

AIS데이터를 활용한 피항조선특성의 정량화에 대한 연구

김현기 · 쇼지루리†

도쿄해양대학교(학생) · †도쿄해양대학교(교수)

A Study on Quantification of Collision Avoidance for Ship Operation Using AIS Data

Hyun-Gi KIM · Ruri SHOJI†

Tokyo University of Marine Science and Technology(student) ·

†Tokyo University of Marine Science and Technology(professor)

Abstract

Traditionally, Navigators have used the indicators TCPA and DCPA in their action decisions to avoid collisions. However, these indicators require subjective thinking and experience by the Navigator. We should be considered because approximately 80% of ship accidents are caused by human factors. Therefore, The purpose of this study is to develop indicator of Decision-making to avoid collision of ship. we suggested a method to extract actual cases of collision avoidance from AIS data, and the quantitative study was conducted on the characteristics of a vessel's collision avoidance using OZT based on the extracted actual cases of general cargo ship. As a result, We were able to extract actual cases of collision avoidance from the vast amount of AIS data. In addition, We were able to survey that the timing of collision avoidance differs between Head on and Crossing for general cargo vessels using OZT. We think this study is quite significant because it is based on a real collision avoidance case.

Key words : Collision avoidance, AIS data, Obstacle zone by target, TCPA, DCPA

I. 서론

일본 운송안전위원회(Japan Transport Safety Board)의 조사에 의하면 최근 5년간(2017년~2021년) 일본에서 발생한 선박사고유형 중 선박이 항해 중 또는 정박 중인 다른 선박과 충돌 또는 접촉하여 어느 한쪽의 선박이 손상을 입은 사고(이하, 충돌)의 발생 건수는 다음과 같다고 한다. 전 사고유형 중 충돌은 2017년에는 764건 중 200건, 2018년에는 830건 중 243건, 2019년에는 837건 중 218건, 2020년에는 703건 중 189건, 2021년에

는 735건 중 199건이었다. 이와 같이 충돌이 차지하고 있는 비율은 매해 약 30% 정도로 매우 높은 비율을 차지하고 있어 충돌이 빈번하게 발생하고 있음을 알 수 있다.

한편, 일본 해상보안청에 의하면 2018년 일본에서의 화물선사고 원인 중 부적절한 조선과 불충분한 견시 등의 인적요인(人的要因)에 의한 사고가 약 80%인 것으로 나타났다(Japan Coast Guard, 2019).

Lee et al.(2014)은 해상에서 선박 간의 충돌사고를 예방하기 위해 선박운항 원칙으로 널리 통

† Corresponding author : +81 03-5245-7482, rshoji@kaiyodai.ac.jp

용되고 있는 국제해상충돌예방규칙(COLREGs; International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972)에 대해서 분석을 진행하였다. 그 결과 COLREGs에는 선박 간의 충돌의 위험이 발생하였을 때 선박 간의 조우상태에 따라 유지선과 피항선의 충돌 회피 방향에 대해서는 명시되어 있으나, 위험한 상황을 회피하기 위한 초기대응 기준, 즉, 상대선과의 거리, 통항 시의 적절한 이격 거리, 초기 변침각도 등에 관해서는 선박 등화의 시인거리에 따른 묵시적인 초동조치 거리 의외 정량적인 기준이 따로 없고, 주로 선박 운항자의 경험과 주관에 맡기고 있다고 한다.

최근에는 선원 부족과 선원 고령화가 함께 진행되고 있어, 고도의 해기능력을 가진 우수한 인력의 부족 현상은 곧바로 선박사고로 이어질 우려가 있다.

선박의 사고 중에서도 충돌사고는 한번 발생하면 인명피해와 막대한 환경오염을 불러올 가능성이 있다. 그러므로 부족한 해기 인력을 대체할 지원 기술의 개발이 필요불가결하다.

본 연구는 피항 조선을 할 때 피항 조선에 이르기까지 인간의 행동을 결정하는 데에 도움을 줄 수 있는 피항 지표의 개발을 목표로 한다. 그렇기 때문에 실제 피항 사례 데이터로부터 수집된 데이터를 활용하여 피항 조선 특성의 정량화 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

실제 피항 사례 데이터를 수집하여 피항 조선 시의 특성을 연구한 사례로 Miyake et al.,(2015)는 해상교통공학(Fujii et al., 1981)에 기술되어 있는 피항 시작부터 피항 종료까지 침로 기록계(course recorder)의 기록지상에 침로의 변화 형태가 펄스형 또는 계단형으로 나타나는 특성을 이용하여 AIS(Automatic Identification System; 선박 자동식별장치) 데이터로부터 선수방위의 변화가 변화하는 사례를 분류하였다. 그리고 항적도와 침로, 속력, 조우선과의 상대항적, 상대침로, 상대속력, 상대방위, 최접근시간(TCPA: Time to Closest Point of Approach), 최접근거리(DCPA:

Distance of Closest Point of Approach) 등의 시각역(時刻歷)을 그래프화하여 분류한 사례들을 종합적으로 판단하여 피항 사례를 산정 후 피항 조선 시의 특성을 분석하였다.

하지만 이 분석방법은 인간이 직접 다량의 AIS 데이터로부터 선수방위의 변화가 펄스형 또는 계단형으로 나타나는 사례를 골라내고 종합적으로 판단하여 분석해야 하는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 알고리즘을 구축하여 다량의 AIS 데이터로부터 선박별로 피항 사례 데이터를 분리하는 방법을 제시하였다. 피항 사례 데이터를 분리하는 방법은 먼저 각 선박별로 선수방위의 변화량을 구하고, 변화량을 평활화하여 변침하는 사례를 특정 후 특정된 변침 사례들에 OZT(Obstacle Zone by Target; 상대선에 의하여 방해받게 되는 영역)와 상대선의 상대방위와 상대선과의 조우각을 적용시켜 피항 사례 데이터를 추출하였다. 그리고 추출된 피항 사례 데이터에 OZT를 사용하여 피항 조선시의 특성에 관한 정량화에 대하여 검토하였다.

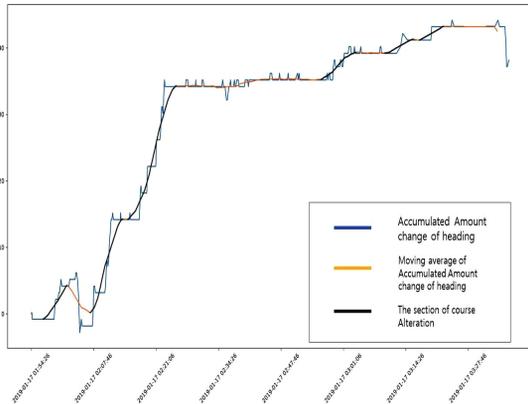
II. 연구 방법

1. AIS데이터

본 연구에서는 일본 도쿄해양대학교의 첨단네비게이트시스템에 보존되어 있는 AIS데이터 중 2019년 1월 1일부터 2019년 1월 31일까지의 데이터를 사용하였다. 일본 도쿄해양대학교에서는 히가시오기시마(東扇島), 조우난시마(城南島), 하마카나야(浜金谷) 3곳의 육상 기지국으로부터 관측한 도쿄만 전역의 AIS데이터를 수집하여 보존하고 있다. 도쿄만구항로사무소(Tokyo Bay Waterway Office)의 통계에 의하면 도쿄만은 1일 평균 선박 통행량이 약 500척 정도인 세계유수의 해상 교통 밀집 지역이므로 다양한 선박이 통항하는 도쿄만의 AIS데이터는 연구에 유용한 자료로써 활용될 수 있다.

도쿄만내에는 우라가수도(浦賀水道)와 나카노세항로(中ノ瀬航路)에서의 통항 규칙이 정해져 있으므로 본 연구에서는 통항 규칙이 정해져 있지 않은 도쿄만 입구부터 본 연구의 대상 범위로 지정하였다. 그리고 AIS 데이터는 동적 정보의 최장전송주기를 고려하여, 주기가 3분 미만의 데이터를 사용하였으며, 이때의 데이터는 1초 간격으로 선행보간을 진행하였다.

[Fig. 1]은 AIS 데이터를 이용하여 변침구간을 산정하는 방법에 관하여 설명하고 있는 예시도이다. X축은 시간(초), Y축은 각도(degree)를 나타낸다.



[Fig. 1] Finding the section of Course Alteration using Equalization by moving average with AIS data.

가. 선수방위변량의 누적치

[Fig. 1]의 파랑선은 선수방위변량의 누적치를 의미하며, 선수방위변량은 다음과 같은 방법으로 구한다.

$$\text{Heading Variation}(n+1) = \text{Heading}(n+1) - \text{Heading}(n), n = \text{seconds} \dots (1)$$

AIS의 MMSI(Maritime Mobile Service Identify; 해상이동업무식별부호)를 이용하여 각 선박별 일일 항해데이터를 잘라내고 잘라낸 항해데이터별로 매초의 선수방위변량을 구한다. 이때 첫 번째 선수방위변량의 값은 결측값이 되므로 결측값을

0으로 치환 후 데이터의 처음에서 끝까지 선수방위변량의 누적값을 구한다.

나. 이동평균에 의한 선수방위변량의 누적값의 평활화

[Fig. 1]의 주황선은 (1)의 방법에서 구한 선수방위변량의 누적값을 이동평균에 의해 평활화하여 노이즈값을 제거하고, 변화의 경향이 잘 보이도록 나타낸 값을 의미한다. 이때 평활 주기는 각 선박별 일일 항해데이터의 1마일당의 항주 시간이며 다음과 같이 계산한다.

$$\text{Smoothing Interval}(\text{min}) = \frac{\text{Total Voyage Time on AIS Data}}{\text{Total Voyage Dist on AIS Data}(\text{mile})} \dots (2)$$

다. 우현변침구간의 설정

(2)의 방법에서 구한 평활화된 값에 대하여 극값을 구한 후 극값 간의 차이가 +1도 이상인 구간을 산정한다. 산정한 구간을 본 논문에서 우현변침이 일어나고 있는 구간으로 정의하며([Fig. 1]의 검정선에 해당함) 또한, 구간 내의 시작점을 변침시작점으로 정의한다.

2. OZT

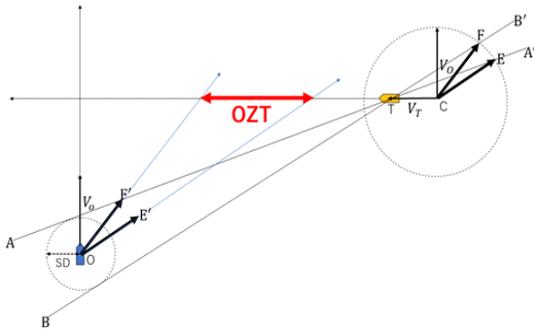
항해사는 상대선과의 충돌을 회피하기 위해서 충돌이 예상되는 상대선을 신속하게 탐지하여 상대선의 행동으로부터 충돌의 가능성을 파악할 필요가 있다.

종래의 상대선과의 충돌평가지표로써 상대선의 운동 벡터와 자선의 운동 벡터를 합성하여 만들어지는 상대운동 벡터를 이용한 DCPA와 TCPA의 계산에 의한 충돌평가방법이 널리 이용되어 왔다.

Imazu(2002)는 진운동(真運動)에 근거하여 상대선에 의하여 방해받게 되는 영역(OZT)을 이용한 새로운 충돌평가방법을 제안하였는데, OZT는 자선의 행동공간 내에서 상대선의 존재와 움직임에 의하여 방해받는 공간을 의미한다(Nishizaki et al., 2018). Imazu는 기존의 DCPA와 TCPA에 의한 충

돌평가방법은 조우 중인 선박 중에서 충돌위험이 존재하는 선박을 항해사가 직접 선택해야 한다는 점, 그리고 충돌이 예상되는 선박의 현재 침로 및 속력을 사용하여 자선의 속력과 침로를 변화시켜가며 자선의 행동을 결정하는 데에 걸리는 시간이 긴 점을 지적하였다. 또한, 항해하는 선박이 많고, 선박 간의 거리가 가까워 다수의 충돌 가능성이 발생하는 폭주해역(輻辳海域)에서는 이용에 있어 곤란한 점을 지적하였다. 그는 2014년 OZT의 계산방법을 개량하여 작도에 의한 방법과 계산식에 의한 방법으로 나누어 발표하였다 (Imazu 2014, Imazu 2015, Imazu 2017, Nishizaki et al., 2018).

가. 작도에 의한 방법(Imazu 2015, Nishizaki et al., 2018)



[Fig. 2] The Construction of OZT.

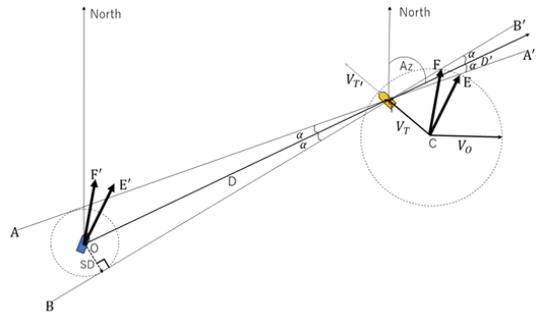
[Fig. 2]의 O는 자선의 위치, T는 상대선의 위치, v_o 는 자선의 속도벡터, v_r 는 상대선의 속도벡터를 의미한다. 자선이 상대선과 충돌하지 않기 위해서는 안전하게 항과 할 수 있는 거리 (Safety Distance:SD)를 설정하여, 상대선과의 DCPA가 SD이상 확보될 수 있으면 충돌은 발생하지 않는다. OZT는 자선과 상대선의 조우에서 $DCPA = SD$ 가 되는 자선의 침로를 의미한다. 선행연구(Nishizaki et al., 2018)에서

$$SD = \frac{\text{Length over All(Ownship)} + \text{Length over All(Targetship)}}{2} \dots (3)$$

정의하여 사용하였으므로 본 연구에서도 동일하게 설정하였다.

먼저 자선의 위치 O를 중심으로 반경이 SD인 SD원을 그린다. 그 다음 자선의 위치 T에서 후방으로 Δt 시간만큼의 상대선의 운동 벡터 v_r 를 [Fig. 2]처럼 그어 그 끝점을 C로 둔다. 점C를 중심으로 자선의 운동 벡터 v_o 을 반경으로 한 원, v_o 원을 그린다. 상대선의 위치 T에서 SD원까지 접점이 생기도록 2개의 선 A와 B를 그린다. 그리고 A와 B선을 연장하여 [Fig. 2]처럼 A'와 B'를 그어 v_o 원과의 교점 E와 F를 구한다. 이 때, \overline{CF} , \overline{CE} 벡터가 $DCPA = SD$ 가 되는 자선의 침로이며, $\angle FCE$ 가 충돌이 예상되어지는 침로의 범위가 된다. 다음은 \overline{CF} , \overline{CE} 를 자선의 위치 O까지 평행 이동시켜 \overline{OF} , \overline{OE} 로 둔다. 그리고 \overline{OF} , \overline{OE} 를 연장시켜 상대선의 침로의 연장선과 만나는 영역이 OZT이다.

나. 계산식에 의한 방법(Imazu, 2014)



[Fig. 3] The Computation of OZT.

[Fig. 3]상의 기호의 의미는 [Fig. 2]의 기호와 동일하며 A_z 는 상대선의 방위를 의미하며, D는 자선과 상대선의 거리, α 는 선분 A,B와 거리선분 D가 만드는 각을 의미하며, 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{SD}{D} \dots \dots \dots (4)$$

$DCPA = SD$ 가 되는 자선의 침로 C_o 는 속도삼각

형의 사인법칙에서 다음과 같이 성립한다. C_T 는 상대선의 침로

$$\frac{\sin(A_Z \pm \alpha - C_O)}{V_T} = \frac{\sin\{C_T - (A_Z \pm \alpha) - 180\}}{V_O} \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{\sin(A_Z \pm \alpha - C_T)}{V_O} \dots\dots\dots (6)$$

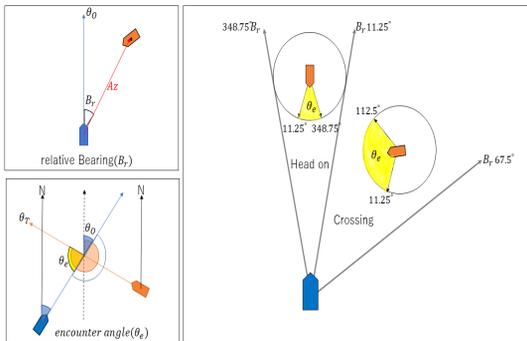
위와 같은 식에서

$$C_O = A_Z \pm \alpha - \sin^{-1}\left\{\frac{V_T}{V_O} \sin(A_Z \pm \alpha - C_T)\right\} \dots\dots\dots (7)$$

가 성립한다

3. 상대방위와 조우각에 의한 충돌위험선 선정

Namgung(2021)은 상대선의 상대방위와 자선과 상대선의 조우각을 이용하여 COLREGs에서의 모든 조우상황을 6영역으로 나누어서 분류하였다. 본 연구에서는 자선이 피항선의 입장이 되는 상대선과 정면에서 조우하는 경우(Head on)와 상대선이 자선의 우현측에서 횡단하는 경우(Crossing)만 Namgung(2021)의 연구를 참고하여 본 연구에 적용하였다.



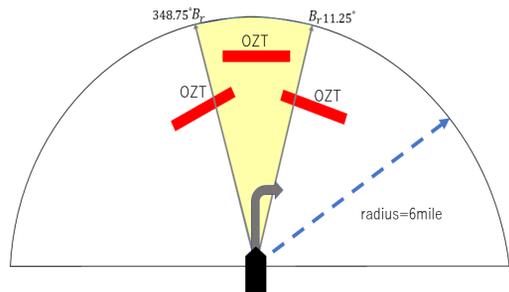
[Fig. 4] Determination of Head-on and Crossing encounter with relative bearing and encounter angle.

[Fig. 4]에서 θ_0 는 자선의 침로, A_Z 는 상대선의 방위 θ_T 는 상대선의 침로, θ_e 는 자선과 상대선과의

조우각을 의미하며 조우각 θ_e 는 $\theta_e = \theta_T - \theta_0 - 180^\circ$ 로 구할 수 있으며, 만약 값이 음수일 경우에는 360° 를 더한다. 상대선의 상대방위 B_r 은 $\theta_0 - A_Z$ 에 의해 구할 수 있다. 상기의 식에 의한 결과 값이 상대방위 $348.75^\circ \sim 11.25^\circ$ 이면서 조우각 $11.25^\circ \sim 348.75^\circ$ 인 경우 Head on, 상대방위 $11.25^\circ \sim 67.5^\circ$ 이면서 조우각 $11.25^\circ \sim 112.5^\circ$ 인 경우 Crossing 상태로 정의한다.

4. 변침사례에서 피항 사례선정 방법

‘가’, ‘나’, ‘다’의 방법을 접목시켜 ‘가’에서 정의한 AIS데이터 상에서 자선의 우현변침이 존재할 때, 변침시작점에 해당하는 시기에 자선의 위치로부터 주변의 6마일의 반경 내에 존재하는 선박 중에서 ‘다’에서 정의한 상대선박과의 상대방위와 조우각의 조건에 의하여 조우상황이 Head on 또는 Crossing인 선박들이 존재하고, ‘나’에서 설명한 OZT가 Head on 또는 Crossing 으로 조우중인 선박들로부터 발생하여 자선의 선수방위 좌우 1포인트(11.25°) 영역([Fig. 4]의 Head on영역) 안에 존재할 경우, Head on 또는 Crossing 으로 조우중인 선박들과 정면에서 충돌 가능성이 있기 때문에 자선이 피항조건을 하는 경우라고 판단하여, 변침 사례 중에서 이 같은 조건을 모두 충족하는 데이터를 피항 사례 데이터로 선정하기로 하였다.



[Fig. 5] Determination of collision avoidance action.

Ⅲ. 연구 결과

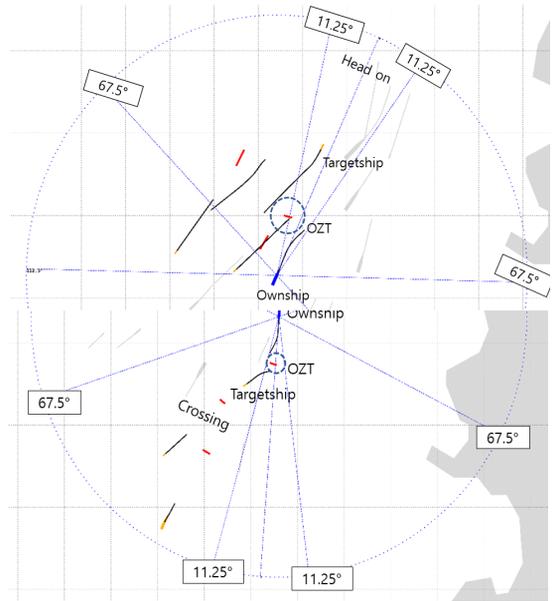
2장의 연구방법을 적용시켜 AIS데이터의 일반 화물선을 대상으로 Head on 사례 350건과 Crossing 사례 252건을 추출할 수 있었다. [Fig. 6]은 추출된 피항 사례 데이터의 예시도이다.

파란색 선박은 자선, 주황색 선박은 자선의 반경 6마일 이내에 존재하는 선박 중에서 상대선의 상대방위와 조우각의 조건이 본 연구에서 지정한 ‘다’의 조건에 해당하는 선박들을 나타내며, 빨간선은 그러한 조건에 해당하는 선박들의 OZT를 나타낸다. 또한, 자선의 선수방향에 존재하는 검정색 선은 자선의 변침시작부터 변침종료시까지의 자선의 궤적을, 상대선의 선수 방향에 존재하는 검정색 선은 상대선의 변침시작과 변침종료시까지의 시간에 해당하는 상대선의 궤적, 그리고 회색으로 표시되어 있는 선박은 자선의 6마일 반경내에는 존재하나, ‘다’에서의 상대방위와 조우각의 조건에 해당하지 않아 배제된 선박들과 그 선박들의 궤적을 나타낸다. 더불어 본 그림에 표시되어 있는 선박들의 크기는 그림의 가시성을 고려하여 원래의 선박 크기보다 5배 확대되어 있다.

점선으로 표시된 원 안에 있는 OZT가 본 논문의 ‘라’에서 설명한 자선이 우현변침을 시작할 때, 자선의 위치 주변 6마일 내에 Head on 또는 Crossing으로 조우 중인 선박이 있으며, 그러한 조우 선박의 OZT가 자선의 선수방위 좌우 1포인트 이내에 있는 경우, 즉 ‘가’, ‘나’, ‘다’의 3가지의 모든 조건에 충족되는 선박 즉 피항대상 선박에 의한 OZT를 나타내며 해당 선박을 [Fig. 6] 상에 Targetship으로 표시해두었다.

[Fig. 6]의 자선과 피항대상 선박의 궤적을 확인해 보면, 자선이 피항대상 선박을 피해 피항조선을 행하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구의 방법이 피항 사례 데이터 추출에 있어, 적합하게 이용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

모든 피항에 있어, OZT의 존재의 유무가 관련



[Fig. 6] The example of classified case of collision avoidance action by 3 conditions.

이 있으므로 자선에서 OZT까지의 거리의 분포를 조사함으로써, 피항조선시의 특징을 정량화할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 피항조선시에 자선에서 OZT까지의 거리를 측정하여 어떠한 경향을 나타내는지 조사하였다.

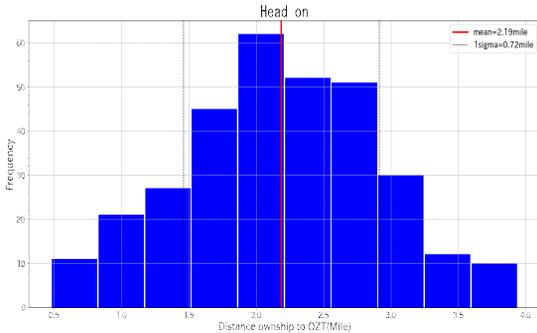
본 연구에서는 자선에서 OZT까지의 거리를 측정할 때, 자선이 상대선과 정면에서 조우 확률이 가장 높은 자선의 선수방위와 OZT가 만드는 사잇각이 가장 최소가 되는 지점을 OZT의 거리측정지점으로 한다. 또한 본 연구에서는 자선 정면에 다수의 OZT가 생겼을 때는 검증에서 제외하도록 하여 자선의 정면에 좌우 1포인트 내에 상대선에 의한 OZT가 1개 생겼을 때에 한하여 검증하였다.

1. Head on

상대선과 자선과의 조우관계가 Head on이며, 상대선의 OZT가 자선의 정면 좌우1포인트 범위 내에 1개 생긴 사례는 총 321건이었고 자선에서

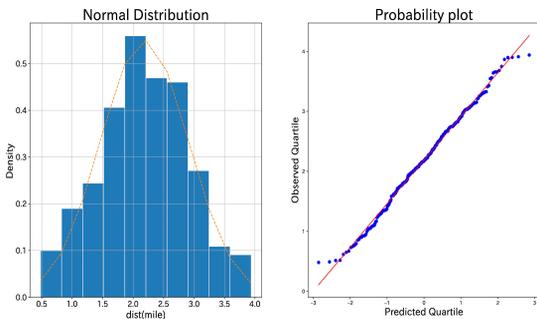
OZT까지의 거리 분포를 [Fig. 7]에 나타내었다.

일반화물선이 상대선과 Head on 상황일 때, 피항조선개시 시 상대선에 의해 생성된 OZT로부터 평균 2.19마일, 표준편차 0.72마일 떨어진 지점에서 피항이 개시되는 것으로 조사되었다.



[Fig. 7] Distribution of Distance ownship to OZT(Head on).

또한 샤피로윌크 검정에 의한 P값이 0.28이므로 유의수준 0.05보다 크기 때문에 정규분포를 따른다고 할 수 있다. 또한 [Fig. 8]의 좌측과 같이 데이터의 분포는 정규분포에 따르고 있고, 우측 QQplot에서 데이터들이 직선에 잘 따르고 있어 정규분포라고 볼 수 있다.

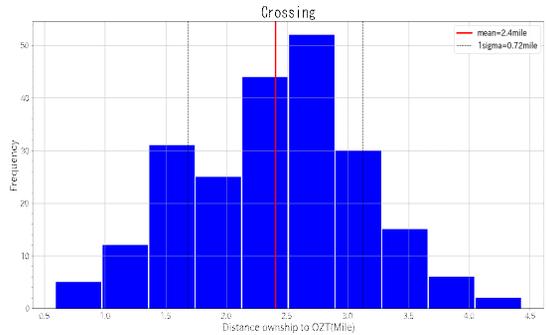


[Fig. 8] Nomality test of Distance ownship to OZT(Head on).

2. Crossing

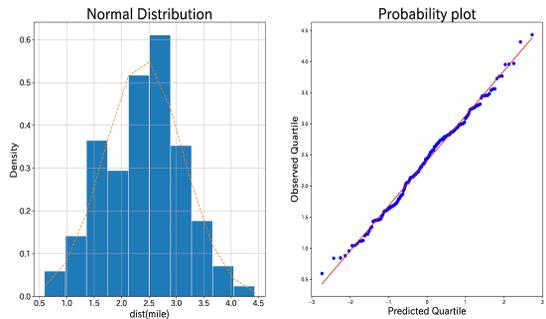
상대선과 자선과의 조우관계가 Crossing이며, 상대선의 OZT가 자선의 정면 좌우1포인트 범위

내에 1개 생겼을 때에 사례는 총 222건이었고 자선에서 OZT까지의 거리 분포를 [Fig. 9]에 나타내었다.



[Fig. 9] Distribution of Distance ownship to OZT(Crossing).

일반화물선이 상대선과 Crossing 상황일 때, 피항조선개시 시 상대선에 의해 생성된 OZT로부터 평균 2.40마일, 표준편차 0.72마일 떨어진 지점에서 피항이 개시되는 것으로 조사되었다. 또한 샤피로윌크 검정에 의한 P값이 0.44이므로 유의수준 0.05보다 크기 때문에 정규분포를 따른다고 할 수 있다. 또한 [Fig. 10]의 좌측과 같이 데이터의 분포는 정규분포에 따르고 있고, 우측 QQplot에서 데이터들이 직선에 잘 따르고 있어 정규분포라고 볼 수 있다.



[Fig. 10] Nomality test of Distance ownship to OZT(Crossing).

또한 Head on 상황에서의 자선에서 OZT까지의 거리와 Crossing 상황에서의 자선에서 OZT까지

지의 거리의 등분산 검정 결과 P값이 0.48로 유의수준 0.05보다 크므로 두 데이터의 분산이 같음을 확인하였고, T검정 결과 P값이 0.00으로 0.05보다 작으므로 Head on 상황에서의 자선에서 OZT까지의 거리와 Crossing 상황에서의 자선에서 OZT까지의 거리는 유의미한 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이 같은 결과로부터 Crossing 상황에서 Head on 상황보다 자선의 피항조선개시 시 자선에서 OZT까지의 거리가 약 0.2마일 더 먼 것을 알 수 있다. 즉 Crossing의 상황에서 Head on 상황보다 좀더 멀리, 이른 시기에 변침을 개시하고 있다는 것을 말해주고 있다.

Kim et al.,(2016)은 해상에서 두 척의 1,500톤급 경비함에 실제 운항에 종사하는 당직항해사 30인(특히, 상선) 승선시켜 당직항해사가 느끼는 충돌위험체감지수(Collision Risk Perception Index: CRPI)를 상대선과의 조우각 000°, 045°, 090°, 135°, Overtaking, Overtaken의 상황별로 측정하였다. 그 결과 CRPI값이 상대선과의 조우각이 135°, Overtaken, 045°, 090°, 000°, Overtaking순으로 높았으며, CRPI값이 높을수록 체감위험도가 높다고 한다. 본 연구에서는 Crossing 상황을 정의시에 상대선과의 상대방위와 조우각의 조건에서 상대방위는 11.25°에서 67.5°까지 그리고 조우각은 11.25°에서 112.5°까지 설정하고 있지만, 본 연구에서 포함되지 않은 Kim et al.,(2016)의 연구의 조우각이 135°인 상황을 제외하고도 조우각 045°, 090°인 Crossing 상황에서의 CRPI값이 조우각 000°인 Head on 상황에서의 CRPI값보다 높아 인간이 상대선과 조우할 때 Crossing으로 조우할 때가 Head on으로의 조우상황보다도 체감위험도가 높다는 결론으로부터 본 연구에서 얻어낸 Crossing 상황에서 Head on 상황보다 자선의 피항조선개시 시 자선에서 OZT까지의 거리가 평균 0.2마일 더 먼 것은 이 같은 인간의 특성이 반영되어, Crossing 상황일때가 인간이 더 위험함을 느끼기 때문에 Head on보다 이른 시기에 변침

을 개시하고 있다고 예상 할 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 2019년 1월1일부터 2019년 1월 31일까지 일본 도쿄만에서의 AIS 데이터를 이용하여 선수방위 변화량과 상대선의 상대방위와 조우각, OZT를 이용해 변침 사례 데이터를 추출하고, 추출된 변침 사례 데이터로부터 일반화물선의 피항조선개시 시의 특징을 자선에서 OZT까지의 거리를 이용하여 정량화 하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다. 첫째, AIS데이터로부터 피항 사례 데이터를 분류하는 알고리즘을 구축할 수 있었다. 둘째, 조우상황에 따라 자선에서 OZT까지의 거리가 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

셋째, Head on 상황일 때 보다, Crossing 상황에서 피항을 조기에 시작함을 알 수 있었다.

이번 연구를 통해 AIS 데이터로부터 피항 사례 데이터 추출과 OZT를 이용하여 피항조선 시의 특징의 정량화에 대해 검토할 수 있었기 때문에 후속연구로써 유조선 등의 위험물 적재선과 거대선과 소형선과 같이 선종별, 크기별 등의 다양한 유형의 선박의 실제 피항 사례 데이터의 분석을 통하여 다양한 유형의 선박들의 피항조선의 특징을 정량화하여 피항 지표를 개발하고, 더 나아가 자율운항 선박의 피항 행동 결정에도 도움을 줄 수 있도록 피항 지표설정에 관한 연구를 계속하여 진행하고자 한다.

References

- Imazu H(2014). Computation of OZT by using Collision Course. NAVIGATION. The Japan Institute of Navigation. 188. 78~81. https://doi.org/10.18949/jinnavi.188_0_78
- Imazu H(2015). hikou ni okeru atarashii koudou hyouka sihyou. Captain. Japan Captains' Association. 132. 1~26.
- Imazu H(2017). hikou ha shin-undo de. Captain.

- Japan Captains' Association. 134. 7~27.
- Imazu H, Fukumoto J and Numano M(2002). Obstacle Zone by Target and its Expression. The Journal of Japan Institute of Navigation. 107. 191~197.
<https://doi.org/10.9749/jin.107.191>
- Japan Coast Guard(2019). Status and Countermeasures for Maritime Accidents. 48~50.
- Japan Transport Safety Board. Statistics of Ship Accidents. Retrieved from
<https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/ship-accident-toukei.php>
- Kim DS, Yim JB(2016). A Study on the Collision Risk Perception Index to OOW's According to Vessel Encountering Situations. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety. 22. 98~107.
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2016.22.1.098>
- Lee YS, Park JM and Lee YJ(2014). A Study on the Initial Action of Navigators to Avoid Risk of Collision at Sea. Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research. 37. 327~333.
<https://doi.org/10.5394/KINPR.2014.38.4.327>
- Miyake R, Fukuto J and Hasegawa K(2015). Analyses of the Collision Avoidance Behaviors Based on AIS Data. The Journal of Japan Institute of Navigation. 133. 66~74.
<https://doi.org/10.9749/jin.133.66>
- Namgung H(2021). Local Route Planning for Collision Avoidance of Maritime Autonomous Surface Ships in Compliance with COLREGs Rules. Sustainability 2022. 14. 198.
<https://doi.org/10.3390/su14010198>
- Nishizaki C, Kayano J, Shoji R and Imazu H(2018). Encounter Features of Collision Risk in the West Side Sea Area of Izu Oshima using OZT. The Journal of Japan Institute of Navigation. 139. 48~54.
<https://doi.org/10.9749/jin.139.48>
- Tokyo Bay Waterway Office. Retrieved from
<https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/wankou/data/index.htm>

-
- Received : 26 April, 2022
 - Revised : 13 June, 2022
 - Accepted : 16 June, 2022