

論 文

# 등위험곡선을 이용한 항해위험제어에 관한 연구

공 성 호\* · 이 은 방\*\*

A Study on Navigational Risk Control with Even Risk Contour

*Seong-Ho Kong\* · Eun-Bang Lee\*\**

〈 목 차 〉

Abstract	
1. 서론	3.2 접근속도에 의한 충돌위험평가
2. 등위험곡선에 의한 위험도 평가	3.3 접근속도에 의한 충돌회피 순위 결정
2.1 위험도	4. 등위험곡선에 의한 충돌회피법
2.2 등위험곡선의 개념	4.1 충돌회피법
2.3 등위험곡선의 구성	4.2 교통밀집해역에서의 적용 실험
3. 선박의 불규칙 동적정보 평가	4.3 기존의 방법과 비교
3.1 접근속도의 정의	5. 결론
	참고문헌

## Abstract

In the decision of a collision avoidance action for navigators and intelligent ships, it is necessary to evaluate the degree of surrounding risks and to control them effectively. In this paper, we propose the new methodology for navigational risk evaluation and control at sea. In the methodology, navigation risk is evaluated in two dimensions using Even Risk Contour on the basis of the concept of contour line. In addition, the movement information of dangerous targets is assessed continuously and precisely with wide band data. The presented technique is useful for the safety navigation at the heavy traffic sea and will be applied for the ultra automatic ship.

\* 정회원, 한국해양대학교 해사수송과학과 석사과정

\*\* 정회원, 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

## 1. 서 론

조선기술의 발달과 선박운항 자동화에도 불구하고 교통량의 폭주와 선박의 대형화 고속화 등으로 해상에서의 항해 위험도는 크게 낮아지지 않고 있다. 또한 해상에서의 위험도는 육상이나 항공에 비해 높고 위험요소를 제거하는 것이 해양의 특성상 쉽지 않다. 이러한 해상에서 선박의 충돌과 좌초와 같은 해난사고를 줄이고 안전을 확보하기 위해서는 무엇보다도 해상의 여러 위험요소들의 정량적 평가와 위험의 효율적 제어에 관한 연구가 요구되고 있다 [1][2]. 위험도 평가를 위한 연구는 선박운항 자동화를 위한 하나의 요소기술로 퍼지(Fuzzy)이론을 이용한 방법, 유전자 알고리즘을 이용한 방법 등이 발표되었으나, 국소부의 1차원적인 평가 방법이고 주로 일대일 선박의 충돌예방을 목적으로 개발되었기 때문에 해상에 존재하는 여러 위험 요소들을 종합적으로 평가하는 데에는 한계가 있다. 종래의 선박충돌회피법도 특정 시점의 데이터, 즉 ARPA의 CPA, TCPA정보에 의존하므로 계속적으로 변하는 위험요소들의 실시간 정보를 반영하기는 어렵다. 따라서 불규칙적으로 이동하는 선박의 항해위험도를 평가하기에는 신뢰성이 낮으며, 순차적인 피항 지침 또한 제공하지 못하고 있다. 뿐만 아니라, 항해사의 경험과 기술의존성이 높아 미숙련자나 지능화 선박의 무인운항에 적용하는 데에도 부적절한 면이 있다.

본 연구는 해상의 다양한 위험요소를 고려하여 2차원(Two Dimensions)적으로 종합적인 위험도를 평가하는 알고리즘을 제안하고 이를 활용하여 항해 위험을 효과적으로 제어하기 위한 충돌회피시스템 개발을 목적으로 하고 있다. 본 논문에서는 항해 위험도를 평가하기 위해서 도입한 등위험곡선의 원리와 접근속도에 대해서 논의하고 이들을 이용하여 연속적인 선박의 불규칙적인 운동을 고려한 순차적 충돌회피법을 제안하고자 한다.

## 2. 등위험곡선에 의한 위험도 평가

### 2.1 위험도

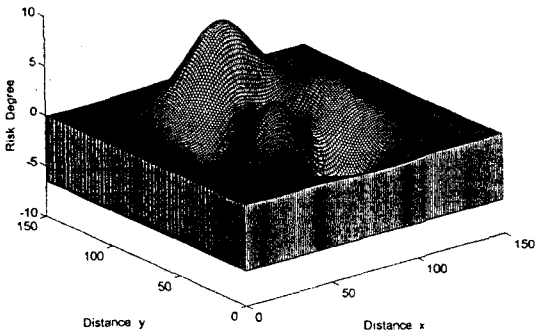
해상에서의 위험도란 해상에 존재하는 여러 위

험 요소가 해상 활동을 방해하여 사고를 야기할 가능성의 정도를 표현하는 추상적인 말이다. 선박의 항해 위험도는 본선의 행동 속에서 현재 어떤 행동을 취하는 것이 효율성과 안전성에서 보아 최적인가를 판단하고자 할 때 필요하다. 충돌회피조치는 안전 확보를 목적으로 하는 행동이므로 어느 정도의 경제성을 포기하고 회피동작으로의 전환을 위한 행동판단기준이 필요한 데 이 때 의사 결정에 중요한 요소가 되는 것이 충돌 위험도이다. 해상에서 선박은 자신(自船)이 항행하고자하는 침로방향해역의 위험도가 낮을 때에는 통상의 항행을 하고 높을 때에는 안전을 확보하기 위한 회피동작을 취한다. 충돌회피 동작을 취할 때는 일차적으로 주위에서 보다 위험도가 낮고 위험도의 변화율이 완만한 방향으로 변칙한다. 따라서 위험도는 위험요소들과의 충돌을 피하고 안전을 확보하기 위한 본선의 행동방향과 범위를 찾는 데도 사용될 수 있다. 여기서, 해상에서 충돌회피순서를 결정하기 위해서 위험도를 등고선 개념을 도입하여 2차원 위험도의 평가와 표시법을 생각하기로 한다.

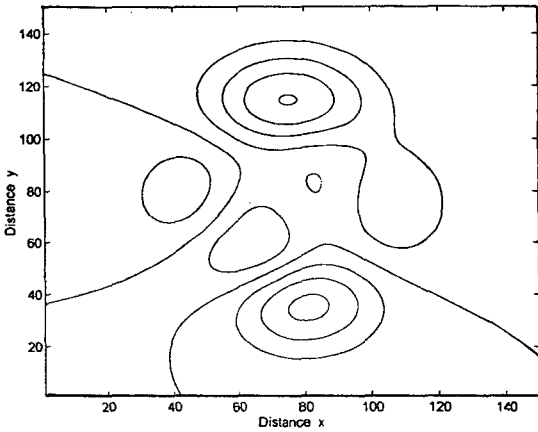
### 2.2 등위험곡선의 개념

Fig. 1의 (a)는 위험도를 3차원적으로 산의 모양과 같이 상징적으로 표현한 것이다. x, y축은 해상의 평면을 나타내고 있으며 z축에는 +에 수면상부, -에 수면하부의 위험도 크기를 표시하였다. 산을 오르거나 내릴 경우, 산의 경사율이 높은 곳은 산을 오르내리는 데 힘이 들며 사고의 개연성이 높아 그만큼 위험도가 증가한다고 볼 수 있다. 산의 입체적인 모양을 등고선으로 표시하면 전체적인 산세를 행동공간에 투영하는 것이 가능해져 행동지침을 쉽게 결정할 수 있듯이 추상적인 해상의 위험도에도 등고선 개념을 적용할 수 있다. 선박의 항해 영역이 해상이므로 2차원적으로 위험도를 상징적으로 표시하면 (b)와 같다.

해상에서도 수면에 떠있는 물체나 주위 선박, 인공 구조물, 또는 눈으로 파악할 수 없는 수면하의 암초, 저수심, 침선 등 여러 위험요소가 산재해 있는데 이들의 정도를 선박의 행동공간인 해상 평면



(a)



(b)

Fig. 1 Concept of even risk contour.

에 크기를 표시한다면 선박의 회피지침을 2차원적으로 얻을 수 있다. 즉, 선박의 항해위험의 대소를 나타내는 추상적인 위험도를 등고선 개념을 도입하여 위험도를 표시하는 곡선으로 나타낼 수 있는데 여기서, 이를 등위험곡선(Even Risk Contour, ERC)라고 부르기로 한다.

### 2.3 등위험곡선의 구성

여기서는 해상활동 중 선박의 안전운항 관점에서 자선과 주변의 위험요소간의 위험회피를 기준으로 등위험곡선을 구성하고자 하였다. 즉, 자선이

운동하며 위험요소에 접근하는 성분, 위험요소와 충돌하는 침로를 이탈하는 성분과 회피하는 성분, 그리고 위험요소에 최대로 접근 가능한 제한지점을 다음 식과 같이 정하여 구성하였다.

먼저 위험 요소D에 접근하는 성분인  $\vec{Z}$  는 식(1)과 같다.

$$\vec{Z} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{h\Delta d}{p^k} \quad (1)$$

충돌침로 이탈성분  $\vec{H}$  는 식(2)와 같이 나타낼 수 있으며

$$\vec{H} = h\Delta d + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{h\Delta d}{p^{t-k}} \quad (2)$$

또한, 충돌회피 성분  $\vec{E}$  은 식(3)으로

$$\vec{E} = h\Delta d \times t \quad (3)$$

위험요소에 최대 접근 가능 거리  $N$  은 식(4)로 나타내었다.

$$N = a \frac{l}{M} \quad (4)$$

여기서,  $t$  = 자선이 현재의 이동속도로 운동할 때

$N$ 지점까지 도달 하는 시간,

$\Delta d$  = 자선과  $N$ 지점간의 거리를 단위시간 동안 이동한 거리,

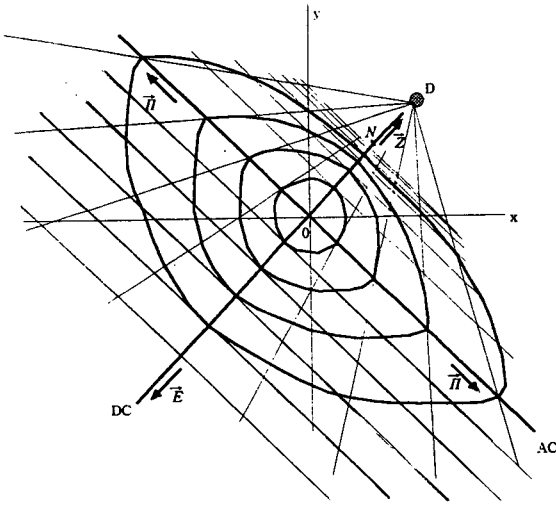
$h, p, a$  = 경험상수,

$N$  = 위험요소에 최대 접근 가능거리,

$l$  = 자선(自船)과 D까지의 거리,

$M$  = 접근속도의 평균 절대값이다.

Fig. 2는 수식(1),(2),(3),(4)를 적용하여 해상에서 위험요소를 회피하기 위한 등위험곡선을 radar scope x, y축에 나타낸 것이다. Fig. 2에서 본선의 위치는 중심 0이고 위험요소 D가 자선으로 접근하고 있는 경우의 예이다. 이 상황은 상대적인 것이기 때문에 D가 정지해 있고 자선이 능동적으로 운동을 한다고 보면, 자선은 중심 0의 위치에서 어느



D: 위험요소    DC: 충돌침로    AC: 회피침로

Fig. 2 Arrangement of even risk contour.

방향으로나 운동할 수 있다. DC성분은 D와 충돌침로를 나타내며, AC성분은 DC와 수직을 이루며 충돌침로에서 이탈하는 성분을 나타낸다. 이때 등고선의 간격은 단위 시간당 자선이 이동하는 거리에 해당한다. 그러나 DC성분은 D와 충돌 침로를 나타내기 때문에 DC 성분중 중심 0에서 D방향으로 접근하는  $\vec{Z}$  방향의 운동은 이 방향으로 이동할수록 위험도가 커지게 된다. 따라서  $\vec{Z}$  방향으로의 접근을 제한하여야 한다.  $\vec{Z}$  성분과 반대방향인  $\vec{E}$  방향으로의 운동도 DC성분상에 있기 때문에 최소 D가 자선을 향해 접근하는 단위 시간당 이동거리만큼은 이동을 해야한다. 그렇지 않고 자선의 이동성분이 D의 접근성분보다 작다면 일정 시간이 경과한 후에는 D와 충돌하게 되기 때문이다.  $\vec{H}$  성분은 충돌 침로에서 가장 빨리 이탈하기 위해서 DC에 수직성분으로 이동하는 것을 나타낸다. 이 성분은 AC축을 따라 변화하게 되며, AC 또한 위험요소 D가 미치는 위험도의 분포를 표시할 수 있다. 즉 DC상의 위험도에 따라서 이와 같은 위험도를 가지는 지점을 AC상에 표시할 수 있으며 이때 이 위험도는 DC의 위험도보다 좀더 거리의 변화율이

증가한 지점에 분포하게된다. 이것은 DC와 AC상에 같은 위험도를 표시하게 되면 AC상의 위험도가 DC상의 위험도보다 단위시간에 따른 거리의 변화율이 증가한 지점에 분포하게 된다. 결국 위험도의 분포는 DC를 종축으로 하고 AC를 횡축으로 하는 가우스분포의 형태가 된다.

### 3. 선박의 불규칙 동적정보 평가

#### 3.1 접근속도(AV: Approach Velocity)의 정의

주위 선박의 불규칙 이동정보를 고려하여 항해 위험평가의 신뢰성을 높이기 위해서 자선과 상대선과의 충돌침로상에서의 상대속도 성분의 연속적인 변환정보를 활용하기로 한다. Fig. 3은 radar scope를 기준으로 자선과 상대선의 움직임을 x, y 좌표계로 나타낸 것이다. 즉, 중심이 자선에 해당되며 x축의 (+)는 자선의 오른쪽에 해당되며 (-)는 왼쪽에 해당된다. 또한 y축의 (+)는 자선으로부터 전방을 나타내며 (-)는 후방을 나타낸다. 상대선은  $(x_1, y_1)$  의 위치에서  $\vec{a}$  만큼의 상대속력으로  $\vec{PQ}$ 상을 이동하고 있다.  $\theta$ 는 자선과 상대선의 진

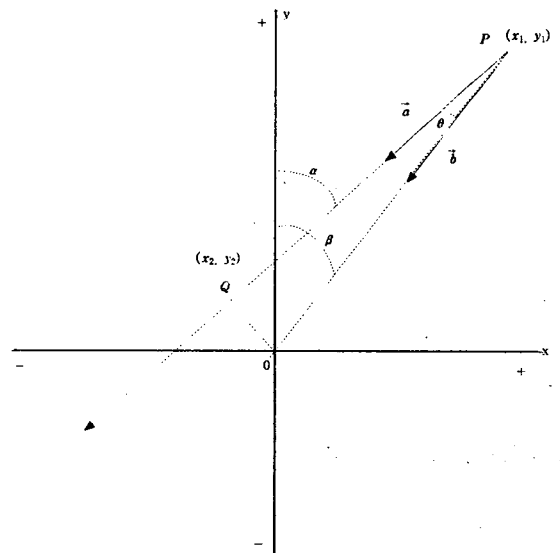


Fig. 3 Approach velocity and relation movement.

속력과 진침로의 변화에 따라 그 값이 변하게된다. 여기서  $\theta$ 를 '접근각(AD: Approach Degree)' 이라 고 부르기로 한다[3][4].

여기서 주목할 점은 결국 상대선이  $\vec{a}$ 로  $\overline{PQ}$ 상 에서 이동하고 있지만 실질적으로 자선에 영향을 미치는 성분은 자선을 향해 다가오는  $\vec{b}$ 라 할 수 있다. 즉 상대벡터  $\vec{a}$ 의 자선에 대한 실질적인 충돌위험 성분은  $\vec{b}$ 가 된다. 여기서  $\vec{b}$ 를 '접근속도 (AV: Approach Velocity)'라 하기로 하며, 수식으로 표시하면 식 (5)와 같이 표시 할 수 있다.

$$\begin{aligned} |\vec{b}| &= |\vec{a}| \cos \theta \\ &= |\vec{a}| \cos(\alpha - \beta) \\ &= |\vec{a}| (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta) \end{aligned} \quad (5)$$

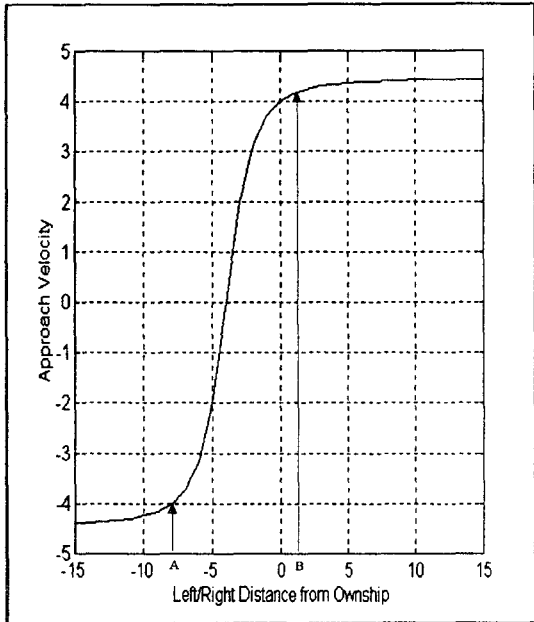


Fig. 4 The variation of approach velocity.

Fig. 4는 Fig. 3의 관계를 접근속도로 표현하여 나타낸 것이다. 접근속도가 '0'이 되는 지점은 자선에 상대선이 최근접거리(CPA)로 통항하는 지점을 의미한다. 또, 접근속도가 (+)인 값은 상대선이 전

방에서 자선을 향하여 접근하고 있는 것을 의미하며, (-)값은 자선으로부터 멀어지는 것을 의미한다. 여기서 주목할 수 있는 구간은 A, B를 통항하게 되는 시기인 데 이 구간에서는 접근속도가 급격히 변하기 때문에 다른 구간보다도 충돌위험이 크다고 할 수 있으며 이는 다른 구역보다 주위를 요하는 구역이라 할 수 있다.

### 3.2 접근속도에 의한 충돌위험평가

접근 속도의 특성 중 그 속도가 '0'이 되는 지점을 주목할 필요가 있다. 접근속도가 '0'이 되는 경우는 상대벡터 값이 '0'이거나 접근각이 90° 일 경우이다. 이 때 시간의 변화에 따라 상대벡터가 계속 '0'이라는 것은 두 선박이 같은 벡터 성분으로 운동하거나 정지해 있는 경우로 접근속도도 전구간이 '0'이 된다. 이것은 시간이 경과하여도 항상 그 위치에 존재하기 때문에 충돌위험관계를 판단한다면 관측초기부터 충돌상태가 아닌 이상 절대 충돌이 일어나지 않는 상황이 된다. 다시 말하면 충돌위험이 없는 상황을 말하는 것이다. 또한 접근각이 90° 라는 것은 상대선과 자선이 CPA를 통과하는 시점을 의미한다. 즉 두 선박간의 가장 위험한 충돌위험상황을 막 통항하는 순간이기 때문에 그 시점 이후에는 충돌위험성이 사라진다는 것을 의미한다. 이와 같이 접근속도의 결과 값으로 충돌위험도를 평가할 수 있음을 알 수 있으며, 결과적으로 접근속도가 '0'에 가깝게 수렴하는 상태일수록 충돌위험성이 작다고 할 수 있다.

앞에서 기술한 접근속도 개념을 이용하여 충돌위험도를 평가하고자 한다면, 접근속도'0'에 얼마만큼 근접하는가를 기준으로 평가할 수 있다. 즉, 접근속도 '0'에 가장 가깝게 근접할수록 충돌위험성이 작다고 할 수 있다. 여기서, 이 근접도는 구하고자 하는 구간의 평균 절대값(M)으로 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$M = \frac{1}{\Delta i} \left| \sum_{i=i_1}^{i_2} f_i \right| \quad (6)$$

(단,  $i_1$  = 시작값,  $i_2$  = 끝값,  $\Delta i = i_2 - i_1$ )

3.3 접근속도에 의한 충돌회피 순위 결정

Fig. 5, Fig. 6은 교통혼잡지역에서 상대선박이 불규칙적으로 운동한 경우에 대한 수치 시뮬레이션에 의한 충돌위험도 평가의 결과이다. Fig. 5의 (a), (b)는 CPA를 이용하여 선박의 충돌위험도를 나타낸 것이고 Fig. 6는 접근속도를 이용하여 충돌위험도를 표시하였다. Fig. 5의 (a)는 s, t, u 세 선박이 불규칙적으로 운동할 때를 가정하여 Random 값을 적용하여 나타낸 것이다. 여기서 CPA를 이용할 경우 x축 5, 10 지점의 값을 이용하여 계산한 경우 (b)에서와 같은 결과를 얻었다. 즉 세 선박 s, t, u에 대한 CPA  $s_1 = 1.4981$ ,  $t_1 = 3.0372$ ,  $u_1 = 3.4311$ 로 나타나 충돌회피 우선순위가  $s \rightarrow t \rightarrow u$  순으로 나타난다. 하지만 이것은 특정 두 지점 5, 10간의 데이터를 기준으로 계산된 값에 불과하다.

동일 경우를 접근 속도로 평가하면 Fig. 6과 같이 세 선박 s, t, u에 대한 M값  $s_2 = 9.5778$ ,  $t_2 = 8.3606$ ,  $u_2 = 12.9959$ 를 얻게 되어 충돌회피 우선 순위가  $u \rightarrow s \rightarrow t$  순으로 된다. 이 값은 두 지점간의 전체적인 데이터 평균값을 이용한 것이기 때문에 현재 이용되고 있는 CPA 계산 값보다 더욱 신뢰성이 높다고 할 수 있다. 접근속도(AV)에 의한 충돌위험도 평가 방법은 CPA 방법의 보완적 기법으로도 활용이 기대된다.

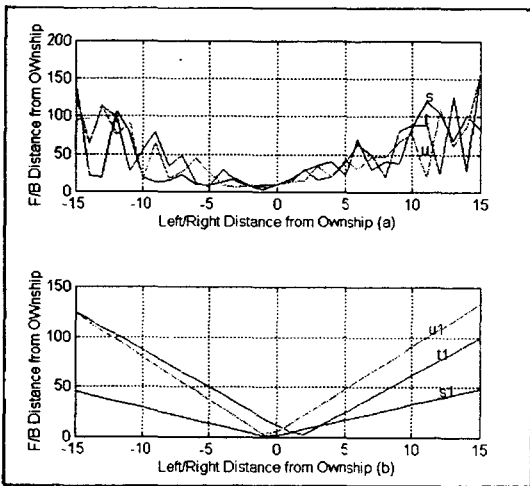


Fig. 5 Evaluation of collision risk degree using CPA.

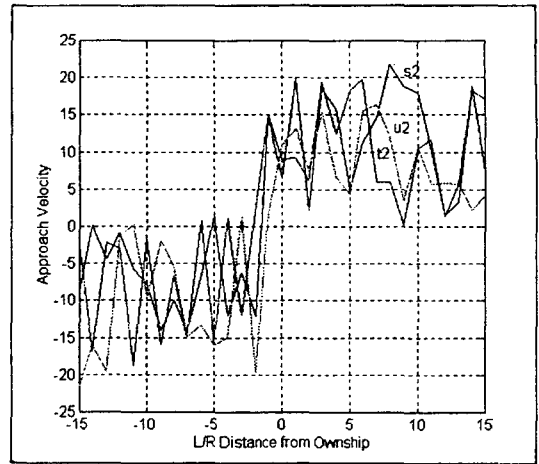


Fig. 6 Evaluation of collision risk degree using approach velocity.

4. 등위험곡선에 의한 충돌회피법

4.1 충돌회피법

Fig. 7은 앞에서 제안된 규칙을 적용하여 여러 위험요소가 있을 때에 대하여 등위험곡선을 구성해 보았다. 여기서 (a)는 두 개의 위험요소가 있을 때 충돌회피 침로를 선정하는 것을 나타내고 있으며, (b)는 세 개의 위험요소가 있을 때 충돌회피 침로를 나타내고 있다. (a)에서는 두 개의 위험요소가 있는 곳은 등고선의 간격이 밀집되어 나타나고 있으므로 자신의 진행방향을 고려할 때 (가), (라) 방향으로 회피침로를 택하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. (b)에서는 회피 침로가 (가), (나), (다), (라), (마), (바)로 나타나나, 경제성을 고려하여 그 중 적합한 침로를 선택하면 되며, 여기서는 (마) 침로가 바람직 할 것으로 판단된다. 왜냐하면 먼저 등위험곡선의 간격이 넓으며, 회피 동작 시 다른 침로보다도 갑자기 발생한 위험요소를 만나더라도 회피할 수 있는 (라)쪽에서의 등고선 간격이 여유가 있기 때문이다. 이러한 방식으로 자신의 주위에 분포되어 있는 여러 위험요소들의 위험도를 동시

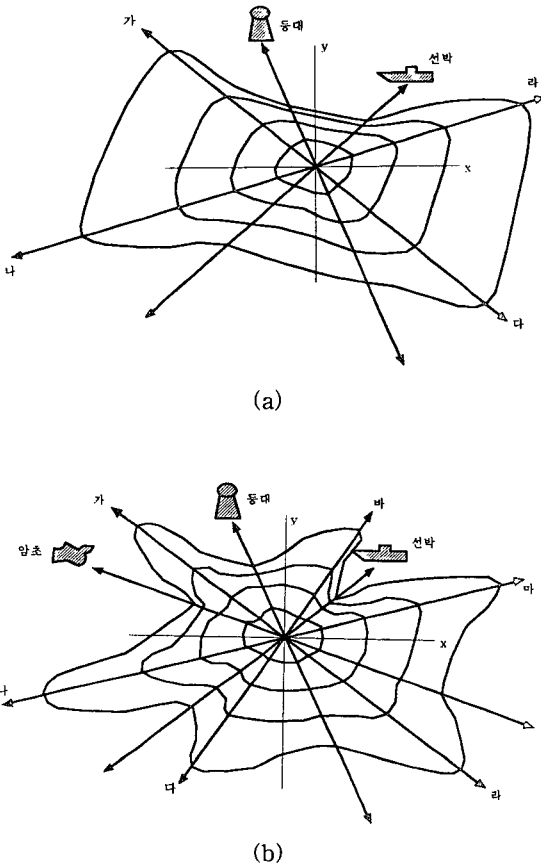


Fig. 7 Even risk contour of danger factors.

에 평가하여 이들 위험요소를 순차적으로 회피할 수 있는 최적의 칩로를 구할 수 있다.

4.2 교통밀집해역에서의 적용 실험

협수로, 항구의 근접해역, 묘박지, 어로수역 등과 같은 연근해 교통밀집해역에서는 해상을 운항하고 있는 선박의 밀도가 높고, 암초, 해상구조물 등의 위험요소들이 분포하고있어 다른 해역에 비해 항해 위험도가 매우 높다. 이와 같은 해역에서는 선박에 탑재되어 있는 ARPA radar등의 항해장비를 이용하기도 하지만 실질적으로 항해사의 경험과 기술에 의존하여 조선의사 결정을 하게된다. 그 이유는 계속적으로 선박의 불규칙적인 동적정보의

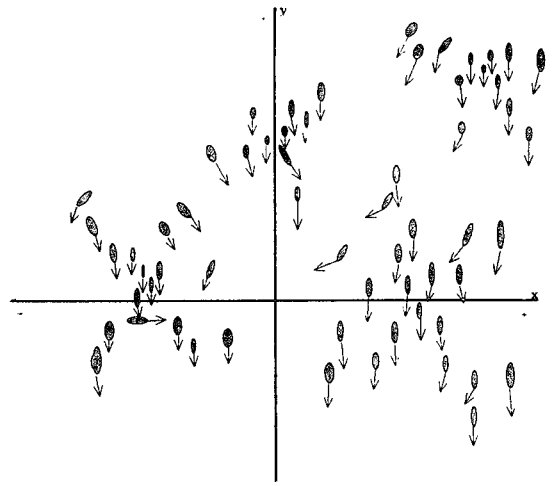


Fig. 8 A model of heavy traffic sea.

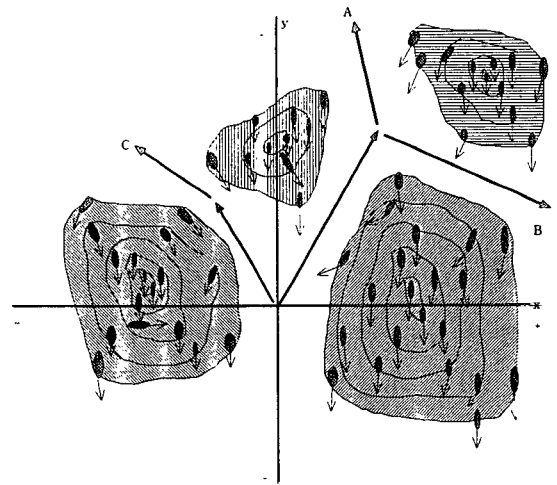


Fig. 9 Collision avoidance course with even risk contour.

반영이 어렵고 복잡한 항행환경을 일대일 대응식의 데이터 값만을 제공하기 때문에 입체적인 선박의 흐름이라든지 전반적인 위험요소의 위험도 표시가 용이하지 않기 때문이다. 따라서 항해지원장비의 정보를 참고로 하여 항해사의 눈과 경험으로 충돌위험선박의 흐름을 관찰하고 예측하여 자선의 충돌회피계획을 세우게 된다. 특히, 복잡한 해상 상

태에서의 충돌회피동작을 취할 경우는 주위의 여러 척의 선박을 비슷한 위험요소끼리 묶어서 동일한 위험도로 grouping하여 평가한 후 자선의 충돌회피동작을 취하는 것이 매우 유용하다. 여기서는 등위험도 곡선을 활용한 Grouping 방법과 충돌회피동작에 대해서 설명하고자 한다.

Fig. 8은 교통혼잡지역에서의 선박흐름을 나타낸 것이다. 그림에서는 여러 선박이 밀집하여 운항하고 있다. 이런 상황에서 과거의 radar정보를 이용하려면 다소 무리가 따른다. 왜냐하면 각각의 선박들의 CPA, TCPA 등의 정보를 수집하기에는 시간적 제약이 따르며 각각의 정보를 평가하여 항해에 적용하기에도 상황이 수시로 가변적이기 때문이다. 또한, 선박이 밀집한 해역에서는 위험순위를 판단하기도 어렵거나와 평가된 정보의 신뢰성에도 의문이 제기된다. Fig. 9는 Fig. 8의 상황을 접근속도(AV)를 이용하여 충돌위험도를 평가한 후 비슷한 위험도끼리 묶어서 자선의 충돌회피 동작을 취하는 예이다. 즉, AV를 이용하여 위험상황을 정량적으로 나타내게 되면 일정범위의 위험도를 하나의 위험도로 평가할 수 있다.

Fig. 9는 산발적으로 분포되어 있는 위험요소들을 비슷한 위험도끼리 묶은 후 그것을 하나의 위험요소라고 보고 등위험도 곡선을 구성한 것이다. Fig. 9에서는 ERC를 표현하지 않고 그 결과만 화살표로 표시하였다. 이렇게 함으로써 기존 특정 두 시점의 정보를 이용하던 것과는 달리 초기 측정치로부터 현재까지의 정보를 이용함으로써 신뢰성을 높일 수 있다. 또한 Grouping이라는 개념은 일정해역에 산발적으로 분포하여 운동하는 어선군 이라든지 암초군 등을 하나의 특정 위험도로 평가하여 자선의 항해계획에 반영하게 되기 때문에 보다 신속하고 정확한 충돌회피 계획을 수립할 수 있다. 즉, Fig. 8에서와 같은 상황에서 자선은 어느 방향으로 충돌회피동작을 취할 것인가가 상당히 고민스럽게 판단되는 것을 Fig. 9에서는 여러 위험요소를 하나의 위험요소로 평가하였기 때문에 A, B, C 등의 침로로 충돌회피동작을 취할 것으로 권고할 수 있게 된다. 이렇게 함으로써 과거의 일대일 대응식의 충돌회피방법으로는 어려웠던 교통밀집해

역에서의 다수선박간의 충돌회피동작을 등위험곡선을 도입하면 간단히 순차적 회피계획의 수립이 가능하다.

#### 4.3 기존의 방법과 비교

##### 4.3.1 전문가 시스템

이 시스템을 충돌회피동작에 적용한 경우는 자선에서 주변에 위치한 개개의 선박을 If then 형식으로 일대일 피항으로 국한시킨다. 즉 최종 피항행동을 결정하기 전에 아무리 많은 고려를 한다 하더라도 일대일 피항이 되는 이상, 자선은 가장 위험하다고 판단되는 타선을 피하는 행동만을 결정하게 되며 결과적으로 자선이 취할 수 있는 더 많은 행동들이 고려대상에서 제외될 수 있다. 또한 단 하나의 선박만을 피하는 행동으로 또 다른 위험을 불러일으키지 않기 위해서는 그 전에 많은 고려가 필요하게 되며, 그만큼 규칙들이 복잡해지고 시스템의 개발 및 유지는 힘들어지게 된다[5].

##### 4.3.2 행동 공간 탐색법

이 방법은 자선이 취할 수 있는 각 행동들의 안전도를 검사한 후 그 중 가장 안전한 행동을 취하는 방법으로 하나의 노드는 그 지점에서 시작되는 안전한 행동들을 나타내는 가지를 갖는다. 이 방법을 이용할 경우에는 항해 규칙의 적용이 어려워지게 된다. 이 경우 일반적인 항해 규칙의 적용은 주어진 행동이 규칙을 위반했을 경우 위험도에 가중치를 주는 방법으로 이루어진다. 하지만 이 방법은 어디까지나 단순한 규칙에만 이용될 수 있으며 규칙이 복잡하거나 각 항구, 항로 등의 특별한 규칙을 고려해야 할 경우에는 그 해결이 어려워진다. 또한 상대선의 행동 변화도 고려되지 않는다[6].

##### 4.3.3 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 생명체의 자연 도태(natural selection)와 유전자를 통한 정보 전달 방법을 응용한 최적화 방법을 말한다. 이 방법 또한 상기 두 가



지 방법을 결합하여 피항동작을 결정하도록 하였으며, 충돌위험도 평가도 기존의 퍼지이론을 접목시키고 있다. 또한 상황설정도 일대일 경우에 국한시키므로 예측 불가능한 실제해상에서의 적용에 대해서는 미흡하다[7][8].

#### 4.3.4 등위험곡선을 이용한 충돌회피

등위험곡선은 실시간으로 해상의 위험도를 평가하여 선박의 충돌회피에 적용한다. 또한 특정 두 지점간의 정보를 이용하는 것이 아니고 초기측정 값으로부터 현재까지의 정보를 모두 이용하므로 평가된 위험도는 보다 신뢰성을 가지게 된다. 또한 교통밀집해역에서의 다수 선박들에 대하여 일대일 대응식이 아닌 전체적인 위험요소들의 전반적인 흐름을 파악할 수 있으므로 보다 신속한 위험회피 동작을 취할 수 있다. 앞으로 자동화 선박의 충돌회피시스템나 항해지원시스템의 항해위험평가와 충돌회피계획에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 5. 결 론

등고선 개념을 도입하여 해상 활동공간의 주위 선박들의 동적인 성질을 고려한 2차원적인 위험도를 평가하기 위해 등위험곡선을 새로이 정의하고 구성하였다. 또한 이를 활용한 선박 충돌회피법을 제안하였으며 수치 실험과 기존 방법과의 비교 검토를 하였다. 제안된 방법의 특징으로는 다음과 같다.

1. 입체적으로 위험요소를 판단함으로써 충돌회피 동작을 순차적으로 할 수 있다.
2. 상대 선박의 불규칙적 운동요소를 고려하여 충돌 위험도를 평가하므로 신뢰성이 높다.
3. 전체적인 교통흐름을 실시간에 쉽게 판단, 예측할 수 있고 교통 밀집해역에서의 정량적인 충돌회피 계획을 수립할 수 있다.

특히 제안된 방법은 선박의 지능화에 따른 무인 충돌 회피시스템 등에 활용이 기대된다. 그리고 앞으로 새로운 항해지원시스템으로 활용하기 위해서

는 경험지수의 표준화된 정량화 문제와 다수 상황에 따른 수치 실험의 지속적인 연구가 요구된다.

### 참고문헌

- [1] 해양수산부, 해난심판사례집, 해양수산부 중앙 해난심판원, 1998.
- [2] Hasegawa, K., "Automatic Collision Avoidance System for Ships using Fuzzy Control," 8th Ship Control System Symposium, Hague, 1987.
- [3] Imazu, H. and Koyama, T., "The Optimization of the Criterion for Collision Avoidance Action," Journal of Japan Institute of Navigation, Vol. 71, Sep., 1984.
- [4] Imazu, H. and Koyama, T., "The Determination of Collision Avoidance Action," Journal of Japan Institute of Navigation, Vol. 70, Jan., 1984.
- [5] Koyama, T. and Yan, J., "An Expert System Approach to Collision Avoidance," 8th Ship Control System Symposium, Hague, 1987.
- [6] Hara, K. and Hammer, A., "A Safe Way of Collision Avoidance Maneuver based of Maneuvering Standard Using Fuzzy Reasoning Model," MARSIM 93, St. John's, 1993.
- [7] Hammer, A. and Hara, K., "Knowledge Acquisition for Collision Avoidance Maneuver by Ship Handling Simulator," MARSIM & ICSM 90, Tokyo, 1990.
- [8] 최종수, 인공지능의 세계, 대영사, 1991.