	72.27	
3L×2L(This Study Model)	48.18	Max. 60ships/h by Fujii
2L×2L(This Study Model)	72.27	
1.8L×1.8L(This Study Model)	89.22	

5. 결론

전 세계적으로 선박 척수의 증가와 함께 선박이 대형화되고 있으며, 우리나라 항만 부근의 교통상황도 동일하여 항만 및 수로에서 해상교통혼잡이 증가되고 있다.

이러한 해상교통량이 많은 해역의 혼잡에 영향을 미치는 선박속력, 항로폭, 선박 점용영역에 대한 민감도를 분석하였다. 분석 결과, 선박 속력 1 kts 변화시 10%, 항로폭 100 m 변화시 18%, 점용영역 장직경 1L 변화시 34%~43% 영향이 미치는 것으로 분석되어, 선박 점용영역의 변화에 따라 해상교통혼잡도는 크게 영향을 받는 것으로 확인되었다.

또한 현재 우리나라에서 사용되고 있는 선박 점용영역인 8L×3.2L, 6L×1.6L 모델은 오래된 모델이며, 현재 교통상황과 적합한지를 검토한 결과, 일본의 3.5L×1.5L, 중국 상하이항 5.9L×2.2L, 덴마크 해협 4L×5B 및 진해만 피항시의 최대허용 실용교통용량을 기반으로 한 선박점용영역인 3L×2L과 큰 차이가 있음을 확인하였다. 실제 해역에서 통항한 선박 척수와 실용교통용량 한계치에 대한 기존 연구 사례를 보더라도 선박 점용영역은 현재보다는 더욱 작게 설정되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 횡단선박이 없고 마주 오는 선박이 없는 해역에서 일정한 방향으로 이동하는 선박을 대상으로 하였지만, 추후에는 더욱 복잡한 교통상황이 존재하는 해

역을 대상으로 한 선박점용영역 산출 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

- [1] Cho, I. S., I. C. Kim and Y. S. Lee(2010), "The Introductory Concept of Maritime Safety Audits as a tool for identifying Potential Hazards", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 9, pp. 699-704.
- [2] Fujii, Y., T. Makishima and K. Hara(1981), "Marine Traffic Engineering", Kaibundo, pp. 122-129.
- [3] Geoerlandt, F., J. Montewka, E. S. Ravn, M. Hönninen and A. Mazaheri(2012), "Analysis of the near-collisions using AIS data for the selected locations in the Baltic Sea", Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea, No. 013, pp. 4-11.
- [4] Inoue, K.(2013), "Theory and Practice of ship handling", Sanghakdang, pp. 224-225.
- [5] Jeong, J. Y., Y. S. Park and J. S. Park(2006), "A Study on the Ship's Domain in the Restricted Water(I)", Proceeding of Navigation and Port Research, Vol. 30, No. 2, pp. 5-7.
- [6] Kookje Paper(2014), "As time going by, the size of ship called Busan port increases".
- [7] 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 & Safety, Vol. 19, No. 2, pp. 164-170.
- [8] MarineTraffic(2014), <http://www.marinetraffic.com/>.
- [9] National Typhoon Center(2014), <http://www.kma.go.kr/>.
- [10] Park, J. S., Y. S. Park and S. J. Na(2013), "Marine Traffic Engineering and Policy", Dongwon Publisher, p. 187.
- [11] 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.
- [12] SPIDC(2014), <http://www.spidc.go.kr/>.
- [13] Um, H. C., W. J. Jang, K. M. Cho and I. S. Cho(2012), "A Study on the Assessment of the Marine Traffic Congestion and the Improvement of a Technical Standards", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 5, pp. 416-422.
- [14] Yoo, S. R., C. Y. Jeong, C. S. Kim, S. H. Park and J. Y. Jeong(2013), "A Study on Evaluation of Marine Traffic

박영수 · 정재용

Congestion based on Research in Major Port”, Journal of the
Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19,
No. 5, pp. 483-490.

원고접수일 : 2014년 09월 03일

원고수정일 : 2014년 10월 06일 (1차)
2014년 10월 17일 (2차)

게재확정일 : 2014년 10월 28일