

# 방위끌림이 없는 장애물에 대한 함정의 충돌회피 기준에 관한 연구

하정수\* · † 정연환

\*해군사관학교 조선공학과 조교수, † 해군사관학교 조선공학과 부교수

## A Study on the Criteria for Collision Avoidance of Naval Ships for Obstacles in Constant Bearing, Decreasing Range (CBDR)

Jeong-soo Ha\* · † Yeon-hwan Jeong

\*Assistant Professor, Dept. of Naval Architecture, Naval Academy, South Korea

† Associate Professor, Dept. of Naval Architecture, Naval Academy, South Korea

**요 약** : 항해 중인 함정은 늘 충돌 가능성이 존재하지만 충돌회피를 위한 명확한 기동지침은 없고 함교 당직사관의 직관적 판단에 의존하는 경향이 있다. 본 연구에서는 항해 중인 함정이 방위끌림이 없는 장애물을 조우하는 상황에서 함교 당직사관을 대상으로 언제 어떻게 충돌을 회피하는지 설문조사를 실시하였다. 설문 결과를 활용하여 방위끌림이 없는 장애물 조우 상황, 주·야간 충돌 회피 방법을 분석하였다. 조함이 까다로운 지역은 평택, 목포 순이었고, 주로 협수로 내에서 발생하였다. 빈도는 4시간 항해 시 평균 1회 정도로 나타났으며, 1:1 조우 상황보다 다수 선박 조우가 많았다. 충돌침로 확인 시 전자해도보다 육안 확인 결과를 더 신뢰하였고, 충돌회피 고려 요소로 최단 접근거리, 최단 접근시간을 우선시하였다. 피항의무선과 침로유지선의 충돌회피 기동상 특별한 차이는 없었지만 주·야간 시 최단 접근거리의 차이는 존재했다. 충돌회피 시 대부분의 항해사들은 변침·변속을 함께 사용하는 것을 선호하며 타각 10~15°, 변속 ±5knots, 변침침로는 타함 함미 정방향에서 함미 가중치를 두었다. 이러한 결과들은 승조원들에게 부임 함정의 충돌 회피 기준을 제공하는데 도움이 될 것이며 나아가 AI, 빅데이터 기반의 무인함정 충돌회피 알고리즘 개발에도 적용될 것이다.

**핵심용어** : 함정, 함교 당직사관, 충돌회피, 설문조사, 방위끌림 확인, 최단접근거리, 최단접근시간

**Abstract** : Naval ships that are navigating always have the possibility of colliding, but there is no clear maneuvering procedure for collision avoidance, and there is a tendency to depend entirely on the intuitive judgment of the Officer Of Watch (OOW). In this study, we conducted a questionnaire survey when and how to avoid collision for the OOW in a Constant Bearing, Decreasing Range (CBDR) situation wherein the naval ships encountered obstacles. Using the results of the questionnaire survey, we analyzed the CBDR situation of encountering obstacles, and how to avoid collision in day/night. The most difficult to maneuver areas were Pyeongtaek, Mokpo, and occurred mainly in narrow channels. The frequency appeared on average about once every four hours, and there were more of a large number of ships encountering situations than the 1:1 situation. The method of check of collision course confirmation was more reliable with the eye confirmation results, and priority was given to distance at closest point of approach (DCPA) and time at closest point of approach (TCPA). There was not a difference in DCPA between the give-way ship and stand-on ship, but a difference between day and night. Also, most navigators prefer to use maneuvering & shifting when avoiding collisions, and steering is 10-15°, shifting ±5knots, and the drift course was direction added stern of the obstacles to the direction of it. These results will facilitate in providing officers with standards for collision avoidance, and also apply to the development of AI and big data based unmanned ship collision avoidance algorithms.

**Key words** : Naval Ship, Officer on Watch, Collision Avoidance, Questionnaires, Check of Situation in CBDR, DCPA, TCPA

### 1. 서 론

과학기술의 발달에 따른 GPS, 전자해도, 레이더 등과 같은 항해 시스템의 성능 향상에도 불구하고 선박 뿐만 아니라 함정의 충돌사고 또한 지속적으로 발생하고 있다. 2017년 USS Fitzgerald는 시즈오카 해상에서 컨테이너선과 충돌하였으며, John S. McCain는 말라카 해협에서 유조선과 충돌하였고,

2018년에는 KNM Helge Ingstad가 노르웨이 연안에서 유조선과 충돌하여 인적·물적 피해를 입었다.

이러한 해상 충돌사고의 원인 중 75-96%는 인적 오류(human error)에 기인하므로 사고를 줄이려면 인적요소에 집중할 필요가 있다(EMSA, 2017; IEEE, 2017; Pennie et al., 2007; Ugurlu et al., 2015; Chauvin et al., 2013). 그러나 실제 함교 당직사관의 충돌 회피 기동 경향을 조사한 사례는 거의

† Corresponding author : 정희원, pobrain@naver.com 055)549-5310

\* 정희원, gkwjtdn91@snu.ac.kr 055)549-5213

전무하고, 대부분의 유사 충돌회피 관련 연구에서는 DCPA 1000m나 타각 30°와 같은 단순하고 비현실적인 회피 기준을 시뮬레이션에 적용하고 있다. 실제 함정의 경우에는 조종 성능에 따라 함정별 선호하는 충돌 회피 기준이 다르고, 주·야간에 적용되는 기준 또한 다르며 같은 함정이라도 당직사관별로 경험을 바탕으로 한 주관적인 기준을 적용한다. 그러므로 함정의 충돌회피 시뮬레이션 연구에 앞서 충돌 상황에서 실제 운항자의 회피 기준을 면밀히 조사할 필요가 있으며, 이를 토대로 항해사들의 경험적 요소를 분석한 충돌 회피 기준 제시가 필요하다. 아울러 최근 4차 산업혁명시대의 인공지능(AI) 기술 중 데이터 학습에 기초한 머신러닝을 활용한 항해 시스템의 성능 향상을 위해서는 기존 데이터 분석이 필수적으로 선행되어야 하며, 이는 향후 무인함정 운용을 위한 충돌회피 알고리즘 구성을 위해서 필수적인 요소가 된다.

한편 ‘방위끌림이 없는(Constant Bearing, Decreasing Range, CBDR) 상황’은 해군 함정 운용에서 사용하는 용어이며, 항해 중인 함정에서 접촉물이 시간이 지나도 상대방위는 변하지 않고 거리는 가까워지는 상황, 즉 충돌 침로로 향하는 것을 말한다. Fig.1(a)와 같이 방위끌림이 증가할 때는 자함이 상대방의 선수를 지나가지만 Fig.1(b)와 같이 방위끌림이 없을 때는 충돌 침로로 향하고 있는 것을 알 수 있으며, 이러한 상황은 실제 충돌이 발생하는 대표적 유형 중 하나이다.

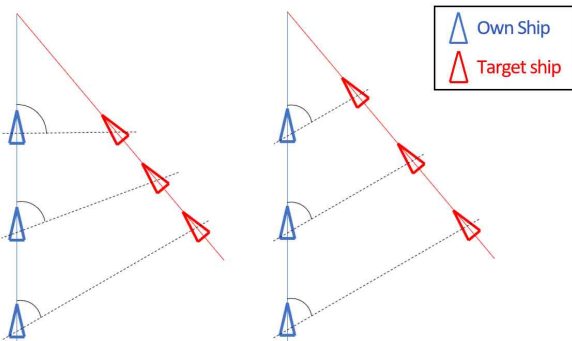


Fig. 1 (a) Increasing bearing, decreasing range (left), (b) Constant bearing, decreasing range (right)

본 연구의 기본 목적은 항해 중인 함정이 방위끌림이 없는 장애물을 조우하는 상황에서 어떤 인자로 충돌을 인지하고 어떻게 회피하는지 기준을 조사하는 것으로, 우선 충돌 회피 관련 연구 사례를 분석하였으며, 함정별 충돌 회피 경향 분석을 위해 함교 당직사관을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 운항자 기본 정보를 바탕으로 방위끌림 없는 상황, 주·야간 피항의 무선·침로유지선의 충돌회피 기준, 회피방법 등을 분석하였다.

## 2. 사례 분석

선박 운항자의 조함 환경 및 충돌상황 시 위험 인지 정도 조사를 통한 충돌 회피 방법을 제시하기 위한 다양한 연구가

있었다. Hasegawa et. al.(1989)은 운항자 인터뷰를 통해 퍼지 이론(fuzzy theory)을 기반으로 충돌 위험 추론 테이블을 작성하고 이를 이용하여 충돌 위험을 계산하였다. H. Itoh et al.(2004)은 선원의 인적 요소 분류 검증을 위해 선박 선원을 대상으로 안전 항법 및 인적 요소에 대한 설문조사를 실시하여 제안된 체계에 따라 분류하였다. I. Rudan et. al.(2012)은 다양한 승선 경험이 있는 234명의 선원들을 대상으로 충돌이 임박했던 거리를 조사한 결과 유조선·벌크선일수록, 선박 길이가 길수록 더 큰 선회공간을 필요하기 때문에 충돌이 임박했던 거리가 더 큰 경향을 보이는 것으로 분석하였다. Heo et al.(2012)은 선박 운항자의 해상교통위험도 모형 개발을 위해 선박의 기본 정보(종류, 톤수, 길이, 폭)와 운항자의 기본 정보(나이, 연수, 자격증 여부, 직책)을 바탕으로 운항자가 느끼는 위험도 지표(1-7점)를 조사한 바 있다. Lee et al.(2014)은 Head on(조우), Crossing(횡단), Overtaking(추월) 상황에 대해 운항자의 초동조치 개시거리와 초기 변침각도, 안전 통과 거리를 조사한 뒤 시뮬레이션으로 검증하였다. Park et al.(2015)은 VTS 당직 근무자들을 대상으로 충돌위험 발생횟수, 위험도를 느끼는 방법(관제 프로그램, 출입항예보)을 조사하였고 Lee et al.(2015)은 VTS 관제사들을 대상으로 20가지 충돌 상황에서 관제사가 느끼는 위험 정도를 조사하였다. Park et al.(2013)은 운항자의 직책, 선종, 승선기간, 충돌 회피 거리 등을 조사하고 해상사고의 원인을 분석하였다.

## 3. 설문조사 결과 및 분석

본 연구는 9. 9.(월) ~ 27.(금) 동안 해군 설문종합정보체계를 통해 함교당직사관(함장, 부장, 함교당직사관)에 대한 설문조사를 실시하였다. 대상함은 DDG, DDH-1, DDH-2, FFG Batch-1, FFG Batch-2, FF, PCC, LPH, PKG, LST-1, LST-2, MLS-1, MLS-2, MSH, MHC, AOE-1, AOE-2, ATS, AGS이며 전투함, 구조함, 소해함 등 다양한 목적의 함정이 존재하지만 이들의 특수직무를 고려하지 않고 단순히 충돌 회피 기준 조사를 위해 함정 조종성능과 항해상 보편적인 상황만을 고려하였다.

문항은 <운항자 기본 정보사항>, <자함의 조종성 및 국제 해상충돌예방규칙 인지 확인 문항>, <방위끌림에 대한 기본 사항>, <주간/야간에 본함이 피항의무선/침로유지선일 때 충돌회피 기준>, <피항의무선/침로유지선일 때 회피 행동> 대 문항에 대한 각각의 소문항들로 구성되었다. 총 설문 인원은 127명이었으며 함정별 통계 도출 시 Table 1과 같이 데이터 수가 비교적 많은 중형함 A(8%), B(12%), C(20%), 소형함 D(20%), E(9%), F(9%)에 대해 분석하였다.

Table 1 Geometry of type A, B, C, D, E, F

Size	Type	Length [m]	Velocity [knots]
Medium	A	130	18
	B	100	15
	C	90	15
Small	D	60	15
	E	60	12
	F	50	10

3.1 운항자 기본 정보

주 항해당직 직수는 1직(00-04시, 12-16시)(26%), 2직(04-08시, 16-20시)(20%), 3직(08-12시, 20-24시)(28%), 24시간 당직(24%), 기타(임시적 2직제)(2%)로 고루 분포되어 있으며 주 근무지역은 진해(32%), 평택(28%), 동해(18%), 목포(9%), 부산(6%), 제주(2%) 순이었다. 함교 당직사관 경력은 3년 미만(41%), 3년 이상 5년 미만(19%), 5년 이상 7년 미만(21%), 7년 이상 10년 미만(11%), 10년 이상(8%)이었고 현 소속 함정 부임 월(month) 수는 6개월 이상 12개월 미만이(39%), 12개월 이상(24%)으로 비교적 긴 편이었다.

3.2 자함의 조종성 및 국제해상충돌예방규칙 인지 확인 문항

부임 이후 新 소속 함정의 조종성을 이해하는데 걸리는 시간은 Fig.2와 같이 1개월 이상 3개월 미만(40%), 3개월 이상 6개월 미만(31%) 순으로 응답했으며 자함의 조종성을 자신하는지에 대한 문항에서는 함정별·근무지역별·동형함 함교 당직 근무 경험에 따른 차이는 보이지 않았으나 Fig.3과 같이 부임 월수 6개월 이상부터 긍정적인 답변을 보였다.

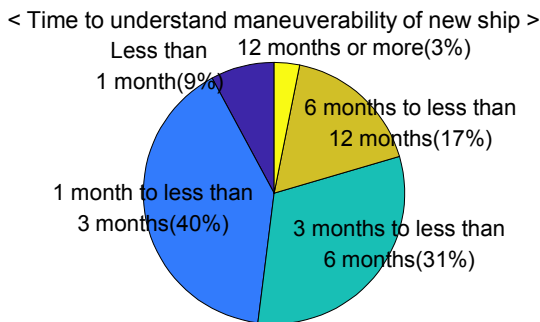


Fig. 2 Time to understand maneuverability of new ship

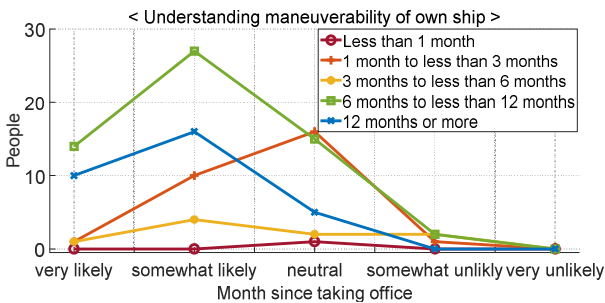


Fig. 3 Understanding of maneuverability of own ship

조합하기 까다로운 해역으로는 Fig.4와 같이 평택(73%), 목포(14%) 부근이 많았고 방위클립 없는 상황은 Fig.5와 같이 협수로 내(61%)가 많았던 것으로 보아 평택·목포에서의 조합이 어려웠던 이유는 협수로로 인한 것으로 보인다. 협수로가 없는 동해는 0% 응답율을 보였다.

근무해역이 바뀌면 조합이 어려워지거나 쉬워지는지에 대한 문항에 Fig.6과 같이 '그렇다'고 답한 사람이 더 많았다.

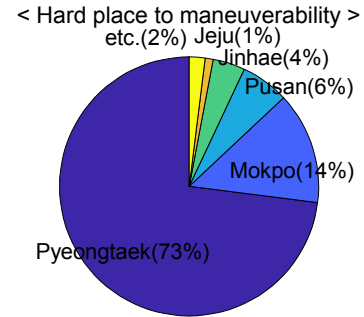


Fig. 4 Hard place to maneuverability

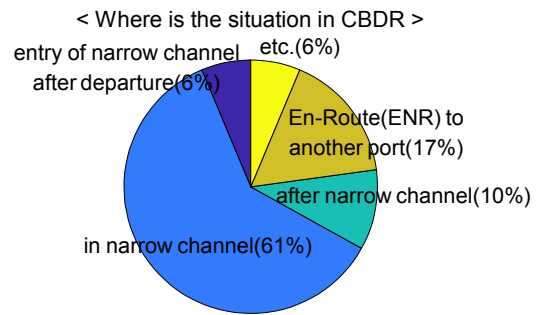


Fig. 5 Where is the situation in CBDR

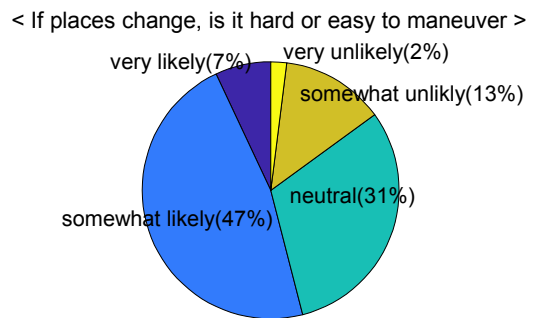


Fig. 6 If places changes, is it hard or easy to maneuver

앞선 문항에 대한 답변들을 정리하면 부임한지 얼마 안 된 초급 함교 당직사관이 출동임무 등으로 타 지역에서 평택항 협수로로 진입하게 되거나 타 지역 장교가 평택 근무 함정에 부임하게 되었을 때 조합에 어려움을 겪을 것으로 보인다.

기상이 좋지 않을 때 타호가 나타나는 시간은 대부분 평소보다 늦다(83%)고 느끼며, Fig.7(a)와 같이 함정별로 비슷한 설문 경향을 보인다. 타호가 평소와 다르게 작동된다고 생각되는 파고의 높이는 Fig.7(b)와 같이 소형함보다 중형함이 큰

사하게 더 높았다.

국제해상충돌예방규칙(Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at sea, COLREGs) 상 모호한 규정으로 향해 시 힘들었던 경험이 있는가에 대한 문항에는 단지 5%만 '있다' 라고 답하였으며 어선 등 소형 선박들이 COLREGs를 준수하지 않은 이유 등이 있었다.

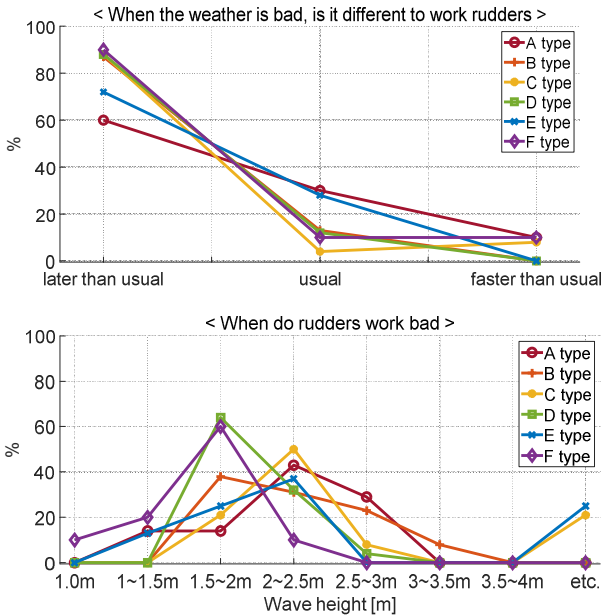


Fig. 7 When the weather is bad (a) is it different to work rudders (upper), (b) when do rudders work bad (lower)

### 3.3 방위끌림에 대한 기본사항

방위끌림의 정의를 아는가에 대한 문항에는 100% '그렇다' 라고 응답했으며 충돌 침로 확인 시 전자해도 수치(DCPA 등) 확인보다(12%) 운항자가 타함과의 상대방위를 방위환(azimuth circles)을 이용한 방위끌림 직접 확인을(83%) 절대적으로 선호했다. Kim(2018)은 상호 시계 내에서 전자해도보다 육안 확인이 충돌회피의 가장 좋은 수단이라 한 바 있다.

4시간 향해당직 기준 방위끌림이 없는 상황의 평균 빈도는 Fig.8과 같이 1회 이하가 60% 내외로 가장 많았으며 주·야간 차이는 보이지 않았다. 조우상황은 1:1 상황보다(36%) 다수 선박 동시 조우가(64%) 훨씬 많았다고 응답했다.

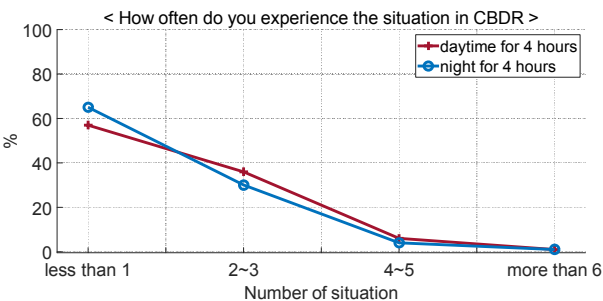


Fig. 8 How often do you experience the situation in CBRD

조우하는 타선의 속도와 크기 중 어떤 요소에 더 위험도를 느끼는가에서는 속도·크기 모두(52%), 속도만(33%), 크기만(5%) 순이며 Fig.9와 같이 속도가 클수록 더 큰 위험을 느끼는 것으로 나타났다. 하지만 아이러니하게 최근 3년간 군함의 충돌사고 사례는 모두 크기가 큰 저속선과 충돌하였으므로 저속 장애물 또한 향해상 깊은 주의가 필요함을 알 수 있다.

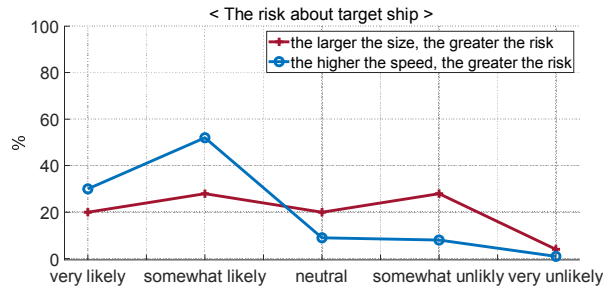


Fig. 9 The risk about target ship

방위끌림이 없는 상황에서 충돌 직전의 위험 상황을 겪은 적이 있는가에 20%가 '있다' 라고 답하였으며 어선과 DCPA 근접 통과(100m 이하 7건, 400m 내외의 2건 등)가 가장 많았으며 이외 협수로 내(오토파일럿 상선 근접통과), 저시정 상황(400m 내외의 2건) 등이 있었다.

### 3.4 주간/야간 시 피항의무선/침로유지선일 때 충돌회피 기준

충돌회피 고려 인자는 Fig.10과 같이 주간/야간, 피항의무선/침로유지선 관계없이 DCPA, TCPA를 선호하며 주간/야간의 DCPA는 유의미한 차이가 있었으나 피항의무선/침로유지선의 충돌회피 기준은 차이를 두고 있지 않았다. 이는 침로유지선이 피항의무선과 달리 별도의 피항 기준이 없는 것으로 사료된다.

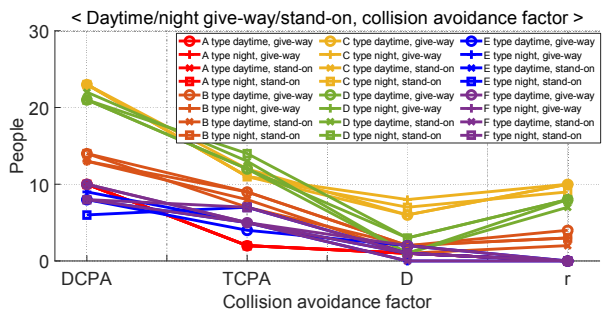


Fig. 10 Collision avoidance factor

충돌회피 기준 평균 주간 DCPA는 Fig.11과 같이 함정별 선호 기준이 달랐으며 동형 함정에 대해 근무지역별, 부임 월 수별, 함교당직사관 경력별 DCPA 기준의 규칙성은 보이지 않았다.

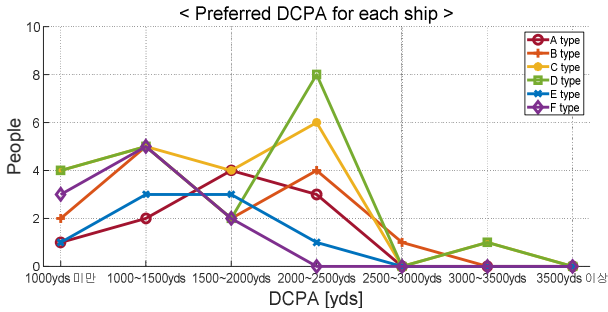


Fig. 11 Preferred daytime DCPA for each ship

주·야간 충돌회피 평균 DCPA는 Table 2와 같다. 전장보다는 속도가 커질수록 DCPA가 증가하는 경향을 보이나 경험식을 도출하기에는 데이터 수가 부족하였다.

Table 2 Collision avoidance DCPA of types

(Unit: m)

Size	Type	Average DCPA		
		Daytime(A)	Night(B)	(A)-(B)
Medium	A	1,550	1,830	280
	B	1,500	2,160	660
	C	1,310	1,910	600
Small	D	1,480	2,020	540
	E	1,370	1,700	330
	F	1,100	1,600	500

TCPA는 모두 5~10분 시 충돌을 회피한다는 답변이 공통적으로 많았으며 거리와 각속도에 대해서는 유의미한 의미를 도출하지 못했다.

한편, 운항자가 연구되길 희망하는 분야는 Fig 12와 같이 언제, 어떻게, 어디서 회피 하는지 순으로 많았고 함정별로 비슷한 답변 경향을 보였다. 이는 스스로 세운 충돌 회피 기준 또한 불확실하므로 검증이 필요한 것으로 해석할 수 있다.

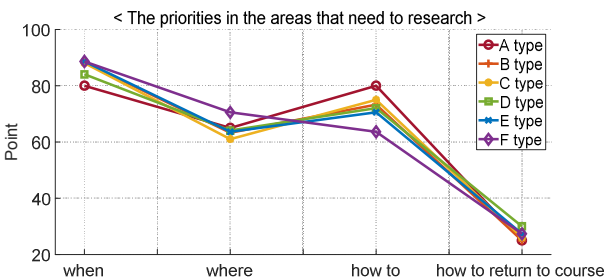


Fig. 12 The priorities in the areas that need to research

### 3.5 피항의무선/침로유지선일 때 회피 행동

회피 행동 시 피항의무선/침로유지선의 차이는 없었으며 함정별 충돌회피 선호 방법은 Fig.13과 같이 변침·변속 동시 사용이 가장 높았고 변속만 사용하는 경우가 가장 적었다. 타각 사용은 Fig.14과 같이 B, C, D 함정은 15°를, E, F 함정은 10°를 선호했으며 기타 답변으로 ‘긴급 시 전타(25°) 혹은 비상타(35°)까지 사용’이 있었다. 변침 시작 후 침로 설정 기준은 타선의 선미 정방향을 기준으로 타선 선미쪽으로 가중치를 (5° 혹은 10°) 둔 침로를 설정하는 것을 확인할 수 있었다.

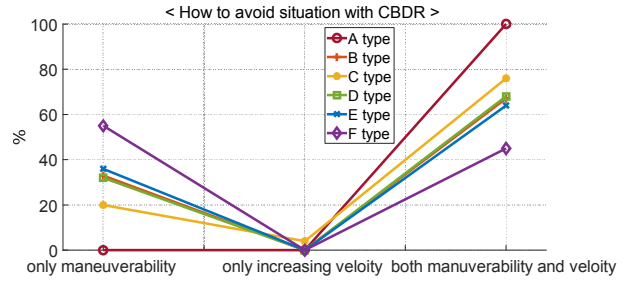


Fig. 13 How to avoid situation in CBDR

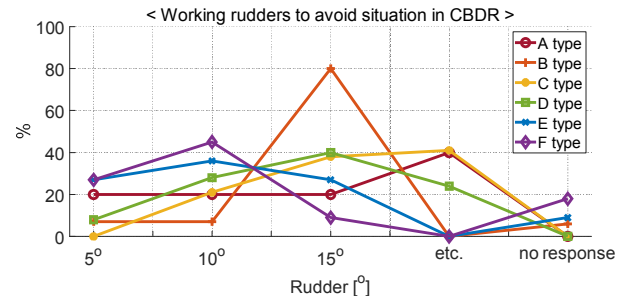


Fig. 14 Working rudders to avoid situation in CBDR

변침 시 증속 범위는 Fig15와 같이 대부분 ±5knots 증속하며 기타 답변으로 ‘긴급 시 전속까지 가능’하다는 답변이 있었다. 본함이 안전하다고 판단하는 상황(즉, 충돌회피 상황이 종료되었다고 생각되는 상황) 타선이 본함 정횡 통과 후가 (65%) 전자해도상 충돌기준 회복시보다(30%) 높았다. 복귀침로 설정은 원침로에 한 번의 변침으로 복귀하는 것(63%)이 두 번의 변침으로 복귀하는 것(37%)보다 선호했다.

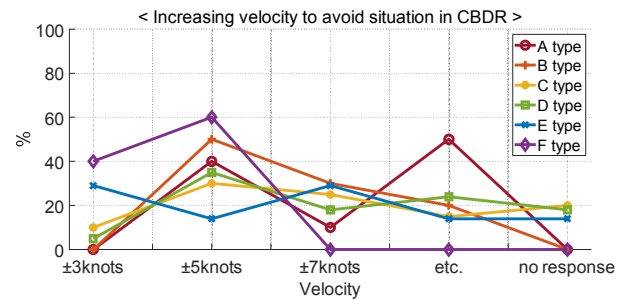


Fig. 15 Increasing velocity to avoid situation in CBDR

### 3.6 설문조사 주요 분석 결과

당직사관이 언제 충돌을 인지하고 어떻게 회피하는지에 대한 설문조사의 주요 분석 결과는 Table 3과 같다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 항해 중인 함정이 방위궤림이 없는 상황에서 당직사관이 어떤 인자로 충돌을 인지하고 어떻게 회피하는지 설문조사를 실시하였으며, 아래와 같은 유의미한 결과를 도출하였다. 충돌침로 확인 시 전자해도 수치보다 육안 확인

을(83%) 더 신뢰하였으며 회피 인자는 DCPA, TCPA 순이었  
고 피항의무선·침로유지선의 차이는 없었으나 주·야간 DCPA  
차이는 존재했다. TCPA는 모두 5~10분 시 충돌을 회피한다  
고 하였으며 타선과의 거리와 각속도에 대해서는 유의미한 의  
미를 도출하지 못했다. 회피 행동 시 피항의무선/침로유지선  
의 차이는 없었으며 타각 10°~15°로 타선의 선미 정방향을 기  
준으로 타선 선미쪽으로 가중치를 둔 침로로 변침하는 것을  
선호하였다. 변속을 한다면 ±5knots 증속을 선호하였다.

위 결과들은 타 지역으로 부임하는 승조원에게 함정의 충  
돌 회피 기준을 제공하는데 도움이 될 것이며 나아가 AI, 빅  
데이터 기반의 무인함정 충돌회피 알고리즘, 항해를 보조하는  
통합항교체계(Integrated Navigation System) 또는 자동조타  
장치(Auto Pilot) 개발에도 적용될 것이다. 다만, 모든 함정에  
대한 통계를 도출할 만큼 데이터 수가 많지 않았기에 추후에  
도 같은 문항에 대한 설문조사 수행이 필요할 것으로 보인다.

또한 실제 함정의 충돌회피 기준이 타당성이 있는지 주·야  
간 DCPA 기준에 대한 시뮬레이션 및 자유항주시험 연구로  
유효성을 검증하여 운항자에게 효율적인 충돌회피 기준을 제  
시할 필요가 있다.

Table 3 Criteria of collision avoidance

<p>General information of collision avoidance</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The most difficult to maneuver areas were Pyeongtaek(73%), Mokpo(14%), and occurred mainly in narrow channel(61%).</li> <li>- The frequency appeared on average about once(60%) every 4 hours.</li> <li>- There were more a large number of ships encounter situation(64%) than the 1:1 situation(36%).</li> </ul>
<p>Criteria of collision awareness</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The method of check of collision course confirmation were more reliable with the eye(83%) than value of ECDIS.</li> <li>- The priority was DCPA, TCPA.</li> <li>- There was not difference in DCPA between give-way and stand-on ships, but a difference between daytime and night.</li> <li>- The priority DCPA standards vary from ship to ship.</li> <li>- TCPA is preferred for 5-10 minutes.</li> </ul>
<p>Behavioral criteria of avoiding collision</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10-15° is preferred for steering.</li> <li>- Drift course was direction added stern of the obstacles to the direction of it.</li> <li>- ±5knots is preferred for shifting.</li> </ul>

## 후 기

이 논문은 2018년 해군사관학교 해양연구소의 지원으로 작  
성되었습니다.

## References

- [1] Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J. and Langard, B.(2013), "Human and Organisational Factors in Maritime Accidents", Analysis of Collisions at Sea Using the HFACS, Accidents Analysis and Prevention, Vol. 59, pp. 26-37.
- [2] EMSA.(2017), "Annual Overview of Marine Casualties and Incidents", European Maritime Safety Agency.
- [3] Hasegawa, K., Kouzuki, A., Muramatsu, T., Komine, H. and Watabe, Y.(1989), "Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System(SAFES)", Journal of the Society of Naval Architectures of Japan, Vol. 166.
- [4] Heo, T., Park, Y. and Kim, J.(2012), "A Study on the Development of Marine Traffic Risk Model for Mariners", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 30, No. 5, pp. 91-100.
- [5] IEEE.(2017), "New and Events", Transactions on Maritime Science, pp. 76-78.
- [6] Itoh, H., Mitomo, N., Matsuoka, T. and Murohara, Y.(2004), "Extension of the m-SHEL Model for Analysis of Human Factors at Ship Operation", the Journal of Japan Institute of Navigation, Vol. 110, pp. 83-91.
- [7] Kim, I.(2018), Korean Maritime Traffic Law, Samwoosa.
- [8] Lee, J., Jung, M. and Song, C.(2015), "A Study on the Degree of Collision Risk with Relative Bearing at CPA", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 39, No. 5, pp. 493-498.
- [9] Lee, Y., Park, J. and Lee, Y.(2014), "A Study on the Initial Action of Navigators to Avoid Risk of Collision at Sea", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 38, No. 4, pp. 327-333.
- [10] Ozkan, U., Umut, Y. and Ersan, B.(2015), "Analysis of Grounding Accidents Caused by Human Error", Journal of Marine Science and Technology, Vol. 23, No. 5, pp. 748-760.
- [11] Park, M, Jeon, Y. and Lee, Y.(2013), "A Study on the Collision between Fishing Vessel and Non Fishing Vessel Using Questionnaire Analysis", The Korea Society for Fisheries and Marine Science Education,

Vol. 25, No. 3, pp. 716-623.

- [12] Park, Y., Park, S. and Cho, I.(2015), “A Basic Study on Prediction Module Development of Collision Risk Based on Ship's Operator's Consciousness”, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 39, No. 3, pp. 199-208.
- [13] Pennie, D., Brook-Carter, N. and Gibson, W.(2007), “Human Factors Guidance for Maintenance”, In : *Human Factors in Ship Design Safety and Operation Conference*, The Royal Institution of Naval Architects, London, UK.
- [14] Rudan, I., Komadina, P. and Ivce, R.(2012), “Officer's Subjective Near Miss Notion in Situations of Collision Avoidance at Sea”, *Promet-Traffice & Trasportation*, Vol. 24, No. 4, pp. 317-322.

---

Received 31 October 2019

Revised 8 November 2019

Accepted 20 November 2019