

# 선박조종 시뮬레이터를 이용한 해상교통 위험도 평가에 관한 연구

박영수\* · 김종성\*\*† · 김철승\*\*\* · 정재용\*\*\* · 이형기\*\*\*\* · 정은석\*\*

\*, \*\* 한국해양대학교 운항훈련원, \*\*\* 목포해양대학교 국제해사수송과학부, \*\*\*\* STX 팬오션

## A Study on the Marine Traffic Risk Assessment by using Ship Handling Simulator

Young-Soo Park\* · Jong-Sung Kim\*\*† · Chol-Seong Kim\*\*\* · Jeong-Jae Yong\*\*\* · Hyong-Ki Lee\*\*\*\* · Eun-Seok Jeong\*\*

\*, \*\* Training Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\*\*\* Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

\*\*\*\* STX Pan Ocean Co., Ltd., Busan 600-816, Korea

**요 약 :** 해상에서는 선박 운항과 관련하여 크고 작은 해양사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 이러한 해양사고는 소중한 인명의 사상과 재산상의 손실뿐만 아니라 심각한 해양환경 오염 피해를 유발하고 있다. 그리고 해상물동량 증가 및 교통 환경의 복잡화에 따른 해양사고 발생 개연성 및 사고로 인하여 해양오염 피해가 증가하고 있는 것 또한 사실이다. 최근 우리나라에서는 이러한 해상에서의 해상교통 안전성 평가를 위하여 대항해역에서의 해상교통환경과 관련된 일반적인 정보 및 위험도 정보를 제공하고, 해상교통환경 평가를 통한 해역 위험도 여부를 평가할 수 있는 평가지표 개발이 진행 중이다. 본 연구에서는 선박운항자의 위험의식을 바탕으로 하여 다양한 운항 조건에서 선박운항을 재현할 수 있는 선박조종 시뮬레이션을 이용하여 해상교통 평가의 유효성을 확인하고자 하였다. 이러한 시뮬레이션 결과에 대한 주관적 위험도의 측정이 통항선박의 해상교통 평가의 유효성을 대표하는지를 확인하기 위하여 분산분석법을 이용하여 선박운항자의 특성과 선박간 거리, 속력, 조우형태와 같은 각 요소들 간에 차이가 존재하는지를 분석하였다. 또한 각 요소들 간의 위험도 차이 정도를 다중비교를 통하여 분석하여 위험도 차이를 통계적 측면에서 수치적 변화를 확인할 수 있었다.

**핵심용어 :** 해양사고, 해상교통 안전성, 해상교통환경, 평가지표, 선박조종 시뮬레이션

**Abstract :** Large and small marine accidents which are related to vessel's navigation are happening continuously and these maritime accidents have caused loss of lives and properties, and serious maritime environmental pollution damage. It is also true that maritime pollution damage is increasing due to these accidents, probability of growth of seaborne volume and complicated maritime traffic environment. Korea, recently, is developing an evaluation index which can assess sea risk through the evaluation of maritime traffic environment and provide danger and general information with relation to maritime traffic environment on target sea area to evaluate maritime traffic safety. In this paper, we intend to confirm the validity of maritime traffic safety on the basis of vessel navigator's risk consciousness and various sailing conditions by using the ship handling simulator. To confirm the validity of sailing vessel's maritime traffic safety, we use analysis of variance. By using analysis of variance, we analyze vessel navigator's characteristics, distance, speed and encounter type between vessels. Through multiple comparison of each factor's risk difference, we can confirm the change of numerical value of risk difference in statistical aspect.

**Key Words :** Marine accident, Marine traffic safety, Maritime traffic environment, Evaluation index, Ship-handling simulation

### 1. 서 론

해상에서는 선박 운항과 관련하여 크고 작은 해양사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 이러한 해양사고는 소중한 인명의 사상과 재산상의 손실뿐만 아니라 심각한 해양환경 오

염 피해를 유발하고 있다. 그리고 해상물동량 증가 및 교통 환경의 복잡화에 따른 해양사고 발생 개연성 및 사고로 인한 해양오염 피해가 증가하고 있다(Kim, 2011). 이처럼 해양사고를 감소시키기 위해서는 통항 선박의 위험도를 평가할 수 있는 모형의 개발이 시급한 실정이고, 이 또한 개정된 해사안전법에서는 해상교통 환경평가를 실시하도록 요구하고 있지만(Cho et al., 2010), 이 진단 또한 외국평가모델에 의해 평가

\* First Author : youngsoo@hhu.ac.kr, 051-410-5085

† Corresponding Author : kjsung@hhu.ac.kr, 051-410-5097

를 하고 있어 실제 우리나라 연안 해역 특성 및 선박운항자의 위험도 인식이 반영된 모델이 필요한 실정이다. 또한 해상교통안전진단제도의 선박조종시뮬레이션의 결과에 대한 유효성에 대하여 살펴볼 필요가 있을 것이다.

최근에는 상황별로 상이한 안전의식에 따른 최소 안전이격거리를 도출하기 위해 선박운항자를 대상으로 설문조사를 실시 분석하여 해상교통평가모델의 충돌영역 판정의 기초자료로 사용하고 우리나라에 적합한 해상교통 혼잡도 모델 적용 및 상황·선박별 해상교통관제 가이드라인을 제시하였다(Park et al., 2010). 또한 선박운항자의 위험의식을 바탕으로 선박의 전장별, 선박의 각 조우 형태(Head-on situation, Crossing situation 및 Overtaking)와 좌/우현에서 선박을 조우하였을 경우, 항계 내 및 항계 밖에서의 경우, 타선과의 속력 중 비슷하거나 또는 느리거나 빠를 경우, 타선과의 거리에 따른 선박운항자의 주관적 위험도를 조사 통계 분석하여 해상교통안전성 평가모델 개발을 위한 기초식을 제안하고, 이식을 이용하여 우리나라 선박운항자들이 느끼는 주관적 위험도를 정량적으로 예측할 수 있는 해상교통위험도 기초 모형을 제시하였지만(Kim et al., 2011), 이는 선박운항자의 경험치를 수치화한 것이다.

따라서 본 연구에서는 해상교통 평가를 위해 현실에서 선박을 운항하는 대신 실험실 내에서 선박운항자들의 인구통계학적 특성 및 다양한 운항 상황을 고려한 선박운항을 재현하여 모의실험을 수행함으로써 실험에 참가한 전문가들이 느끼는 위험도 평가 등을 효과적으로 측정할 수 있는 선박조종 시뮬레이션을 이용하였다. 이러한 선박조종 시뮬레이션은 폭넓은 피실험자를 대상으로 여러 가지 대안별 선박운항 상황 재현이 가능하며, 운항 시 각각의 운전자 특성 및 다양한 운항 상황의 파악과 실제로 선박을 운항하고 있는 경우에 대한 안전성 비교 및 운항자 인지 수용성 평가가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 통항선박의 해상교통 항행 안전도에 대한 주관적 위험 평가의 유효성을 이러한 선박조종 시뮬레이션을 통하여 확인하고자 한다.

## 2. 선박조종 시뮬레이션 수행

### 2.1 선박조종 시뮬레이션 수행 및 시나리오

선박운항자들이 느끼는 주관적 위험도를 조사하기 위해 Table 1의 선박조종 시뮬레이션 시나리오에서 보는 바와 같이 본선의 길이(150m)와 속도(10 kts)는 일정하게 하고 타선의 속도는 10 kts에서 ±4 kts로 조정하였다. 타선의 길이는 본선과 같은 길이 150 m 그리고 10(어선), 70, 250 및 350 m의 길이로 하였고 조우 각도는 Fig. 1에서와 같이 좌/우현 045°, 090°, 135° 그리고 마주치는 상태로 구분하였으며, 위험도 산출 지

점을 3, 2, 1, 0.5마일(mile)과 500미터(m)로 구분하여 7점 척도(+3: 극도로 안전, -3: 극도로 위험)를 0~6으로 환산하여 표시하도록 하였다.

본 시뮬레이션 연구를 위해 'M' 대학에 설치된 Full mission ship handling simulator를 이용하여 선박운항자 및 전문가 집단 20명에 의해서 모의실험을 수행하였다.

Table 1. Simulation scenario

	Own Ship		Other vessel		Encounter angle	Remark
	Loa (m)	Spd (kts)	Loa (m)	Spd (kts)		
Case 1~7			150			
Case 8~14			70			
Case 15~21	150	10	10	10±4	Stbd/Port 045°, 090°, 135° Head-on	Fishing vessel
Case 22~28			250			
Case 29~35			350			

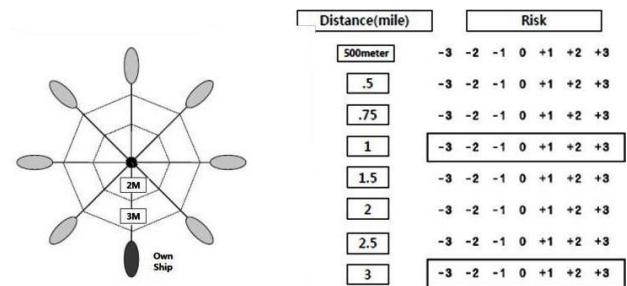


Fig. 1. Contents of questionnaire.

## 3. 위험도 요소 분석

본 연구에서는 선박조우상황별 해상교통 위험도 평가를 위해 전문가 집단에 의한 선박조종 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 선박조종 시뮬레이션 결과를 통하여 실험자들이 느끼는 항행 안전도에 대한 주관적 위험평가를 실시하였으며 각 상황별로 위험도에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 하였다. 본 연구에서는 각 상황별 위험도에 대한 주요 영향을 분석하기 위해 분산분석이라는 분석법을 사용하였으며 이 분석은 세 집단 이상의 평균을 비교하는 분석법이며, 분산분석 수행 이후 각 집단 간의 차이가 존재한다고 하면 과연 어떤 집단들 간에 차이가 존재하는지에 대한 방법으로 다

중비교(Multiple comparison)를 실시하였고 다중비교를 위해 Duncan 방법을 이용하였으며 다중비교 분석결과에서 알파벳이 같은 범주는 집단 간의 차이가 존재하지 않음을 나타낸다.

### 3.1 연령에 따른 분석

먼저 연령에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 일원배치 분산분석을 이용하여 실험에 참가한 각 연령대별 주관적 위험도에 대한 평균의 차이 존재 여부에 대해 분석하였으며 지정된 연령 범위는 20세 이상~25세 미만: 1, 25세 이상~30세 미만: 2, 30세 이상~35세 미만: 3, 35세 이상~40세 미만: 4, 40세 이상~45세 미만: 5, 45세 이상~50세 미만: 6, 50세 이상~55세 미만: 7, 55세 이상~60세 미만: 8, 60세 이상: 9의 범주로 구분하였다.

Table 2. Result of analysis of variance depending on age

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Age	6	166.8888	27.8148	8.45
Residual	3006	9892.74	3.2910	
Total	3012	9892.74		(<0.0001)

DF : Degrees of freedom  
SSE : Sum of Squared Errors  
MSE : Mean Squared Errors

연령에 따른 분산분석 결과인 Table 2와 같이 유의확률(P-값)이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 실험에 참가한 연령대별로 주관적 위험도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Result of multiple comparison depending on age

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Age 2	4.0667	A
Age 8	3.9487	AB
Age 4	3.9153	AB
Age 5	3.6863	ABC
Age 3	3.4903	BC
Age 6	3.3714	C
Age 7	2.0833	D

분석 결과 연령대별로 느끼는 주관적 위험도가 통계적으로 유의하게 차이를 보임을 알 수 있어 연령대에 따른 주관적 위험도 차이를 확인하기 위해 다중비교 분석을 실시하였다.

다중비교 분석 결과인 Table 3에서와 같이 Age 2에 해당하는 25세~30세 미만에서 가장 큰 주관적 위험도를 느끼는 것

으로 나타났다. 이는 이 연령대에 속하는 3항사, 2항사 및 1항사 초기에 해당하는 것으로써 선박 운항에 대한 경험이 아직 부족하고 선박조종에 대한 지식이 다소 부족하여 위험도를 크게 느끼는 것으로 사료된다. 한편 Age 8에 해당하는 55세~60세 미만의 경우 선박에서 정년퇴직을 얼마 남기지 않은 선장으로서 대부분의 경우 매우 조심성 있게 선박을 운항한다는 점에서 위험도를 크게 느끼는 것으로 사료된다.

### 3.2 승선 경력에 따른 분석

승선 경력에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 본 연구에서는 승선 경력 범위를 1년 미만: 1, 1년 이상~3년 미만: 2, 3년 이상~5년 미만: 3, 5년 이상~10년 미만: 4, 10년 이상: 5로 구분하였다.

승선 경력에 따른 분산분석 결과인 Table 4와 같이 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 승선 경력에 따라 주관적 위험도가 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Result of analysis of variance depending on career

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Career	3	49.1207	16.3736	4.92
Residual	3009	10010.50	3.3269	
Total	3012	10059.63		(<0.0021)

다중비교 분석 결과인 Table 5에서와 같이 실험에 참가한 실험자들의 승선경력에 따라 주관적 위험도를 다르게 느끼는 것으로 나타났다. 승선경력이 짧을수록 위험도를 크게 느끼며 승선경력이 많을수록 낮게 느끼는 것으로 조사되었다. 이는 승선경력이 많을수록 다양한 경험을 바탕으로 주변 교통 상황에 대해 이해가 빠르며 따라서 주변 위험도에 따른 대처가 빨라 위험도를 낮게 느끼는 것으로 사료된다.

Table 5. Result of multiple comparison depending on career

Factor	Risk		
	Average	Grouping	
Career	1 year ~ 3 years	4.0667	A
	3 years ~ 5 years	3.9732	B
	5 years ~ 10 years	3.7696	BC
	over 10 years	3.6173	C

### 3.3 직책에 따른 분석

직책에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 선장: 1, 1등 항해사: 2, 2등 항해사: 3, 3등 항해사: 4, 기타: 5의 범주로 구분하였다.

직책에 따른 분산분석 결과인 Table 6과 같이 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 직책에 따라 주관적 위험도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Result of analysis of variance depending on position

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Position	4	255.32	63.829	19.58
Residual	3008	9804.31	3.259	(<0.0001)
Total	3012	10059.63		

다중 비교 분석 결과인 Table 7에서와 같이 직책에 따라 주관적 위험도를 다르게 느끼고 있는 것으로 조사되었다. 3등 항해사의 경우 선박 생활이 생소하고 선박 교통량이 많은 연안이나 항계 내외에서 대부분 선장이 선박조종을 직접하고 있어 연안이나 항계 내외가 아닐지라도 비슷한 해상 교통 환경하에서는 3등 항해사가 직접 조종을 해야 하는 부담감이 크므로 주관적 위험도를 크게 느끼는 것으로 사료된다.

2등 항해사의 경우도 3등 항해사의 짧은 직책 수행 이후 2등 항해사 업무를 수행하고 있으므로 Midwatch를 수행하면서 당직자를 제외하고는 모든 승조원들이 취침을 취하고 있어 심적 부담감을 그대로 반영한 결과라고 사료된다.

주관적 위험도를 가장 낮게 느끼는 것으로 조사된 1등 항해사의 경우 2, 3등 항해사와는 달리 선박에서 고급 사관으로 화물관리 및 선박조종에 자신감이 반영되어 나타난 것으로 사료된다.

Table 7. Result of multiple comparison depending on position

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Position	3rd officer	4.3069 A
	2nd officer	3.8924 B
	captian	3.794 B
	etc	3.712 B
	chief officer	3.3833 C

### 3.4 선박의 전장별 분석

본 연구에서는 선박의 전장(10m : 1 70m : 2 150m : 3 250m : 4 350m : 5)에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 일원배치 분산분석을 수행하여 Table 8에 나타내었다. 분산분석 결과 유의확률(P-값)이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 선박의 전장별로 주관적 위험도가 차이가 있는 것으로 나타났다. 선박의 전장에 따라 주관적 위험도가 통계적으로 유의하게 차이를 보임을 알 수 있어 선박의 전장에

따른 주관적 위험도 차이를 확인하기 위해 다중비교 분석을 실시하였다.

Table 8. Result of analysis of variance depending on ship's length

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Length	4	1459.85	364.96	137.66
Residual	3008	8599.77	2.8590	(<0.0001)
Total	3012	10059.63		

다중비교 분석 결과인 Table 9에서와 같이 주로 어선 크기인 전장이 10m 선박에 대해서 가장 큰 주관적 위험도를 느끼는 것으로 나타났다. 이는 대부분의 항해사 및 선장들이 항해 중 어선군과 같은 선박의 이동 예측이 어려운 복잡한 해상 교통 환경을 조우하였을 시 느끼는 경험을 시뮬레이션 수행 중에도 그대로 표출된 결과라 할 수 있다. 어선은 그 선박의 특성상 어로에 종사 중이거나 항해 중일지라도 다른 상선이 어선을 피하는 것이 일반적인 경험상 관례로 되어 있고 이를 선박조종 시뮬레이션 수행 중에도 염두에 두었던 것으로 추정할 수 있으며 100m 이상 선박에서는 선박의 길이가 긴 순서대로 위험함을 느끼는 것으로 조사되었다.

Table 9. Result of multiple comparison depending on ship's length

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Length	10m	4.6409 A
	70m	4.4658 A
	350m	4.4286 A
	250m	3.6212 B
	150m	2.934 C

### 3.5 선박의 조우 형태별 분석

본선을 기준으로 조우각 045°, 090°, 135° 및 정면 마주침 같은 선박의 조우 형태에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 선박조종 시뮬레이션을 실시하였고 또한 이를 일원배치 분산분석을 이용하여 각 조우 형태별 주관적 위험도에 대한 평균의 차이 존재 여부에 대해 분석하여 Table 10과 같이 정리하였다.

Table 10에서 보는 바와 같이 분산분석 결과 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 선박의 조우 형태(마주치는 각도) 별로 주관적 위험도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 10. Result of analysis of variance depending on ship's encounter angle

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Encounter angle	3	238.33	79.442	24.24 (<0.0001)
Residual	3009	9821.30	3.2640	
Total	3012	10059.63		

Table 11은 선박 조우 형태별 다중비교 분석결과이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 횡단 상태 135°에서 선박운항자는 가장 큰 주관적 위험도를 느끼는 것으로 조사되었다.

선박에서 선박운항자는 일반적으로 경계의 90% 이상을 전방 경계 그리고 나머지 10% 정도를 후방 및 측방 경계를 하고 있다. 따라서 선박 운항시 운항자를 기준으로 정황에서 앞쪽으로 경계 상태를 유지하고 있어 전방에서 일어나는 선박의 움직임에 익숙하며 물론 Radar를 운용하여 거리를 측정 하지만 육안으로 거리를 추정하고 이를 Radar를 통해 확인하는 경우가 많다. 따라서 전방으로의 선박 조우는 선박운항자가 많은 경험과 숙련을 가지고 있어 그 주관적 위험도를 낮게 느끼는 반면 횡단 상태 135°일 경우 상대선이 045°의 횡단 상태와 같은 거리에 있음에도 불구하고 045°의 경우 선박운항자를 기준으로 전방에 위치하고 있지만 135°의 경우에는 당직자가 옆 또는 후방에 위치해 있는 것으로 느끼고 있어 주관적 위험도를 크게 느끼는 것으로 사료된다. 특히 야간 항해시 상대선이 135°에 있을 경우에는 당직자의 통상적인 위치로는 시각적으로 확인이 어렵기 때문에 선박운항자가 느끼는 상대적인 거리감은 매우 가까워 경험이 부족한 2, 3 등 항해사와 같은 초급 사관은 매우 당황하는 경우도 많아 선장 및 1등 항해사와 같은 고급 사관들이 초급 사관들에 대한 교육이 필요한 부분이라 사료된다.

Table 11. Result of multiple comparison depending on ship's encounter angle

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Encounter angle	Crossing 135°	A
	Crossing 090°	B
	Crossing 045°	BC
	Head-on situation	C

### 3.6 선박의 좌/우현별 분석

타 선박이 어느 쪽 현 또는 정선수에 있는지에 따라 선박 운항자가 느끼는 주관적 위험도를 실험 및 일원배치 분산분석을 이용하여 주관적 위험도에 대한 평균의 차이 존재 여부

에 대해 분석하여 Table 12에 나타내었다.

분산분석 결과 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 선박의 우현 좌현 및 정선수에 선박이 존재함에 따라 주관적 위험도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 12. Result of analysis of variance depending on ship's side

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Port/Stbd	2	73.261	36.630	11.04 (<0.0001)
Residual	3010	9986.36	3.317	
Total	3012	10059.63		

다중비교 분석 결과인 Table 13에서와 같이 좌/우현에 따른 큰 차이는 보이지 않았지만 본선의 좌현에 선박이 있는 경우가 우현에 선박이 있는 경우보다 주관적 위험도를 더 크게 느끼는 것으로 조사되었다.

해상충돌예방법규에서는 피항선이 유지선을 확실하게 피할 수 있도록 가능한 한 조기에 충분한 동작을 취하도록 요구하고 있다. 유지선의 운항자는 선박이 횡단 상태에서 자선의 침로와 속도를 유지해야 함에도 불구하고 피항선의 적극적인 조치를 지속적으로 감시해야 하며 피항선이 유지선의 운항자가 설정해 놓은 범위 안에서 이 규칙에 따른 적절한 동작을 취하지 아니하고 있음이 분명하거나 의심될 경우 즉시 자선의 조종만으로서 충돌을 피하기 위한 동작을 취해야 한다. 즉 유지선은 침로와 속력을 유지하면서 피항선의 동작을 지속적으로 모니터링을 해야 하고, 피항선이 동작을 취하지 않는다면 충돌을 피하기 위한 최선의 협력동작을 취하여야 하는 부담감을 느낀다고 볼 수 있다. 즉 유지선의 운항자가 피항선의 운항자보다 더 큰 주관적 위험도를 느낀다고 할 수 있다.

Table 13. Result of multiple comparison depending on ship's side

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Side	Port	A
	Starboard	A
	Forward	B

### 3.7 타 선박과의 속력차 분석

타 선박과의 속력차가 있고 없음에 따른 주관적 위험도를 파악하기 위해 분산분석을 수행하여 Table 14에 나타내었다. Table 14에서 알 수 있듯이 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 속력차에 따라 주관적 위험도가 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 14. Result of analysis of variance depending on speed with other ships

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Speed with other ship	1	92.5895	92.5895	27.97
Residual	3011	9967.04	3.3102	(<0.0001)
Total	3012	10059.63		

본 연구에서는 선박의 속력이 같거나 또는 다른 경우(4kts)를 가정하여 실험을 실시하였다. 다중비교 분석결과인 Table 15와 같이 타선과의 속도가 비슷할 경우가 타선과의 속력차가 있을 때보다 더 큰 주관적 위험도를 느끼는 것으로 나타났다.

해상에서 선박운항자는 상대선의 속도가 본선보다 명확하게 빠르거나 느릴 경우 본선과의 충돌 위험성을 명확히 판단하고 그에 상응하는 충돌회피 동작을 사전에 재빨리 취하는 반면 속도에 차이가 없으면 일단 그 상황이 명확해질 때까지 기다리므로 위험에 노출될 시간이 길어지는 경우가 있다. 이렇게 하다 보면 선박운항자는 본인도 모르게 순간적으로 다른 일에 집중하거나 또는 충돌 위험성을 판단하는 작업에 소홀해 질 수가 있다는 것을 보여주는 것으로 사료된다.

Table 15. Result of multiple comparison depending on speed with other ships

Factor	Risk	
	Average	Grouping
Speed Same as other ship	3.9458	A
Different with other ship(4 kts)	3.5944	B

### 3.8 타 선박과의 거리 분석

타 선박과의 조우 상황 중 거리에 따라 주관적 위험도를 파악하기 위해 분산분석을 수행하여 Table 16에 나타내었다.

Table 16에서 알 수 있듯이 P-값이 0.05보다 매우 작아 통계적으로 유의수준 5%에서 타선과의 거리에 따라 주관적 위험도가 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 500미터(m), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 및 3.0마일로 구분을 하였다.

Table 17은 선박조종 실험에 대한 다중비교 분석결과이다.

다중비교 분석결과를 살펴보면 타선과 본선과의 거리가 가까우면 가까울수록 선박운항자의 주관적 위험도가 높아짐을 알 수 있다. 타선과의 거리가 가까우면 가까울수록 선박의 충돌 위험도는 커지기 때문에 주관적 위험도가 높다는 것을 알 수 있다.

Table 16. Result of analysis of variance depending on distance with other ships

Factor	DF	SSE	MSE	F-value (P-value)
Distance with other ship	6	5932.96	988.83	720.297
Residual	3006	4126.66	1.3728	(<0.0001)
Total	3012	10059.63		

Table 17. Result of multiple comparison depending on distance with other ships

Factor	Risk		
	Average	Grouping	
Distance with other ship	distance(500meter)	5.7468	A
	distance(1.0 NM)	5.0915	B
	distance(1.5 NM)	4.7131	C
	distance(2.0 NM)	3.8258	D
	distance(2.5 NM)	3.3347	E
	distance(3.0 NM)	2.3790	F

## 4. 결 론

해사안전법의 해상교통안전진단 제도를 포함한 해상교통 환경평가를 위하여 선박조종 시뮬레이션을 이용하여 선박운항자의 주관적 위험도를 측정하여 이용하고 있다. 이러한 시뮬레이션 결과에 대한 주관적 위험도의 측정이 통항선박의 해상교통 평가의 유효성을 대표하는지를 확인하기 위하여 분산분석법을 이용하여 선박운항자의 특성과 선박간 거리, 속력, 길이, 조우형태와 같은 각 요소들 간에 차이가 존재하는지를 분석하였다. 또한 각 요소들 간의 위험도 차이 정도를 다중비교를 통하여 분석하여 위험도 차이를 통계적 측면에서 수치의 변화를 확인할 수 있었다. 즉 선박조종 시뮬레이션을 통한 선박운항자의 주관적 위험도 평가 결과에 대한 유효성을 확인할 수 있었다.

추후에는 선박조종시뮬레이션 결과와 선박운항자 의견조사 결과를 비교 분석하여 우리나라 해역의 특성 및 우리나라 선박운항자의 안전 의식이 반영된 모델 기술에 반영하여야 할 것이다.

## 후 기

본 논문은 국토해양부 국토해양기술연구개발사업 중 “해상교통안전성평가모델 기술개발” 사업에서 지원한 연구 결과의 일부임.

## 참 고 문 헌

- [1] Cho, I. S., I. C. Kim and Y. S. Lee(2010), "The Introductory Concept of Maritime Safety Audit as a tool for Identifying Potential Hazards", Journal of Korean navigation and port research, Vol. 34, No. 9, pp. 699-704.
- [2] Kim, J. S.(2011), "A Study on the proper Safe Distance between Navigating Vessels", M. S. thesis, Mokpo maritime university, pp. 1-2.
- [3] Kim, J. S., Y. S. Park, T. Y. Heo, J. Y. Jeong and J. S. Park(2011), "A Study on the Development of Basic Model for Marine Traffic Assessment Considering the Encounter Type Between Vessels", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 17, No. 3, pp. 227-233.
- [4] 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. 401-402.

---

원고접수일 : 2013년 01월 09일

원고수정일 : 2013년 02월 01일

게재확정일 : 2013년 04월 25일