

선박충돌 회피능력 향상을 위한 선회조기 감지시스템 연구개발(1)

A Study on the Early Detection System on Altering Course of a Target Ship

최운규^{†*}, 정창현^{**}

Woon-kyu, Choi^{†*}, Chang-Hyun Jung^{**}

요 약 문

If we don't know the intention of altering course of a target ship when being in a head-on or a crossing situation, we may be confused about our decision making to change our course for collision avoidance and be in a danger of collision. In order to solve these problems, we need to develop an automatic detection system on altering course of a target ship for efficient collision avoidance. In this paper, we proposed an early detection system on altering course of a target ship using the steering wheel signal. This system will contribute to the reduction of collision accidents and also be used to the VTS system and the analysis of marine accidents.

※ **Keywords** : intention of altering course, collision avoidance, danger of collision, early detection system, steering wheel signal

1. 서 론

해양에서 선박사고의 30%정도가 충돌사고이며, 그 중 90%이상이 인적오류에 의해 발생되었고,

대표적 원인으로는 경계소홀, 조선투적질, 항행법규 위반 등 운항과실이 대부분을 차지하고 있는 것으로 조사되었다(KMST, 2012). 이러한 충돌사고 예방을 위한 노력은 지속적으로 시행되어 왔으며, 항해장비

† * 논문 주저자, 선박안전기술공단

** 목포해양대학교

측면에서 대표적인 장비로서는 레이더(Radar)와 AIS(Automatic Identification System)가 이에 해당된다고 볼 수 있다.

국제해상충돌방지협약(COLREG)에서는 방위 변화 없이 점점 가까워지는 선박을 충돌위험성이 존재하는 선박으로 간주하고 있으며(KR, 2011), 일반적으로 항해사들은 항해장비를 활용하여 판단할 경우에는 CPA와 TCPA를 이용하여 충돌 위험성을 판단하여 피항 동작을 취하고 있다.

하지만, 근거리에서는 이와 같은 CPA 및 TCPA 그리고 선수방위(Heading)를 활용하기보다는 실제로 상대선박을 시각적으로 확인한 후에 피항 동작을 취하고 있는데, 그 이유는 레이더 및 AIS의 선수방위가 선박이 실제로 선회하는 것보다 더 늦게 나타나기 때문이다.

상대선박과의 마주치는 상황 또는 교차 상황에서 두 선박은 피항 동작을 취하게 되는데, 상대선박과 같은 방향으로 변침을 반복함으로써 충돌사고의 위험이 발생할 우려가 있다. 이는 실생활에서 흔히 경험하듯이 좁은 골목에서 마주치는 사람과 피하기 위해 좌우로 움직이다가 부딪히는 상황과 유사하다.

선박은 관성력 때문에 쉽게 멈추지 못하고 움직임에 대한 제어가 쉽지 않으며, 또한 변침동작을 취한 후 실질적인 선회가 상당시간이 지난 후 느리게 일어나기 때문에 상대선의 변침 의도를 신속히 파악하기란 쉽지 않은 현실이다.

따라서 본 연구에서는 조타기 작동 신호를 조기에 탐지하여 상대선박의 변침의도를 신속히 파악하여 선회동작을 조기에 취함으로써 상대선박과의 충돌을 피할 수 있는 선회조기감지시스템(Fig. 2)을 제안하고자 한다.

2. 선회조기감지시스템의 개념

대상선박(6,700톤급, Table 1)을 예로 들면, 조타기를 전타(35°) 작동할 경우 타각의 변화는 조타기 작동 후 2초가 지난 후에 6°, 4초가 지난 후에 14°, 그리고 10초가 지난 이후 35°까지 타각이 변하는 것으로 확인되었다(Table 3). 타각이 변한 이후 선박은 서서히 선회가 시작되어 선수방위가 바뀌기 시작하고, 이를 감지하여 상대선의 변침을 확인하게 된다.

조타기의 작동(타를 돌리는 행위)은 선수방위의 변화보다 훨씬 신속히 그리고 조기에 이루어지기 때문에 조타기 작동 신호를 이용하면 상대선박의 선회의도를 보다 신속히 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

조타기의 작동은 자동조타기(Autopilot, Fig. 1)에 의해 자동 또는 수동으로 실행가능하며, 수동(Hand 또는 Follow-up)일 경우에는 핸들을 돌리는 신호를 감지하고, 자동(Auto)일 경우에는 다이얼을 의도적으로 돌리는 신호를 감지하여 선회 의도로 판단하면 된다.



Fig. 1 Autopilot

따라서, AUTO mode에서 Dial을 작동할 경우에는 선수방위(Heading)의 차이를 표시하고(예, 000° → 005°), HAND mode에서 Steering Wheel을 작동할 경우에는 실제로 사용된 타각을 표시한다(예, 5°, 10° 등). 상대선박의 선회를 판단할

수 있는 유사한 시스템 중 가장 신속히 그 의도를 확인할 수 있는 수단은 조타기 작동 신호라고 판단되며, 해당 조타기 작동 신호를 상대선박에 신속하고 자동으로 전달해 줄 수 있는 통신시스템으로는 현재로서는 AIS가 적절할 것으로 판단하고 있다.

AIS를 통하여 수신된 상대선박의 조타기 작동 정보는 ECDIS에 표시된 상대선박에 조타기 작동 방향과 그 양을 함께 유색으로 표현함으로써 상대선박이 조타기를 어느 방향으로 얼마만큼 사용하고 있는지를 즉시 표시해 준다. 이러한 표시는 항해 중요정보가 2초만에 전송되는 AIS 통신을 활용한다면 가능할 것으로 보인다.

조타기 작동 신호는 조타기 작동 후 상당한 시간이 경과한 이후 선박이 실질적으로 선회가 시작되고, 이러한 선회를 감지한 레이더나 선회로 인한 선수방위 정보를 수신하는 AIS 보다 상대선의 변침의도를 훨씬 신속하게 판단할 수 있을 것으로 보이므로 상대선과의 마주치는 상황 또는 교차

상황에서 변침 실수로 인한 충돌위험을 줄일 수 있을 것이다.

3. 유사 시스템과의 비교

3.1 시각적 확인

상대선박이 방위의 변화 없이 점점 가까워지는 경우에는 충돌위험성이 존재하는 선박으로 간주하고 있으며, 근거리에서는 상대선박과의 충돌 위험성을 가장 정확하게 판단할 수 있는 수단 중 하나로써 시각적 확인을 들 수 있다. 따라서 충돌 회피 동작을 취하기 전에는 반드시 이와 같이 상대선박을 시각적으로 확인하여야 한다.

하지만, 타를 돌리는 시점부터 선수방위가 해당 타각에 도달할 때까지의 시간을 초기선회시간이라고 하는데, Table 1에서 제시된 선박의 경우를 예로 들면, Table 2 및 Table 3에서와 같이 대상선박이 선회를 시작하여 해당 타각까지 선회하는데 통상적인 속력에서 26~36초가 소요되고 있다. 또한, 선수방위가 소폭 변경된 경우에는 변침사실을 시각적으로 확인하기 어려운 경우가 많다.

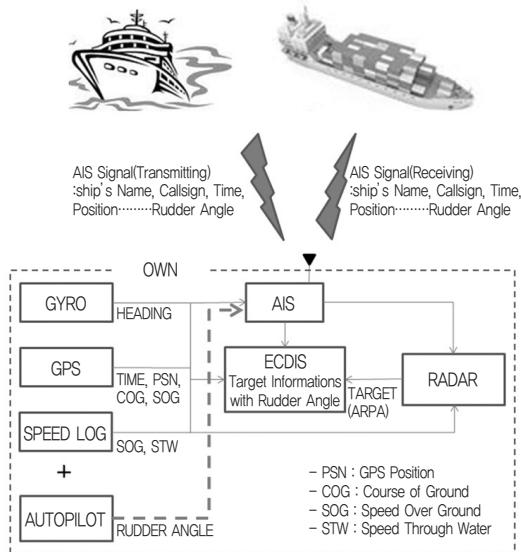


Fig. 2 Concept of early detection system

Table 1 Particulars of ship

ITEMS	DIMENSIONS
Length Between Perpendiculars(LBP)	104.00 m
Breath(B)	17,80 m
Mean Draft (Full Loaded Condition)	5,915 m
Maximum Speed	19,0 kts
Service Speed	17,5 kts
Main Engine MCR(100%)	8,130 BHP×176 RPM
Main Engine NCR(85%)	6,910 BHP×167 RPM
Gross Tonnage	6,686 ton
Displacement(Full Loaded Condition)	6,434,6 ton

Table 2 Test for Maneuvering Performance Index(Port 35°)

Time	Heading	Speed	Rudder Angle	R.O.T	Heeling	RPM
0	0	13	0	0	0	119
2	0	13	6	0	0	119
4	0	13	14	0	1	119
6	0	13	18	-5	0.5	119
8	0	13	25	-15	0.5	119
10	359	12.9	31	-20	0.5	119
12	358	13	33	-28	1	119
14	357	12.9	33	-30	1	120
16	356	12.9	33	-30	1	121
18	354	12.9	33	-30	1	121
20	352	12.9	33	-30	1.5	120
22	349	12.9	33	-30	2.7	119
24	346	12.8	33	-30	2.7	119
26	343	12.8	33	-30	2.7	119
28	340	12.9	33	-30	2.7	117
30	337	12.8	33	-30	2.7	117
32	331	12.8	33	-30	3	117
34	328	12.7	33	-30	3	117
36	325	12.7	33	-30	3	117
38	322	12.5	33	-30	3	117
40	319	12.4	33	-30	3	117
42	316	12.3	33	-30	3	116
44	313	12.2	33	-30	3	117
46	309	12.1	33	-30	3	116
48	306	11.7	33	-30	3	116
50	303	11.7	33	-30	3	118
52	300	11.3	33	-30	3	116
54	297	11.1	33	-30	3	116
56	294	11.1	33	-30	3	116
58	291	10.7	33	-30	3	116
60	288	10.4	33	-30	3	115

Table 3 Turning ability of ship

Rudder Angle		5°	10°	20°	35°
Time to arrive Rudder Angle (sec)		2	3	6	10
Initial Turning Time (sec)	16.5kts	21	22	26	28
	13.0kts	26	28	34	36
Path Length (m)	16.5kts	178 (1.71L)	186 (1.79L)	221 (2.13L)	230 (2.21L)
	16.5kts	174 (1.67L)	187 (1.80L)	227 (2.18L)	240 (2.30L)

3.2 레이더

레이더(Fig. 3)는 반사파를 이용하여 선박의 항적을 지속적으로 플로팅 함으로써 선수방향이 계산되기 때문에 상대선박이 변침동작을 취한 후 일정시간이 지난 다음 선박이 실질적으로 선회를 시작하고 그 이후 선수방향이 변하기 시작한다.

대상선박의 경우 Table 2에서와 같이 35° 전타를 실시할 경우 10초가 지난 이후에야 선수방위가 1° 변하고, 14초가 지난 이후에 3°, 20초가 지나야 8° 선회되어 상대선의 선회가 감지된다. 더욱이 상대선박과 2~3마일의 급박한 위험에서는 선회중 동일한 방향으로 선회가 되어 반대타를 사용할 경우 상대선박의 변침의도를 파악하는데 훨씬 더 많은 시간이 요구되기 때문에 위험은 더욱 크다고 할 수 있다.

따라서, 비교적 먼 거리에서는 레이더의 CPA 및 TCPA를 활용하여 충돌위험성을 판단하지만, 근거리에서는 레이더 벡터의 늦은 반응속도 때문에 레이더보다는 시각적 확인을 보다 중요시 하고 있다.

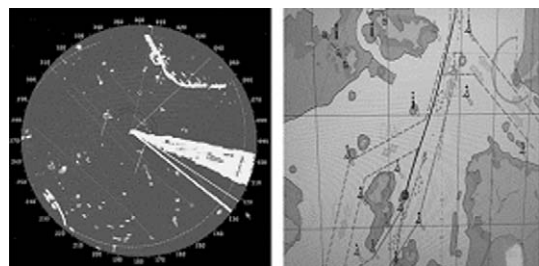


Fig. 3 Display of radar(reft) and AIS(right)

3.3 AIS

AIS(Fig. 3) 장비의 동적정보 수신에 대해 살펴

보면, 변침할 경우 정보의 갱신 주기는 선속 14노트까지는 4초이며, 14노트 이후에는 2초로 규정되어 있다(ITU, 2001). 선수방위의 정보 전달이 현재의 송수신정보 중 가장 짧은 주기인 2초만에 이루어진다 하더라도 대상선박은 전타(35°)를 이용한 변침동작을 취할 경우 실질적인 선수방위가 변하는 것은 약 10초가 지난 이후부터이며, 또한 쉽게 인지 가능한 시기는 약 20초(8° 선회됨) 이후로 판단된다.

이와 같이 AIS의 선수방위 변화 또한 변침동작을 취한 이후 상당한 시간이 지나서 나타나기 때문에 근접한 거리에서의 상대선박과의 충돌위험을 판단하는데는 오히려 시각적 확인 또는 레이더 정보를 더 선호하는 경향이 있다.

3.4 VHF 통신

VHF 통신은 상대방과 직접적으로 의사를 교환하기 때문에 충돌회피를 위한 가장 확실한 방법 중 하나이나, 직접 상대선박을 호출하여 음성통신을 실시해야 하며, 급박한 위험상황에서는 긴장하고 당황하기 때문에 호출하여 통신하기가 그리 쉽지 않다.

그리고 2척 이상의 선박이 상호 연관된 경우에는 모두 통화를 실시해야 하므로 많은 시간이 요구되고, 또한 모국어가 아닌 영어로 통화를 실시해야 하기 때문에 통화의 어려움은 더욱 크다고 볼 수 있다.

4. 제안 시스템의 AIS에의 적용방안

AIS 정보는 정적 정보와 동적 정보 및 항해 관련

정보로 구분할 수 있다. 정적 정보에는 MMSI, 선명, 호출부호, IMO번호, 선박길이 및 선폭, 선종 등 선박이 이동해도 변하지 않는 정보로 구성되고, 동적 정보에는 선박의 위치, 시간, 대지침로, 대지속력, 선수방위, 항행상태, ROT(Rate of Turn) 등 선박이 이동함에 따라 변화하는 정보로 구성된다.

AIS 동적 정보의 갱신 주기는 Table 4와 같으며, 정적 정보의 경우 매 6분마다 또는 데이터가 수정되었을 때 또는 요구 시에 갱신된다(ITU, 2001).

Table 4 Reporting intervals of AIS Dynamic information

Status	Reporting intervals	
	Keeping Co.	Altering Co.
Stop	3min	
0~14kts	12sec	4sec
14~23kts	4sec	2sec
over 23kts	3sec	2sec

AIS의 원래기능 외에도 AIS를 활용하여 해양안전 정보(MSI : Maritime Safety Information) 등을 제공하기 위한 연구 중 하나로 AIS-ASM(Application Specific Message)이 있으며, 이것은 AIS 바이너리 메시지를 이용하여 다양한 응용서비스를 개발할 수 있다(IMO, 2010). 하지만, 송신주기가 3분이기 때문에 타각이 변할 때마다 정보를 갱신해야 하는 제안된 시스템에는 적합하지 않다.

따라서 제안된 선회조기감지시스템에서는 조타기 작동 신호가 AIS의 동적 정보에 포함되도록 하거나, 조타기를 작동함과 동시에 해당 신호가 곧바로 송수신될 수 있도록 AIS 시스템의 개선을 IMO에 제안하고자 한다.

AIS의 표시 기호는 Table 5에서와 같이 2004년 12월 MSC(Maritime Safety Committee) 79차

회의에서 SN/Circ. 243 문서를 승인함으로써 결정되었고, 표준기호를 사용할 수 없는 경우 겹치지 않는 범위에서 사용할 수 있도록 하고 있으며(IMO, 2004), 전자해도에 AIS 정보가 어떻게 표시되어야 하는지에 대하여도 규정하고 있다(IHO, 2008).

조타기 작동 신호의 표현은 표준기호에 겹치지 않으며, 가시성(conspicuity)을 높일 수 있도록 Fig. 4(수동모드에서 작동할 경우) 및 Fig.5(자동 모드에서 작동할 경우)와 같이 제안한다. 좌현과 우현방향으로의 조타기 작동 신호를 항해등의 현 등색과 같이 각각 홍색 및 녹색으로 하고, 조타기

작동에 따른 타각 또는 선수방위각을 숫자로 함께 표시한다. 그리고 자동차의 방향등과 같은 점멸효과를 동시에 표시함으로써 항해사가 쉽게 인식할 수 있도록 구현한다. 이러한 작업은 Lee and Park(2010)의 연구에서와 같이 AIS 정보의 다양한 응용을 위해 선박정보를 체계적으로 관리하고 응용하기 위한 데이터베이스를 설계하고 이를 전자해도에 구현한 연구결과를 보면 가능할 것으로 판단된다.

Table 5 AIS Target Symbols

구분	심벌	
	SN/Circ.243	S-52
AIS Target (sleeping)		
Activated AIS Target		
Dangerous AIS Target		
AIS Target - True Scale Outline		
AIS Target turning to port / starboard		
Lost Target		
Target Past Positions		

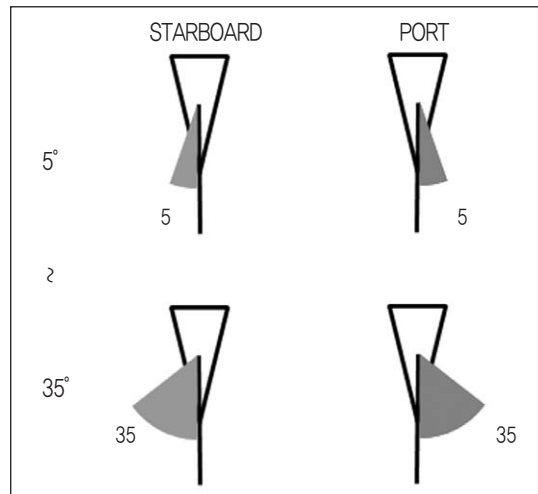


Fig. 4 Proposed AIS Target Symbols(Hand Mode)

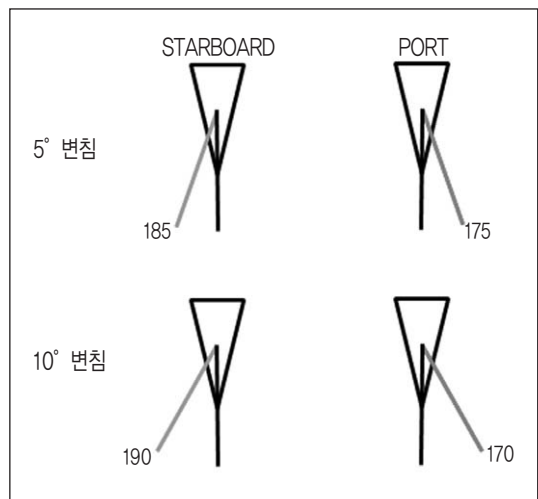


Fig. 5 Proposed AIS Target Symbols(Auto Mode)

5. 선회조기감지시스템의 활용 분야

5.1 선박 상호간 충돌사고 예방

선박이 타를 돌리는 순간 ECDIS상에 곧바로 조타기 작동상황이 표시되기 때문에 상대선박의 변침 의도를 가장 신속하고 정확히 확인할 수 있으며, 이를 통하여 충돌회피 동작을 오류 없이 취할 수 있다.

이러한 표시는 변침방향과 변침량을 포함하고, 유색으로 깜빡거리는 형태로 표시되기 때문에 식별이 용이하고, 변침의도를 특별한 추가적인 행동 없이 자동으로 송수신하기 때문에 급박한 상황에서의 긴장으로 인한 행동의 제약이 거의 없고, VHF 통신과 같은 시간적 소모가 없다는 장점이 있다.

5.2 VTS 지원시스템

VTS 관제사들은 주로 AIS 및 레이더 정보를 바탕으로 선박을 관제하고 있다. 하지만, AIS 및 레이더 정보는 실제로 취해진 행동보다 다소 늦게 관제사에게 전달되기 때문에 위험상황을 감지하여 선박을 호출하여 변침을 요구할 경우 해당선박은 벌써 변침을 시행한 이후가 되는 경우가 있으며, 또한 변침을 시행하지 않았음에도 변침을 시행한 것으로 허위 보고하는 사례가 가끔 발생된다.

따라서 해당 시스템을 활용할 경우 변침상황을 보다 신속히 파악할 수 있으므로 관제가 보다 쉬워질 것으로 예상된다.

5.3 해양사고 분석

사고분석 요소 중 매우 중요한 자료인 조타자료는

선박에 설치된 침로기록장치(course recorder) 또는 이를 저장한 VDR(voyage data recorder)을 활용할 수 있으나, 조타신호가 저장된 AIS 정보를 활용할 경우 보다 쉽게 정보의 활용이 가능하다.

또한, 침로기록장치에 저장된 선수방위는 조타기 핸들을 돌리는 즉시 침로가 변경되는 것이 아니므로 실제 의도한 조타행위와는 다소 차이가 날 수 있다. 따라서 해당 시스템을 활용한다면 조선자의 보다 정확한 변침의도를 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

선박의 조타기 작동 신호를 AIS를 통하여 전달 함으로써 비교적 근거리의 급박한 위험에서 상대 선박의 변침의도를 신속히 파악하여 충돌위험을 피할 수 있는 선회조기감지시스템의 개념을 제시하였다.

이는 상대선박의 선회의도를 신속히 파악하여 동일한 방향으로 변침하는 실수를 막을 수 있어 충돌사고 예방에 큰 도움을 줄 것으로 판단되며, 충돌위험이 있는 급박한 상황에서는 당황하거나 긴장하게 되어 행동의 제한이 일어날 수 있으나, 해당 시스템은 충돌위험에 대한 회피동작을 위해 실시된 조타동작에 대한 정보가 자동으로 상대 선박에 전달되기 때문에 변침 오류를 피하는데 큰 도움을 줄 것으로 보인다.

또한, 대상선박의 조타의도를 신속히 파악하여 충돌회피에 대한 권고가 가능함으로써 선박의 안전 운항을 지원하고 있는 VTS 지원시스템에 응용이 가능하고, 사고선박의 저장된 AIS 정보를 통한 조타현황 파악이 가능함으로써 해양안전심판원에서는 사고조사에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

후속 연구로는 이러한 선회조기감지시스템의

구현을 위해서 자동조타기로부터 조타 신호의 추출 방법 및 AIS를 통한 전송 방법, IMO 및 ITU 등 국제기구를 통한 제안된 시스템의 AIS 적용에 대한 권고, ECDIS에서의 영상 구현 등이 필요할 것으로 판단되며, 실선시험을 통한 검증도 요구된다.

후 기

본 연구는 선박안전기술공단에서 2013년도 자체연구사업으로 추진하였음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- (1) IHO(2008), S-52 APPENDIX 2 “Paper Based Description of Symbols for Use on ECDIS”.
- (2) IMO(2004), Ref.T2-OSS/2.7.1 SN/Circ. 243 “Guidelines for Presentation of Navigation-Related Symbols, Terms and Abbreviations”.
- (3) IMO(2010), Ref.T2-OSS/2.7.1 SN/Circ. 289 “Guidance on the Use of AIS Application-Specific Messages”.
- (4) ITU(2001), R M.1371-1 “Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band”.
- (5) Kim, Y. K. and Park, G. K.(2011), “A Study on Data Fusion of ARPA/AIS using Euclidean Distance”, Korean Institute of Intelligent Systems, Vol.21, No.6, pp.775-780.
- (6) Kim, J. S., Park, Y. S., Heo, T. Y., Jeong, J. Y. and Park, J. S.(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 Environment & Safety, Vol.17, No.3, pp.227-233.
- (7) KMST(2012), Korean Maritime Safety Tribunal, Statistics, Marine Accident, <http://www.kmst.go.kr/>.
- (8) KR(2011), KR-CON, COLREG 2008 Consolidated Edition/ Part B/Rule 7, pp.1.
- (9) Lee, S. J. and Park, I. H.(2010), “Database Design and Implementation for Vessel AIS Information Application”, Journal of Navigation and Port Research, Vol.34, No.5, pp.343-348.
- (10) Park, Y. S., Jeong, J. Y. and Kim, J. S.(2010), “A Study on the Minimum Safety Distance between Navigation vessels based on vessel Operator’s Safety Consciousness”, Journal of the Korean Society of Environment & Safety, Vol.16, No.4, pp.401-406.
- (11) Son, N. S. and Kim, S. Y.(2010), “Validation on the Algorithm of Estimation of Collision Risk among Ships based on AIS Data of Actual Ships’ Collision Accident”, Journal of Navigation and Port Research, Vol.34, No.10, pp.727-733.