

윌리엄슨 선회법에 나타난 선교팀의 기술적 행동유형의 분석

윤청금* · 박득진** · 임정빈***†

* 해양경찰교육원, ** 목포해양대학교 대학원, *** 한국해양대학교 항해학부

Analysis of Bridge Team's Technical Behavior Pattern Appearing in Williamson's Turn

Chong-gum Yun* · Deuk-Jin Park** · Jeong-Bin Yim***†

*, ** Korea Coast Guard Academy, Graduated school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

*** Division of Navigation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 인적오류는 해양사고의 중요한 원인이고, 인적오류의 식별은 해양사고 예방에 근간이 된다. 특히, 선교팀(항해사와 조타수)이 주어진 상황에서 취한 기술적인 행동 패턴은 인적오류 식별에 중요한 정보를 제공한다. 본 연구의 목적은 익수자 구조를 위한 윌리엄슨 선회법(Williamson's Turn)을 이용하여 선교팀들의 기술적인 행동 패턴을 식별하고 분석하기 위한 것이다. 이를 위한 본 연구의 핵심은 실험을 실시하는 과정에서 나타난 선교팀의 인적 행동 요인에 대한 인지모델을 구축하고 분석하는 것이다. 실험환경은 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 구축하고, 24개 선교팀으로 구성된 참가자들을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험결과, 방향타와 기관을 사용한 항적유지와 선박조종에 대한 행동 패턴을 식별할 수 있었다. 본 연구는 선원의 자격 및 훈련에 적용하여 선교팀의 인적오류를 보완하고 보정하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 인적오류, 선교 팀, 기술적인 행동 패턴, 윌리엄슨 선회법, 침로 추적

Abstract : Human error is an important cause of maritime accidents and the identification of human error is fundamental to maritime-accident preventions. In particular, the pattern of technical behavior taken in the circumstance of bridge teams(navigator & helmsman) provides important information to identify human error. The purpose of this study is to identify and analyze technical behavior pattern of bridge teams using Williamson's turn for rescue of persons overboard. The focus of this study is to build and analyze a cognitive model of the human behavior factors of the bridge teams in the process of implementing the experiments. The experimental environment was constructed using a ship-handling simulator and conducted an experiment on participants from 24 bridge teams. As a result of the experiment, it was able to identify the behavior pattern of the ship's maneuvering and maintain trajectory using the rudder and engine. This study is expected to correct human error in the bridge teams application to the certification and training of seafarers.

Key Words : Human error, Bridge team, Technical behavior pattern, Williamson's turn, Course tracking

1. 서 론

1912년 여객선 타이타닉(Titanic)호 침몰 이후 100여년이 흐른 2014년에 발생한 세월호 사고에 이르기까지 해양사고 발생에서 있어서 선교 팀(항해사 및 조타수)의 상황 대응은 매우 중요하다. 선교팀의 위험상황에 대응한 결과는 선교 시스템의 단순 또는 복잡함에 구분 없이 선박운항의 안전에

중요하게 작용한다(Yun et al., 2016).

위험한 상황에 대응하기 위해서는 선박을 조종해야 하는데, 선박 조종에 관여되는 것은 선교 팀과 선박조종에 필요한 다양한 시스템으로 구분할 수 있다. 이러한 선교 팀과 선박조종 시스템은 내부 요인으로 분류할 수 있고, 항해 상황과 기상 등은 외부 요인으로 구분할 수 있다(Itoh et al., 2001).

Inoue(2013)는 선박조종을 주어진 환경에서 안전하게 효과적으로 해기사의 의도에 따라서 선박을 움직이거나 멈추게 하는 일련의 동작이라고 정의한 바 있으며, Cacciabue(1997)은 현재 직면한 선박운항의 환경적 상황이 안전 한계에 근

* First Author : sappireyun@korea.kr 061-806-2253

† Corresponding Author : jbyim@kmou.ac.kr, 051-410-4246

접했을 때, 항해당직사관의 직무능력은 선박조종과 의사 결정에 중요한 요인으로 작용함은 물론, 인간 직무의 안정성과 신뢰성 분석이 현대 선박과 같이 고도로 발달된 복잡한 기술 시스템에 있어서는 항해의 안정성 평가 및 위험 분석에도 중요하게 작용한다고 밝혔다.

2013년부터 2017년까지 국내 해양사고 원인의 약 79%가 운항과실에 기인한 것으로 보고되었는데(KMST, 2017), 이 결과는 직접 또는 간접적으로 인적요인이 해양사고의 중요한 원인을 의미한다. 이러한 인적오류에 의한 사고가 여전히 저감되지 못하는 이유를 외부적인 요인과 내부적인 요인으로 구분하여 고찰하면 다음과 같다.

먼저, 외부적인 요인으로는, 선박의 고속화와 대형화, 해상 교통상황의 복잡성의 증가, 그리고 다양하게 변화하고 있는 환경 등을 고려할 수 있다. 내부적인 요인으로는, 선박조종 장비 성능의 고도화에 따라서 취급이 용이해진 반면, 해기사들의 첨단 항해기기의 관동능력과 위험을 회피하기 위한 상황 예측 능력의 부족 등을 고려할 수 있다.

특히, 해기사들의 위험예측 능력과 위험회피 능력 및 이에 관한 책무의 중요성은 해양사고 저감을 위하여 지속적으로 증가되고 있다. 이러한 해기사의 능력과 의무는 해기사의 인지능력으로 표현할 수 있는데, 이에 대해서 Bertel et al.(2017)은 지각, 기억, 전달, 사고, 추론, 기억의 판단과 이해에 사용되는 인간의 정신적 절차로 정의한 바 있다.

이러한 해기사의 인지절차를 고려한 행동오류를 식별하여 사고의 근본원인을 역제하기 위한 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히, Itoh et al.(2001)은 사람과 주변 시스템을 연계하여 외부 상황에 대한 하나의 문제해결 방법으로 사람의 인지적 특성을 기반으로 하는 인지 시뮬레이션 모델을 제시한 바 있다.

본 연구의 목적은 해양사고의 잠재적 원인을 파악하기 위한 선교 팀의 행동유형을 분석하는 것이다. 이러한 목적 달성을 위하여 본 연구에서는 Itoh et al.(2001)이 제안한 인지업무분석 기법을 기반으로 하는 항해자들의 침로 추적 절차를 바탕으로 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 이 모델의 구현에는 국제적인 구조조선 방법이 기술된 국제 항공 및 해상 수색구조편람(IAMSAR, International Aeronautical and Maritime Search And Rescue manual)을 이용한 훈련 시나리오를 이용하고, 훈련 시나리오를 적용한 선박조종 시뮬레이션 결과를 통해서 선교팀의 행동유형을 분석하였다.

2. 인지 모델

2.1 행동유형 평가를 위한 인지 모델 구축 방법

선교 팀(항해사와 조타수)의 행동유형 분석에서 가장 중

요한 것은 어떠한 절차와 방법을 통해서 선교 팀의 행동유형을 인지할 것인가이다.

즉, 선교 팀의 행동은 주어진 상황에 대해서 선교팀이 생각하거나 지각한 결과로 나타나는데, 이러한 지각(Cognition)을 관측하거나 측정하는 것은 사람의 정신적 측면에서 고찰해야하기 때문에 대단히 어려운 것으로 보고되고 있다.

따라서 어떠한 절차와 방법으로 선교 팀이 인지한 결과를 관측할 것인가는 본 연구의 핵심이다. 본 연구에서 Itoh et al.(2001)이 제안한 인지절차를 참고하고, 인지한 결과를 관측하기 위한 시나리오를 구축하여 선교 팀이 인지한 결과를 관측하였다.

대부분의 선박조종은 항해사가 사전에 계획된 선박의 침로와 속력 등을 기반으로 조타수에게 명령을 내리는 방법으로 선박을 제어하고 환경변화에 반응한다. 조타수는 항해사가 행한 제어명령을 집행한다. 그러므로 선박조종은 항해사와 조타수로 구성된 선교 팀이라는 인간 요소에 의해서 이루어진다. 결국 인지 시뮬레이션 접근에서 중요한 것은 선교 침과 선박조종을 위한 시스템 사이에서 발생하는 상호작용과 이러한 상호작용을 발생시키는 선교 팀의 행동이다 (Itoh et al., 2001).

본 연구에서는 Itoh et al.(2001)이 제안한 상호작용 모델 (Interaction model)을 도입한 선교 팀의 행동유형 식별용 인지 모델을 제안하였다. 그리고 선박조종 시뮬레이터에 의한 실험결과의 분석은 Kim et al.(2011)이 제안한 해양사고의 잠재적 근본원인 파악의 원인 분류 방법을 도입하여 선교팀의 행동유형을 양적인 인적오류 요인을 도출하였다.

Fig. 1은 Itoh et al.(2001)이 제안한 상호작용 모델을 기반으로 본 연구에서 제안한 행동유형 인지 모델의 구조를 나타낸다. 모델의 구성을 설명하면 다음과 같다.

이 모델은 환경 및 시스템 상태 변수를 유지하면서 항해자 모델(Navigator model)과 선박 움직임 모델(Ship motion model) 사이의 모든 상호 작용을 생성한다. 조타수 모델(Helms model)은 항해자의 조타명령을 전송하기 위해서만 동작한다. 특히, 항해사 모델은 항해사의 인지 및 행동 과정의 시뮬레이션을 제어하기 위한 인식 절차와 작업, 상황인식 등을 기억한다.

Itoh et al.(2001)은 Fig. 1의 모델을 이용하여 협수로에서의 침로 추적작업에 대한 인지절차 모델에 활용하였다. 이를 통해서 항해사의 오류 발생 절차를 구성하여 위기분석에 적용한 바 있다. 여기서 침로 추적 작업에서 항해사 모델은 외부 상황 또는 레이더 화면 등 인식되고 있는 현재 상태 등을 모니터링한다. 그리고 운영자가 아직 발생하지 않은 일을 예견하고 반응할 수 있는 예견기능(Look-ahead function)을 실행하여 조타명령을 생성하고 조타수 모델에게 전송한다. 전

송된 명령을 인식한 조타수 모델은 타를 조종하여 선박 모델을 구동시키고 선박 모델의 향해 궤적에 따라서 침로나 거리 편차가 발생되면 항해사 모델은 예견 기능에 의해 예측된 오차 보정 동작을 활성화 시킨다.

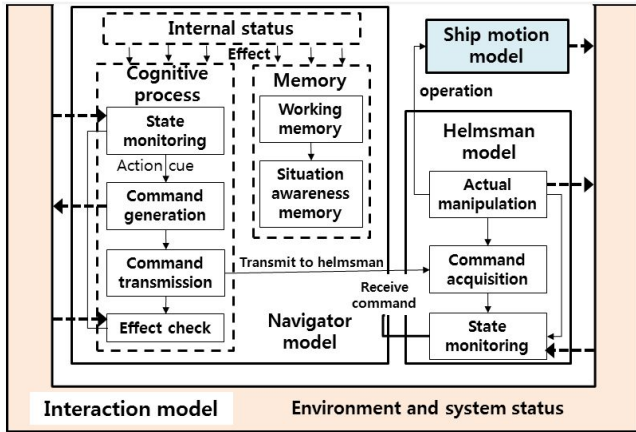


Fig. 1. Architecture for the cognitive model for the classification of bridge team's technical behavior (adopted from Itoh et al., 2001).

본 연구에서는 Fig. 1의 인지 모델을 이용하여 선교 팀의 행동유형을 분석하였다. 한편, 인지 모델을 구현하기 위해서는 필요하고도 충분한 선교 팀의 행동에 대한 데이터가 필요하다. 이러한 데이터는 다음 2.2절에 설명한 시나리오(scenario)를 통해서 획득하였다.

2.2 시나리오 구성

시나리오는 실제 해상환경에서 발생하는 상황과 유사한 환경을 생성하기 위한 하나의 장면연출 방법이다. 본 연구에서는 윌리엄슨 선회방법(Williamson's turn)을 이용한 익수자 구조 조선방법을 이용하여 선교 팀들의 행동유형을 관측하였다.

윌리엄슨 선회방법은 익수자 구조에 유효하게 적용되고 있는 선박조종 방법으로 현재 선박에서 널리 적용되고 있다. 이 방법의 핵심은 익수자가 발견되면 즉시 타를 사용하여 선박을 선회시키면서 최종적으로 익수자의 부근으로 선박을 이동시키는 것이다. 이 방법을 적용하기 위해서 선교팀의 적절한 행동과 선교팀과 선박조종 장치 사이의 충분하고도 필요한 상호작용이 발생해야 한다.

따라서 윌리엄슨 선회방법을 이요하면 인간과 기계 사이의 상호작용을 측정할 수 있는데, 그것은 타(rudder)와 기관 사용이 기록된 시뮬레이터의 동적 데이터 로그(log) 기능을 통해서 측정할 수 있다. 그리고 상호작용의 결과는 선박이

익수자에 대해서 얼마나 최적으로 접근했는지를 통해서 측정할 수 있다. 이러한 측정결과를 분석하면 주어진 상황에 대한 선교팀들의 행동유형을 분석할 수 있다.

그래서 본 연구에서는 윌리엄슨 선회방법을 선교 팀의 행동유형에 대한 인지모델 구축에 적용한 것이다. 더욱 중요한 것은 Fig. 1에 나타난 인지과정을 설명할 수 있는 데이터의 창출인데, 이것은 임의적으로 구축한 시나리오를 이용해서 창출할 수 있다.

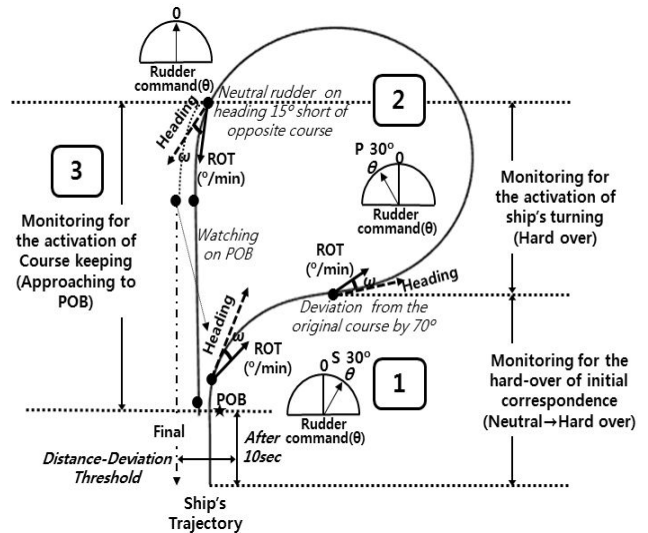


Fig. 2. Navigator's cognitive process in ship handling for rescue of POB.

Fig. 2는 본 연구에서 제안한 인지행동 측정을 위한 시나리오를 나타낸 것으로, 선박이 침로 000도로 항해하는 과정에서 선박의 우현 측에 익수자가 발생한 상황을 가정하고 윌리엄슨 선회방법을 세 가지 상태로 구분한 것이다. 이러한 익수자 구조 조선 방법은 IAMSAR 매뉴얼(KIMFT, 2010)에 기술된 POB(Person Overboard)의 윌리엄슨 선회법을 적용한 것이다. Fig. 2의 단계별 상황을 설명하면 다음과 같다.

- Status 1(우현 전타): Status 1은 0도의 초기 침로에서부터 초기 침로에 70도가 더해진 선수방위가 되기까지의 상황을 나타낸다. 선박 항행 중 익수자가 발생하면 초기 조치로서 기관은 전진 전속을 유지하면서 타를 오른편으로 전타한다. 원래의 침로에 70도가 더해진 선수방위가 되면 좌현 타를 사용하기 시작하는데 이때는 Status 2로 이어진다.
- Status 2(좌현 선회): Status 2는 원래의 침로에 70도가 더해진 선수방위가 되었을 때부터 원래의 침로에 165도를

더한 선수방위가 될 때까지의 상황을 나타낸다. Status 2는 원래의 침로에서 70도가 더해진 선수방위가 되면 즉시 좌현 타를 사용하고 이후 지속적으로 선회 상태를 유지하면서 원래 침로에 180도를 더한 선수방위가 되기 이전인 165도 선수방위에서 타를 중립으로 둔다. 그러면 선박은 점차 타력에 의해서 원래 침로에 180도를 더한 선수방위를 유지하게 된다. 즉, 익수자가 위치한 쪽으로 선박을 조종하기 위한 것이다.

- Status 3(익수자에게 접근): 상황을 모니터링하면서 원래의 침로에 180도를 더한 침로가 되도록 선박을 조종하여 익수자에게 접근한다. 이 때 익수자와 충돌해서도 안 되고, 익수자와 멀리 떨어져서도 안 되며, 선박의 좌현에 익수자가 위치해야 한다. 여기서 익수자와 선박 사이의 거리는 정해진 것은 없으나 구명동의 던져서 구조가 가능한 거리로 정의한다.

3. 실험

3.1 실험 절차

시뮬레이션 훈련 실험절차는 Fig. 3과 같으며, 내용은 아래와 같다.

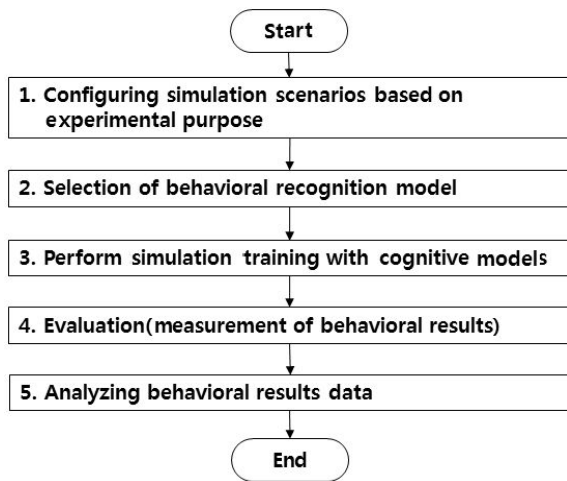


Fig. 3. Experimental procedure for measuring behavioral results of bridge teams.

- Step 1: 시뮬레이션 시나리오를 구성한다. 여기서 선교 팀의 행동유형에서 데이터를 도출하기 위하여 항해 중 발생할 수 있는 선박조종 상황 시나리오를 설정한다. 이 시나리오는 앞의 2.2 시나리오 구성에서 설명한 바 있다.
- Step 2: 행동 모델은 항해자의 인지 모델이 포함된 상호작용 모델을 선택한다. 이 모델은 앞의 2.1 인지모델 구

축 방법에서 설명한 바 있다.

- Step 3: 시뮬레이션 훈련을 수행한다. 수행은 STCW 95/2010 code Part A에 따라 익수자 구조를 위한 조선과 절차에 따른다(Castells Sanabra et al, 2014).
- Step 4: 측정된 시뮬레이션 훈련 행동결과를 평가한다. 측정 및 평가는 개정된 STCW 95의 역량평가(Assement of competence)에 따라서 Castells Sanabra et al.(2014)이 제안한 시뮬레이션 훈련 효과의 평가 방식 중 도표와 출력(Plots and print-out) 방법을 이용한다.
- Step 5: 선교 팀 행동 분석결과를 통하여 인적오류를 발생시키는 기술적 행동유형을 추출한다.

3.2 실험 환경

본 연구에서는 해양경찰 교육원의 3,000톤급 해양경찰 함정 모델에 대한 선박조종 시뮬레이터를 이용하였다. Table 1은 실험에 사용한 선박의 특성을 나타낸다.

Table 1. Own ship information (coast guard ship 1)

Type of propeller		Outward CPP Twin Screw	
Turning ability		Max. Tactical Dia: 512m Elapsed time: 3min 5sec	
Displacement	2946.4t	Max.speed	28knots
Length	112.7m	Breath	14.2m
Draft	4.4m	height of eye	12m

* Experimental condition for using rudder

- Status 1 → 2: Hard over at Original Course +60° → +70°

- Status 3: Opposite Course -20° → -15°

선박 모델의 특성 중 중요 부분은 추진기(Propeller)의 종류와 선회 능력(Turning ability)이다. 추진기의 종류는 외선식 가변피치 쌍추진기 선박이며, 선회 능력은 최대 선회경(Max. tactical diameter)이 512m, 소요시간은 3분 5초이다.

이러한 선박을 윌리엄스 선회방법을 적용하기 위해서는 조선방법의 수정이 필요하다. 그 이유는 Table 1과 같이 실험선박 해양경찰함정 모델을 IAMSAR 매뉴얼의 기본적인 윌리엄스 선회방법을 적용하기에는 다소 다른 특성을 나타냈기 때문이다. 사전 실험결과를 바탕으로, IAMSAR 매뉴얼의 초기 전타 시점을 60도에서 70도로 변경하고, 반대침로 전 20도에서 15도로 변경하여 본 연구에 적용한 함정 모델에 적합한 형태로 변경하였다.

3.3 시뮬레이션 실험

실험은 2015년부터 2018년까지 4년간 해양경찰교육원에서 실시된 교육과정에 대하여 실시하였다.

윌리엄슨 선회법에 나타난 선교팀의 기술적 행동유형의 분석

실험에 참가한 선교 팀의 수는 24개인데, 해양경찰교육원에 입교하여 항해 시뮬레이션 훈련장에서 선박조종 시뮬레이터 교육을 받은 교육생 팀과 시뮬레이션 교수요원 팀으로 구성된 총 24 선교 팀이다. 상세하게 이 팀은, 기본교육(7개 선교 팀), 전문교육(6개 선교 팀), 신입교육(9개 선교 팀), 간부후보생 교육과정(1개 선교 팀) 그리고 시뮬레이션 교수요원(1개 선교 팀) 등이다.

시뮬레이션 실험은 STCW 95/2010 code Part A에 따라서 시뮬레이터의 친숙화가 충분히 이루어진 훈련 종료시점에서 실시하였다. 실험은 구조 조전법 이론 1시간과 윌리엄슨 선회조종 방법 3,000톤급 목업 훈련장에서 사전 시뮬레이션 시연을 마친 후 진행하였다.

Table 2는 24개 선교 팀의 항해사와 조타수의 해기사 면허 등급과 승선경력을 나타낸다. 해기면허(Certificate)는 1-2급, 3-4급, 5-6급 및 무면허로 구분되었으며, 승선경력(Career)는 1년 미만, 1-3년, 4-7년, 7년 이상으로 구분하였다. 팀은 항해사(Navigator)와 조타수(Helmsman)로 구분하였다. 여기서, 무면허의 7개 선교 팀은 공채 신입 과정 7개 팀이었다. 또한, 실험에 참가한 선교 팀은 사전 시뮬레이션 시연을 마친 교육생들 중에서 훈련을 원하는 지원자를 모집하여 자율적으로 구성되었다.

Table 2. Bridge team's characteristics

Navigator	Certificate (class)	1~2nd	3~4th	5~6th	-
			2	8	7
Helmsman	Career (Year)	~1y	1~3y	4~7y	8y~
		7	6	3	8
Navigator	Certificate (class)	1~2nd	3~4th	5~6th	-
		0	3	10	7
Helmsman	Career (Year)	0~1y	1~3y	4~7y	8y~
		9	3	5	4

4. 실험 결과

4.1 이격거리 분석

실험 항적 이격거리 결과는 Table 3과 같다. Table 3은 기준이 되는 수직축에서 상태별 거리 편차(meter)를 보여준다.

먼저, 실험에 참가한 24개 선교팀의 팀 식별번호는 T1, T2, ... T23, T24로 표시하였다. 함정의 초기 침로선으로부터 상태(Status)별 이격거리를 각 선교팀별 최대값(maximum)과 최소값(minimum), 중간값(median) 그리고 기준 선교팀의 값으로 구분하여 비교한 것이다. 최대값과 최소값에서는 해당 선교팀을 표시하였다. 이 때, 각 팀의 실험 항적과의 비교를 위해 기준 점(Criteria)은 선교팀 T1의 항적으로 나타내었다.

여기서는 초기 침로선으로부터 상황별 이격거리 데이터 값의 분석결과를 통하여 선교팀의 타기 사용과 관련된 기술적 행동유형을 추출하고자 하였다.

Table 3. Distance-deviation (meter) by status from vertical axis of initial course line

value Status	min.	median	(T1)	max.	difference (max-min)
Status 1	72.7 (T11)	132.9	136.1	173.6 (T12)	100.9
Status 2	389.2 (T13)	555.0	564.2	608.7 (T24)	219.5
Status 3	-261.0 (T8)	-49.1	-30.8	3.3 (T18)	264.3

Table 3은 선박이 움직이는 항적의 특정한 위치를 각 상태별로 Status 1, 2, 3으로 구분하고 선박조종시뮬레이터에서 제공하는 동적 데이터(Dynamic Data)값에서 추출한 항적을 초기 침로선 상 000도를 기준으로 이격거리 편차값으로 정리한 것이다. 여기서는 각 선교팀별 이격거리 편차가 발생하는 주요 원인중 하나인 앞의 Fig.2의 타기 사용과 비교하는 방법으로 분석하였다.

먼저, 24개 선교팀의 실험결과에서 나온 각 Status별 이격거리 중앙값과 기준 선교팀 T1의 이격거리 값을 비교하여 보면 큰 차이점이 없었다. Table 3의 Status 1은 우현 전타에서 좌현 전타 직전 위치에서 최대 이격거리를 의미하며 최소값은 선교팀 T11이 72.7미터, 중앙값은 132.9미터, 기준 선교팀 T1이 136.1미터, 최대값은 선교팀 T12이 173.6미터, 최대값과 최소값의 차이는 100.9미터이다. Status 2는 좌현 전타 선회중 위치에서 오른쪽 최대 이격거리를 의미하고, Status 3은 키 중립 직전 위치에서 기준선에서의 이격거리를 의미한다.

4.2 Status 1 결과 분석

실험의 결과는 실험 시작 위치의 침로선을 기준으로 실험 항적에서 나타난 위치 사이의 이격거리로 분석하였다. Status 1에서의 이격거리 계산결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Interquartile analysis of status 1's distance deviation

Status 1	Distance deviation	Team's ID No.	number
Min	72.7m	T11, T7, T8, T13, T23, T10	6
Q1	123.9m	T22, T20, T6, T19, T16, T3, T9, T21, T1, T17, T2, T4	12
med	132.9m		
Q3	138.3m		
Max	173.6m	T5, T14, T15, T24, T18, T12	6

Status 1은 우현 선수 해상 익수자를 인식하여 키를 우현 전타하고 Status 2가 되기 직전까지(원침로에서 +70도) 상태로 Table 4는 Status 1에서 오른쪽으로 최대 이격거리를 의미한다. Q1에서 Q3까지의 사분위 범위 안에 총 12개 선교팀이 포함되어 있으며, 1사분위 범위 밖은 총 6개 선교팀, 3사분위 범위 밖에는 6개의 선교팀이 분포하고 있다. 선교팀의 순서는 이격거리값이 작은 순서부터 나열한 것이다.

Status 1의 이격거리 분포는 여러 데이터 중에서 타 사용과 밀접한 관련이 있는데, 선교팀별 이격거리에 영향을 미치는 타 사용 유형을 분류하면 다음 Table 5와 같으며, 여기서 R11부터 R16까지는 특정한 타 사용 유형을 식별하기 위하여 임의로 부여한 식별 코드를 나타낸다.

Table 5. Identify the type of rudder operation at Status 1

Code	When using the rudder	Number	Team's ID No.
R11	000°+070° <	16	-
R12	000° + 070°	3	T23, T10, T22
R13	000°+060° ≤ , < 070°	2	T7, T8
R14	> 000°+060°	2	T13 , T11
R15	incomplete operation of rudder	1	T13
R16	mistake rudder order	1	T21

* Initial course: 000°

Table 5의 결과를 분석하면 다음과 같다.

R11은 실험선박의 특성에 알맞게 타 사용 시기가 원침로 000도에서 우현 정상 선회중 070도가 된 이후 정상적으로 타를 사용한 그룹이며, 총 16개 선교팀이 해당된다.

R12는 원침로에서 70도가 되기 직전 타를 사용한 3개 선교팀이 해당되며, Table 4에서와 같이 선교팀 T22는 이격거리가 124.2미터로 1사분위 값에 근접하였고 나머지 2개 선교팀 T23, T10은 이격거리 편차가 1사분위 값보다 작았다.

R13, R14는 실험 시작 전 실험선박의 조종특성 이론 수업과 시뮬레이션 시연을 했음에도 불구하고 실험선의 특성을 고려하지 않은 채 기존의 방법으로 타를 사용한 그룹이다.

R13은 60도가 된 이후 타를 사용한 T7, T8 등 2개 선교팀이 해당되며 Table 4와 같이 이격거리 편차가 1사분위값 보다 작았다. R14는 원침로에서 60도가 되기 전 미리 타를 사용하여 이격거리 편차가 1사분위값보다 작았다.

R15는 POB 발생 이후 우현전타 시 전타 사용이 완전치 못하고 미숙한 선교팀으로 T13이 해당된다.

R16의 선교팀 T21은 실험선박 조종특성을 고려하지 않고 유형 R13과 같이 원침로에서 60도 이후 타를 반대타로 조작하려다 타 명령의 오류를 순간적으로 인식하고 타 조작을

즉시 수정하였으나 순간 ROT값이 130°/min을 넘지 못하여 선회력이 약간 저하되었다. 그리고 선교팀 T13의 경우는 타 사용 유형 R14, R15의 2가지 원인으로 인하여 Status 1단계에서 정상선회를 하지 못하였다.

4.3 Status 2 결과 분석

Status 2는 Status 1에서 실험선박이 원침로에서 +70도가 되었을 때 반대현으로 전타하여 실험선박이 좌현으로 계속 선회를 유지하는 상태이다. Status 2에서 나온 항적 중 이격거리가 오른쪽으로 최대로 되었을 때를 계산한 결과는 다음 Table 6과 같다. Q1에서 Q3까지의 사분위 범위 안에 속한 선교팀은 Status 1에서 사분위 범위 안에 있던 T4가 4분위 범위 밖으로 벗어나고, T12가 사분위 범위 안으로 포함된 것을 제외하고 Table 4와 같이 총 12개 팀이 포함되어 있다. Table 4와 Table 6을 비교하면 Status 1에서의 이격거리의 편차 범위가 Status 2에서 조금 더 확대된 것을 알 수 있었다. 선교팀의 순서는 Table 4와 같이 이격거리값이 작은 순서부터 나열한 것이다.

Table 6. Interquartile analysis of status 2's distance deviation

Status 2	Distance deviation	Team's ID No.	Number
Min	389.2m	T13 ,T11,T8,T7,T5,T10	6
Q1	505.2m	T6,T22,T12,T20,T21, T3 ,T9,T2,T1,T17,T16,T19	12
med	555.0m		
Q3	567.0m		
Max	608.7m	T4,T15,T14,T18,T23, T24	6

Status 2에서 타기 사용 유형을 분류하여 R21, R22 등 임의로 부여된 식별코드로 정리한 것이 Table 7이며, 우현전타에서 키를 반대현으로 전타하여 좌현전타가 될 때까지의 소요시간으로 타 사용 유형을 구분하였다.

Table 7. Identify the type of rudder operation at Status 2

Code	Elapsed time from hard over to hard over	Number	Team's ID No.
R21	12~13 seconds	22	-
R22	13 seconds <	2	T7, T23

Table 7의 타기 사용 유형을 분석하면 다음과 같다.

R21은 실험선박의 특성에 맞게 타를 사용한 그룹이다. 실험선박은 타기 펌프를 2대 모두 사용할 때 키 우현전타에서 좌현전타까지 R21과 같이 소요시간이 12~13초가 소요되는

윌리암슨 선회법에 나타난 선교팀의 기술적 행동유형의 분석

데, 22개 팀이 우현전타에서 좌현전타로 전환시 특이사항 없이 정상적으로 타를 사용하였다.

R22는 우현전타에서 좌현전타 전환시 소요시간이 13초를 초과한 선교팀을 의미한다. 키 우현전타 선회중 반대현 전타시 키 상태를 바로 좌현전타로 조작하지 않고, 일시적으로 키를 중립한 후 반대현으로 전타한 선교팀으로 T7, T23이 해당된다. 선회중 키 중립으로 인하여 T7은 2초, T23은 6초가 소요되었으며, 선교팀 T23의 경우 이격거리 편차가 3사분위값보다 크고, T7의 경우 1사분위값보다 작았다.

4.4 Status 3 결과 분석

Status 3은 원침로 반대침로인 180도가 되기 15도 전인 침로 195도 정도에서 키를 중립한 후 익수자에게 접근하는 단계이다.

Status 3에서 키를 중립으로 하여 침로가 안정되는 초기 단계에서 원침로선 수직선상 이격거리를 나타낸 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Interquartile analysis of status 3's distance deviation

Status 3	distance deviation	Team's ID No.	number
Min	-261.0m	T8,T13,T11,T7,T5	5
Q1	-88.8m	T19,T10,T6,T22,T20, T12 , T21,T3,T2,T9,T4,T1,T17	13
med	-49.1m		
Q3	-27.6m		
Max	3.3m	T16,T24,T15,T14, T18,T23	6

Status 3에서 Q1에서 Q3까지의 사분위 범위 안에 속한 선교팀은 Status 2에서 사분위 범위 안에 있던 T16이 4분위 범위 밖으로 벗어나고, T4, T10이 사분위 범위 안으로 포함되어 총 13개 팀이 포함되어 있다. 또한 이격거리의 편차 범위가 Status 3에서 조금 더 확대된 것을 알 수 있었다. Table 8에서 나열된 선교팀의 순서는 이격거리값이 작은 순서부터 나열한 것이다.

Table 9. Identify the type of rudder operation at Status 3

Code	Using rudder for keep course	Number	Team's ID No.
R31	normal course 180°±5°	16	-
R32	over 185°	2	T5, T12
R33	below 175°	6	T8, T13, T11, T7, T10, T3

* Keep Opposite Course 180° after using neutral rudder

Status 3에서 타기 사용 유형을 분류하여 R31, R32, R33 등 임의로 부여된 식별코드로 정리한 것이 Table 9이다. Status 2에서 좌현 전타 선회 중 키를 중립으로 하여 원침로 000°의 반대침로 180°로 정침할 때 나타나는 타기 사용 유형으로 구분하였다. Table 9의 타기 사용 유형을 분석하면 다음과 같다.

R31은 POB로 접근을 위한 키 중립 후 침로유지를 위한 초기 선수방위각 180도에서 ±5 이내로 침로 유지가 된 경우이며, 16개 선교팀이 해당된다.

R32는 침로가 185도를 초과하여 침로선이 180도 기준 우편향된 경우로 T5, T12 등 2개 선교팀이 해당되며, 키 중립 시점이 늦었다고 볼 수 있다.

R33은 침로가 175도에 미치지 못하여 침로선이 180도 기준 좌편향된 6개 선교팀이 해당되며, 키 중립 시점이 빠른 경우라고 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 Itoh et al.(2001)이 제안한 협수로에서의 침로 추적작업에 대한 상호작용 인지절차 모델을 기초로 하여 익수자 구조에 유효하게 적용되고 있는 IAMSAR의 윌리암슨 선회법을 선박조종시뮬레이터를 이용하여 24개 선교팀을 대상으로 훈련하고, 훈련 결과값인 시뮬레이터의 동적데이터를 활용하여 항해사와 조타수 간의 팀워크가 요구되는 선교팀의 기술적 행동유형에서 타기 사용으로 인하여 영향을 미치는 이격거리 편차를 상황(Status)별로 분석하였다.

이 선회방법을 적용하기 위해서는 선교팀의 적절한 행동과 선교팀과 선교의 선박조종장치 사이에 유효한 상호작용이 발생해야 하는데, 인지상황 초기에 선교팀의 행동유형 즉, 선박조종의 기술적 지식과 적용이 최종 결과에 얼마나 크게 영향을 미치는지 알 수 있었다.

실험결과에서 나타난 각 동적데이터 중에서 실험항적의 각 상황별 이격거리 편차를 기초로 하여 이격거리가 발생하는 가장 근본적인 원인이 타기 사용과 관련한 선교팀의 행동유형을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 윌리암슨 선회법을 적용함에 있어 적절한 항적유지에 가장 크게 영향을 미치는 행동유형은 선교팀의 조타제어 능력과 밀접한 관련이 있었다. 특히 초기 대응단계인 Status 1에서의 부적절한 타기 사용이 최종 항적유지와 이격거리 편차를 발생시키는 주요 행동요인으로 작용하였다.

둘째, 실험전 피실험선박에 대한 충분한 친숙화와 피실험선박 특성을 반영한 윌리암슨 선회법에 대한 사전교육을 실시하였음에도 불구하고 초기에 정상적으로 타를 운용한 경우가 24개 선교팀에서 16개 팀으로 나머지 8개 팀은 기존 선

회방법을 적용하거나 타기 사용에 착오를 일으켜 선박의 항적이 제대로 유지되지 못하는 결과로 나타났다.

마지막으로 초기 부적절한 타기 사용을 한 선교팀의 이격거리 편차가 Status 2, 3에서 더 크게 벌어지고 이격거리 편차를 줄이기 위해서 각 상황별 타기 사용 오류가 지속적으로 발생되어 항적유지가 곤란한 것을 확인할 수 있었다..

본 연구를 통해서 선교팀이 유발하는 지식부족, 잘못된 지식, 기술부족 등 기술적 행동유형에 기인한 개인 오류요인을 도출할 수 있었으며, 이 기술적 오류를 보완하고 보정하기 위한 선원의 자격 및 훈련 요인의 개선 필요성을 인식할 수 있었다. 따라서 선교팀의 행동오류 개선을 위한 실제 교육훈련이 효과적으로 연계가 이루어질 수 있도록 훈련 결과 동적데이터의 지속적인 축적과 항해사-조타수 모델의 다양한 특성이 반영된 행동유형 분석 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다. 이에 앞서, 향후 선교팀의 기술적 행동유형 분석에 있어 타기 사용값 이외 기관사용, 선회각속도 등 동적데이터를 활용한 추가 분석과 선교팀을 특정 그룹으로 분류하여 비교분석하는 작업도 실시할 계획이다.

후 기

본 논문은 해양수산부의 “해양안전사고 예방시스템 기반 연구(2단계)”과제의 연구결과임을 밝힌다.

References

- [1] Bertel, S., T. Dressel, T. Kohlberg and V. von Jan(2017), Spatial knowledge acquired from pedestrian urban navigation systems, In Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, p. 32.
- [2] Cacciabue P. C.(1997), A methodology of human factors analysis for system engineering: theory and application, Part A, 27(3), pp. 325-326.
- [3] Castells Sanabra, M., S. Ordás Jiménez, C. Barahona Fuentes, J. Moncunill Marimon, C. Muyskens, W. Hofman, S. Cross, A. Kondratiev, A. Boran-Keshishyan, A. Popov and S. Skorokhodov(2014), Simulation-based model course to demonstrate seafarers' competence for deck officers' discipline, In Maritime transport VI: 6th International Conference on Maritime Transport: maritime transport '14, pp. 318-331.
- [4] Inoue, K.(2013), Theory and Practice of Ship Handling, Kobe university, pp. 25-29.
- [5] Itoh, K., T. Yamaguchi, J. P. Hansen and F. R. Nielsen(2001), Risk Analysis of Ship Navigation by Use of Cognitive Simulation, Cognition, Technology & Work 3, pp. 4-21.
- [6] Kim, H. T., S. Na and W. H. Ha(2011), A Case Study of Marine accident Investigation and Analysis with focus on Human Error, Journal of the ergonomics society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 137-150.
- [7] KIMFT(2010), IAMSAR Manual Vol. III 2010, Haein publisher, pp. 350-357.
- [8] KMST(2017), Statal Year Book for Maritime Accident, Korean Maritime Safety Tribunals (KMST).
- [9] Yun, C. G. and D. B. Kim(2016), The Consideration on Change of ship's trajectory in case-by-case initial response to cognitive Situation by SHS, KINPR, Spring Conference in Busan, pp. 199-201.

Received : 2018. 07. 30.

Revised : 2018. 10. 01. (1st)

: 2018. 10. 10. (2nd)

Accepted : 2018. 10. 26.