

# 등위험곡선을 이용한 해상의 2차원 위험도 평가에 관한 연구

공 성 호\* · 이 은 방\*\*

A Study on the Risk Evaluation in Two Dimensions at Sea with Even Risk Contour

Seong-Ho Kong\* · Eun-Bang Lee\*\*

〈목 차〉	
Abstract	3.1 접근속도(AV: Approach Velocity)의 정의
1. 서 론	3.2 AV에 의한 충돌위험 평가
2. 2차원 위험도 평가의 원리	3.3 AV를 이용한 충돌회피 우선순위 결정
2.1 위험도	4. ERC에 의한 충돌회피법
2.2 등위험곡선(ERC: Even Risk Contour)의 개념	4.1 충돌회피법
2.3 ERC의 정의	4.2 기준의 방법과 비교
3. 이동 물체의 위험도 곡선	4.3 교통밀집 해역에서의 적용 실험
	5. 결 론

## Abstract

In the decision of a collision avoidance action for navigators and intelligent ships, it is necessary to evaluate the degree of surrounding risks effectively. We propose the new risk evaluation technique in two dimensions using Even Risk Contour on the basis of the concept of contour line.

In this paper, we introduce the algorithms of ERC and Approach Velocity(AV) and show their applications for avoiding traffic collision at sea.

## 1. 서 론

해상 활동의 위험도가 육상이나 항공에 비해 높고 위험 요소를 제거하는 것이 해상의 여러 특성상 쉽지 않다. 이러한 해상에서 안전 확보를 위

해서는 무엇보다 입체적인 위험도의 정량적 평가가 필요하다. 위험도 평가를 위한 연구는 퍼지(Fuzzy)이론을 이용한 방법, 유전자 알고리즘을 이용한 방법 등이 발표되었으나, 국부의 데이터를 사용하고 국소의 1차원적인 평가 방법으로 주로

\* 한국해양대학교 해사수송과학부 석사과정

\*\* 정회원, 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

선박의 충돌예방을 목적으로 개발되어 해상에 존재하는 여러 위험 요소들을 종합적으로 평가는 데에는 한계가 있다. 또한 종래의 선박충돌예방법도 특정 시점의 데이터, 즉 ARPA의 CPA, TCPA 정보 등을 이용하기 때문에 계속적으로 변하는 선박의 위험도를 평가하기에는 신뢰성이 저하되고 순차적인 피항 지침을 제공하지 못할 뿐만 아니라 지능화 선박의 무인운항에 적용하는 데는 부적절한 면이 있다.

본 연구에서는 해상의 여러 위험요소를 고려하여 2차원(Two Dimensions)적으로 종합적인 위험도 평가 알고리즘을 제안하고 이를 활용한 선박의 충돌회피시스템 개발을 목적으로 하고 있다. 본 논문에서는 위험도를 평가하기 위해서 등고선의 개념을 도입한 등위험곡선과 접근속도를 새로이 정의하여 선박의 불규칙적인 운동을 고려한 입체적인 위험도를 평가하고 충돌예방 및 피항지침을 제공하는 시스템을 제안하였다.

여기서 등위험곡선의 원리와 이를 이용한 선박 충돌예방 시스템을 설명하고, 기존의 일대일 평가 방법으로는 어려웠던 교통밀집해역에서의 다수선박에 대하여 적용한 수치 시뮬레이션 결과를 보고하고자 한다.

## 2. 2차원 위험도 평가의 원리

### 2.1 위험도

해상에서 위험도란 해상에 존재하는 여러 위험 요소가 해상활동을 방해하여 사고를 야기할 가능성의 정도를 표현하는 추상적인 말이다. 충돌회피 시에는 본선의 행동 속에서 현재 어떤 행동을 취하는 것이 효율과 안전에서 보아 최적인가를 판단하고자 할 때 필요하다. 선박은 통상 목적지를 향하여 효율이 좋은 항행을 하고자 하며, 충돌회피조치는 안전 확보를 목적으로 하는 행동이므로 효율과 안전에서 본 충돌회피조치의 결정에는 통상 항행 중 충돌회피동작으로의 전환을 위한 행동판단기준을 가질 필요가 있는 데 이때 주효한 것이 충돌위험도이다. 즉, 해상에서 자선(自船)이 항행하고자

하는 해역의 위험도가 낮을 때에는 통상의 항행을 하고 높을 때에는 안전을 확보하기 위한 조치를 한다. 또한 위험도는 목표물과의 안전을 확보하기 위한 본선의 행동범위를 찾는데도 사용된다.

### 2.2 등위험곡선(ERC: Even Risk Contour)의 개념

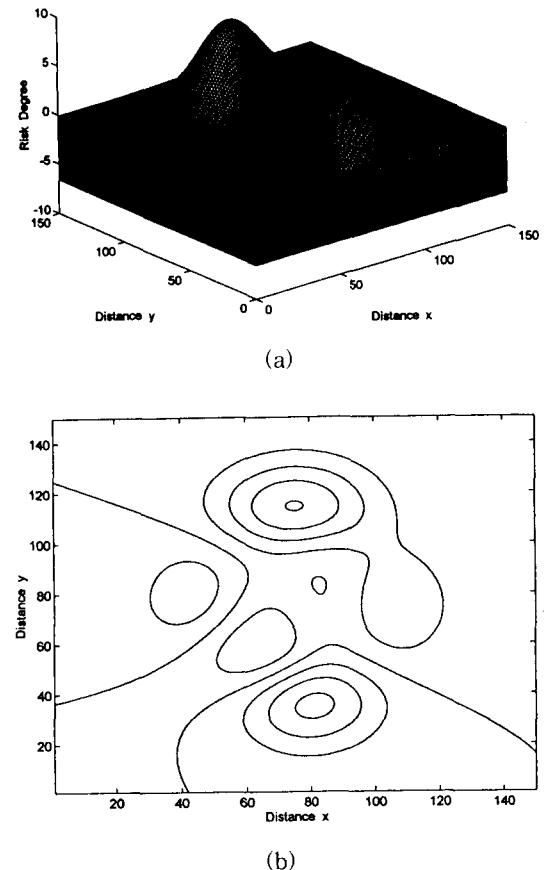


Fig. 1 Concept of ERC

Fig. 1의 (a)는 산세를 위험도 관점으로 본 그림이다. x, y축에는 평면을 나타내고 있으며 z축에는 산의 위험도를 나타내었다. 즉, 산을 오르거나 내려올 때 산이 가파르거나 높을수록 산을 오르내리는 데 힘이 들며 또한 추락할 확률이 높게 되는 등 그만큼 위험도가 증가하게 된다. 이것을 등고선으로 표현한 것이 (b)이다. 여기서 알 수 있는 것은

산의 경사가 클수록 등고선의 간격이 좁으며, 높이가 높을수록 등고선의 밀도가 크게 나타난다. 등산책은 주로 이 등고선도의 등고선 간격이나 밀도를 이용하여 산의 형세를 파악하며 산을 오르거나 조난시 안전한 지형으로 하산하기도 하는 등 유효하게 사용한다. 이런 등고선 개념을 추상적인 해상의 위험도에도 적용할 수 있다. 해상에서도 수면에 떠 있는 물체나, 인공구조물, 또는 눈으로 파악할 수 없는 수면하의 암초, 저수심, 침선 등 여러 위험요소가 산재해 있는데 이들의 정도를 2차원 평면에 크기를 표시한다면 위험도를 표시하는 산을 상상할 수 있다. 위험요소의 대소를 나타내는 추상적인 산도 등고선처럼 같은 위험도를 나타내는 곡선으로 나타낼 수 있는데 여기서, 이를 등위험곡선(Even Risk Contour, ERC)라고 부르기로 한다.

### 2.3 ERC의 정의

여기서는 해상활동 중 선박의 운항관점에서 자선(自船)과 주변의 위험요소간의 위험회피를 기준으로 ERC를 구성하고자 하였다. 즉 자선(自船)이 운동하며 위험요소에 접근하는 성분, 위험요소와 충돌하는 침로를 이탈하는 성분과 회피하는 성분, 그리고 위험요소에 최대로 접근 가능한 제한지점을 아래식과 같이 정하여 구성하였다.

먼저 위험요소 D에 접근하는 성분인  $\vec{A}$ 는

$$\vec{A} = \sum_{k=0}^l \frac{h \Delta d}{p^k} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

충돌침로 이탈성분  $\vec{B}$ 는

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

## 충돌회피 성분 C은

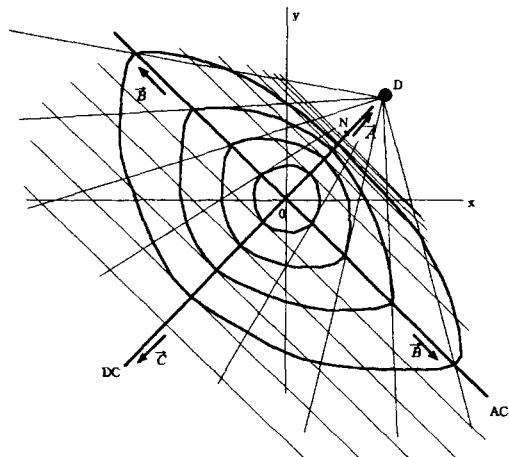
$$\vec{C} = h \Delta d \times t \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$\text{최대제한값}(N) = a \frac{dr}{M} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

위의 식 (1), (2), (3), (4)에서

$t$  = 자선(自船)이 현재의 이동속도로 운동할 때  
N지점까지 도달하는 시간, 단위 = 분

$\Delta d$  = 자선(自船)과 N지점간의 거리를 단위시  
 간 동안 이동한 거리  
 $h, p, a$  = 상수  
 $N$  = 최대 제한값(자선(自船)으로부터의 거리)  
 $dr$  = 자선(自船)과 D까지의 거리  
 를 의미한다.



D:위험요소 DC:충돌침로 AC:회피침로 N:최대 제한값

Fig. 2 Example of ERC

Fig. 2는 수식(1),(2),(3),(4)를 적용하여 해상에서 위협요소를 회피하기 위한 ERC를 RADAR Scope x, y축에 나타낸 것이다. 위협요소는 선박뿐만 아니라 암초, 저수심, 해상구조물 등 자선(自船)이 그 위치로 운동하게 되면 선박에 위협을 초래하며, 항해할 수 있는 해역을 제한하게 된다.

Fig. 2를 상기수식과 관련하여 설명하자면, 위험요소 D가 자선(自船)으로 접근하고 있다. 이 상황은 상대적인 것이기 때문에 D가 정지해 있고 자선(自船)이 능동적으로 운동을 한다고 보면, 자선(自船)은 중심 0의 위치에서 어느 방향으로나 운동할 수 있다. DC성분은 D와 충돌침로를 나타내며, AC성분은 DC와 수직을 이루며 충돌침로에서 이탈하는 성분을 나타낸다. 이때 등고선의 간격은 단위시간당 자선(自船)이 이동하는 거리에 해당한다. 그러나 DC성분은 D와 충돌침로를 나타내기 때문에 DC 성분중 중심 0에서 D방향으로 접근하는 A

방향의 운동은 이 방향으로 이동할수록 위험도가 커지게 된다. 따라서  $\vec{A}$  방향으로의 접근을 제한하여야 한다.  $\vec{A}$  성분과 반대방향인  $\vec{C}$  방향으로의 운동도 DC성분상에 있기 때문에 최소 D가 자선(自船)을 향해 접근하는 단위시간당 이동거리만큼은 이동을 해야한다. 그렇지 않고 자선(自船)의 이동성분이 D의 접근성분보다 작다면 일정 시간이 경과한 후에는 D와 충돌하게 되기 때문이다.  $\vec{B}$  성분은 충돌침로에서 가장 빨리 이탈하기 위해서 DC에 수직성분으로 이동하는 것을 나타낸다. 이들 성분도 단위시간당 이동하는 거리를 설정하자면 시간이 지나면서 점차 충돌침로에서 멀어지기 때문에 이동거리에 제약을 받지 않을 수 있겠지만 단위시간당 최소 이탈거리를 정하여 시스템에 적용할 필요가 있다.

### 3. 이동 물체의 위험도 곡선

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

Fig. 3은 RADAR Scope를 기준으로 자선(自船)과 상대선의 움직임을 좌표계 형식으로 나타낸 것이다. 즉 중심이 자선(自船)에 해당되며 x축의 (+)는 자선(自船)의 오른편에 해당되며 (-)는 왼편에 해당된다. 또한 y축의 (+)는 자선(自船)으로부터 전방을 나타내며 (-)는 후방을 나타낸다. 상대선은  $(x_1, y_1)$ 의 위치에서  $\vec{a}$  만큼의 상대속력으로  $\vec{m}$ 상을 이동하고 있다.  $\theta$ 는 자선(自船)과 상대선의 진속력과 진침로의 변화에 따라 그 값이 변하게된다. 본 논문에서는 이  $\theta$ 를 ‘접근각(AD: Approach Degree)’이라고 정하기로 하겠다.

여기서 주목할 것은 결국 상대선은  $\vec{a}$ 로  $\vec{m}$ 상에서 이동하고 있지만 실질적으로 자선(自船)에 영향을 미치는 성분은 자선(自船)을 향해 다가오는  $\vec{b}$ 라 할 수 있다. 즉 상대벡터  $\vec{a}$ 가 자선(自船)에 대한 실질적인 충돌위험 성분은  $\vec{b}$ 가 되는 것이다. 이  $\vec{b}$ 를 본 논문에서는 ‘접근속도(AV: Approach Velocity)’라 하기로 하며, 수식으로 표시하면 다음과 같다.

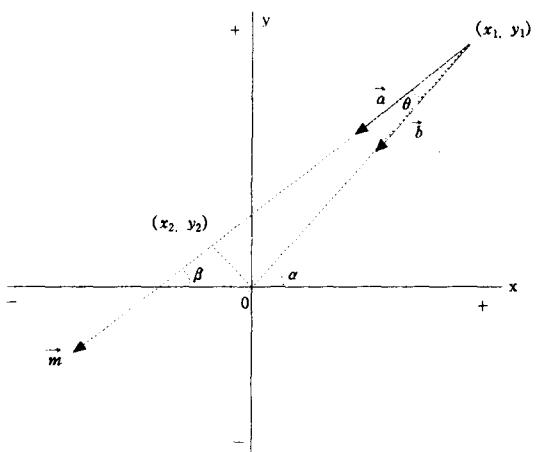


Fig. 3 Relation Diagram of Own Ship and Target

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

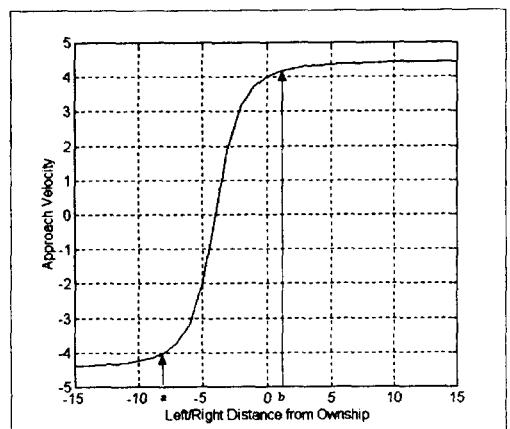


Fig. 4 AV Variation

Fig. 4는 Fig. 3의 관계를 접근속도로 표현하여 나타낸 것이다. 접근속도가 ‘0’이 되는 지점은 자선(自船)이 상대선과 CPA를 가지며 통항하는 지점을 의미한다. 또, 접근속도가 (+)인 값은 상대선이 전방에서 자선(自船)을 향하여 접근하고 있는 것을 의미하며, (-)값은 자선(自船)으로부터 멀어지는

것을 의미한다. 여기서 주목할 수 있는 것은 구간  $a, b$ 를 통한하게 되는 시기인데 이 구간은 다른 구간보다도 접근속도가 급격히 변하기 때문에 다른 구간보다도 충돌위험이 크다고 할 수 있는데 이를 ‘제1위험구역’이라 하겠다.

### 3.2 AV에 의한 충돌위험 평가

접근속도의 특징 중 접근속도가 '0'이 되는 지점을 주목할 수 있다. 접근속도가 '0'이 되는 경우는 상대벡터값이 '0'이거나 접근각이  $90^\circ$  일 때이다. 이때 시간의 변화에 따라 상대벡터가 계속 '0'이라는 것은 두 선박이 같은 벡터성분으로 운동하거나 정지해 있는 경우를 말한다. 이 경우 접근속도도 전구간이 '0'이 된다. 이는 시간이 무한대로 흐른다고 가정했을 때 항상 그 위치를 지키기 때문에 이를 충돌위험관계로 판단한다면 관측초기부터 충돌상태가 아닌 이상 절대 충돌이 일어나지 않는 상황이 된다. 다시 말하면 충돌위험이 없는 상황을 말하는 것이다. 또한 접근각이  $90^\circ$ 라는 것은 상대선과 자선(自船)이 CPA를 통과하는 시점을 의미한다. 이를 역으로 말하면 그 시점 후에는 두 선박은 서로 멀어지는 벡터성분으로 운동을 하게 되는 것이다. 즉 두 선박간의 가장 위험한 충돌위험상황을 막 통행하는 순간이기 때문에 그 이후에는 충돌위험성이 사라진다는 것을 의미한다. 이와 같이 접근속도의 결과값으로 충돌위험도를 평가할 수 있음을 알 수 있으며, 결과적으로 접근속도가 '0'에 가깝게 수렴하는 상태일수록 충돌위험성이 작다고 할 수 있다.

이제 상기의 접근속도 개념을 이용하여 충돌위험도를 평가하고자 하면, 접근속도'0'에 얼마만큼 수렴하는 가를 기준으로 평가할 수 있다. 즉, 접근속도 '0'에 가장 가깝게 수렴할수록 충돌위험성이 작다고 할 수 있다. 본 논문에서는 이 수렴값을 얻기위해 구하고자 하는 구간의 평균절대값(M)을 구하였다. 이를 수식으로 표현하면 식(6)와 같다.

$$M = -\frac{1}{4i} \left| \sum_{i=n}^{i_2} f_i \right| \dots \quad (6)$$

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

### 3.3 AV를 이용한 충돌회피 우선순위 결정

Fig. 5, Fig. 6은 교통혼잡지역에서 상대선박이 불규칙적으로 운동할 때의 충돌위험도 평가에 대한 그레프의 예이다. 먼저 CPA를 이용하여 선박의 충돌위험도를 나타낸 것이 Fig. 5의 (a), (b)이고 접근속도로 표현한 것이 Fig. 6이다. Fig. 5의 (a)는 s, t, u 세선박이 불규칙적으로 운동할 때를 가정하여 Random값을 적용하여 나타낸 것이다. 여기서 CPA를 이용할 경우 x축 5, 10 지점의 값을 이용하여 계산한 경우 (b)에서와 같은 결과를 얻게 된다. 즉 세선박 s, t, u, 에대한 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 두지점 5, 10간의 데이터를 기준으로 계산된 값에 불과하다.

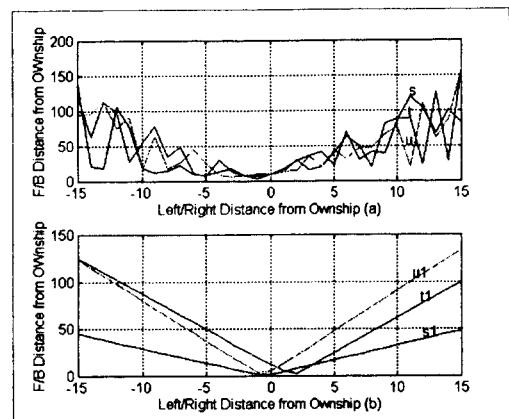


Fig. 5 Evaluation of Collision Risk Degree Using CPA

이를 접근속도로 평가하면 Fig. 6과 같이 세선박  
s, t, u에 대한 M값 s2= 9.5778, t2= 8.3606, u2=

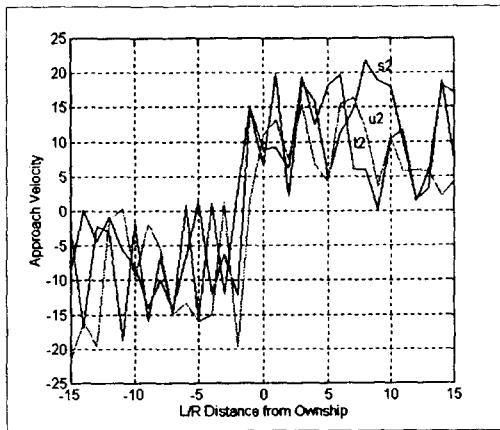


Fig. 6 Evaluation of Collision Risk Degree Using AV

12.9959를 얻게 되어 충돌회피 우선순위가  $u \rightarrow s \rightarrow t$  순이 된다. 이 값은 두지점간의 전체적인 데이터평균값을 이용한 것이기 때문에 현재 이용되고 있는 CPA 계산값보다 더욱 신뢰성을 준다.

#### 4. ERC에 의한 충돌회피법

##### 4.1 충돌회피법

Fig. 7는 앞에서 제안된 규칙을 적용하여 여러 위험요소가 있을 때에 대하여 ERC를 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 자선(自船)의 진행방향을 고려할 때 (가), (라) 방향으로 회피침로를 택하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. (b)에서는 회피침로가 (가), (나), (다), (라), (마), (바)로 나타나나, (마)침로가 바람직 할 것으로 판단된다. 왜냐하면 먼저 등고선 간격이 넓으며, 회피 동작시 다른 침로보다도 갑자기 발생한 위험요소를 만나더라도 (라)쪽으로의 등고선 간격이 여유가 있기 때문이다. 이렇게 하므로 해서 자선(自船)의 주의에 분포되어 있는 여러 위험요

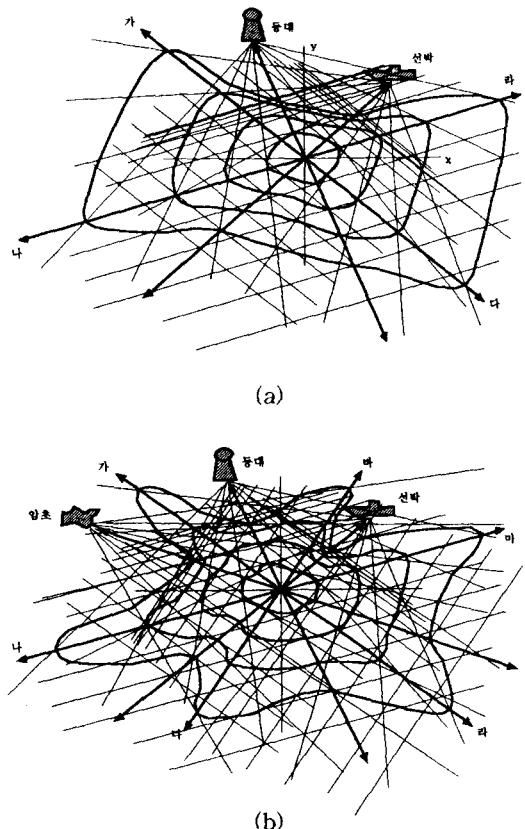


Fig. 7 Example of ERC to Danger Elements

소들의 위험도를 동시에 평가하여 이를 위험요소를 회피할 수 있는 최적의 침로를 구하게 된다.

#### 4.2 기존의 방법과 비교

##### 4.2.1 전문가 시스템

이 시스템을 충돌회피동작에 적용한 경우는 자선(自船)에서 주변에 위치한 개개의 선박을 If Then 형식으로 일대일 피항으로 국한시킨다. 즉 최종 피항 행동을 결정하기 전에 아무리 많은 고려를 한다 하더라도 일대일 피항이 되는 이상, 자선(自船)은 가장 위험하다고 판단되는 타선을 피하는 행동만을 결정하게 되며 결과적으로 자선(自船)이 취할 수 있는 더 많은 행동들이 고려대상에서 제외될 수 있다. 또한 단 하나의 선박만을 피하는 행동

으로 또 다른 위험을 불러일으키지 않기 위해서는 그 전에 많은 고려가 필요하게 되며, 그만큼 규칙들이 복잡해지고 시스템의 개발 및 유지는 힘들어지게 된다.

#### 4.2.2 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.

#### 4.2.3 유전자 알고리즘법

유전자 알고리즘은 생명체의 자연 도태(natural selection)와 유전자를 통한 정보 전달 방법을 응용한 최적화 방법을 말한다. 이 방법 또한 상기 두 가지 방법을 결합하여 피항행위를 결정하도록 하였으며, 충돌위험도 평가도 기존의 퍼지이론을 접목시키고 있다. 또한 상황설정도 일대일 경우에 국한시키므로 예측 불가능한 실제해상에서의 적용에 대해서는 미흡하다.

#### 4.2.4 ERC를 이용한 충돌회피

ERC는 실시간으로 해상의 위험도를 평가하여 선박의 충돌회피에 적용한다. 또한 특정 두 지점간의 정보를 이용하는 것이 아니고 초기측정값으로부터 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 위험회피동작을 취할 수 있으며, 앞으로 자동화 선박의 충돌회피 시스템의 기초자료로도 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 4.3 교통밀집해역에서의 적용 실험

해상에서 운항하는 선박에는 여러 위험요소가 있다. 특히 협수로 통항해역과 묘박지와 같은 교통 혼잡해역에서는 같은 해상을 운항하고 있는 타 선박뿐만 아니라 암초, 해상구조물, 협수로등이 선박 운항에 제한을 주는 요소가 된다. 이런 해역에서는 선박에 탑재되어 있는 RADAR등의 항해장비를 이용하기도 하지만 실질적으로 항해사의 눈을 통하여 조선의사 결정을 하게된다. 그 이유는 RADAR는 여러 복잡한 항행환경을 일대일 대응식의 데이터값만을 주기 때문에 전체적인 선박의 흐름이라든지 전반적인 위험요소의 배치를 표시하는 것은 불가능하기 때문이다. 또한 계속적으로 선박이 불규칙적으로 운동하고 있기 때문에 항해사는 제공되는 정보를 신뢰할 수 없게 된다. 따라서 항해사의 눈으로 충돌위험선박의 흐름을 관찰하고 예측하여 자선(自船)의 충돌회피계획을 세우게 된다. 인간은 특정상황에서 개개의 위험요소를 결합하여 종합적인 판단을 내릴 수 있는 능력을 가지고 있다. 그러나 현재의 기술로는 인간과 같은 판단을 할 수 있는 장비의 개발은 좀더 미래의 일이라 하겠다. 복잡한 해상상태에서의 충돌회피행위 중 하나는 여러 선박을 비슷한 위험요소끼리 묶어서 동일한 위험도를 가지는 집단이라고 평가한 후 자선의 충돌회피동작을 행하는 것이다. 이것을 본 논문에서는 Grouping을 이용한 충돌위험도평가(ECRDG: Evaluation of Collision Risk Degree by Grouping)이라고 하겠다. 이에 관계되어 다음과 같은 그림을 제시하고 그에 따르는 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, TCPA등의 정보를 수집하기에는 시간적 제약이 따르며 그 각각의 정보를 평가하여 항해에 적용하기에도 수시로 상황이 변하며 선박이 밀집한 해역에서는 위험순위를 판단하기도 어렵거나 평가된 정보의 신뢰성도 의문이 제기된다.

Fig. 9는 Fig. 8의 상황을 AV를 이용하여 충돌위험도를 평가한 후 비슷한 위험도끼리 묶어서 자선(自船)의 충돌회피 동작을 취하는 그림이다. 즉, AV를 이용하여 위험상황을 정량적으로 나타내게 되면 일정범위의 위험도를 하나의 위험도로 평가할 수 있게 된다.

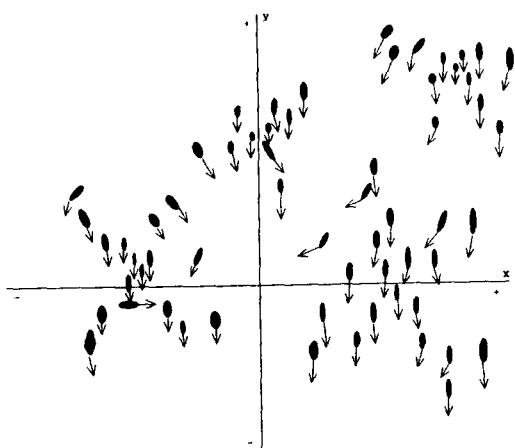


Fig. 8 A Situation Design of Heavy Traffic Sea Area

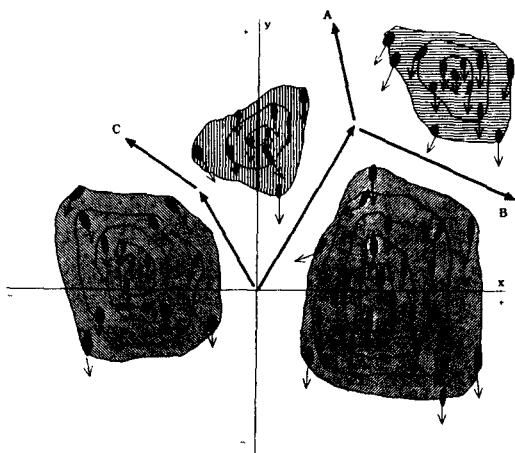


Fig. 9 ERC and Collision Avoidance Course

이렇듯 충돌위험도가 평가되면 ECRDG를 낼 수 있으며 그에 따르는 충돌회피동작도 계획할 수 있다. 따라서 Fig. 9은 산발적으로 분포되어 있

는 위험요소들을 비슷한 위험도끼리 묶은 후 그것을 하나의 위험요소라고 보고 ERC를 구성한 것이다. Fig. 9에서는 ERC를 표현하지 않고 화살표로 대신하였다. 이렇게 함으로써 기존 특정 두 시점의 정보를 이용하던 것과는 달리 초기측정치로부터 현재까지의 정보를 이용하여 신뢰성을 높게 한다. 이것은 그 선박의 전반적인 흐름을 평가하는 것이고 그것을 토대로 앞으로의 미래상황도 예측할 수 있게 되는 것이다. 또한 Grouping이라는 개념은 일정해역에 산발적으로 분포하여 운동하는 어선군이라든지 암초군 등을 하나의 특정 위험도로 평가하여 자선의 항해계획에 반영하게 되기 때문에 보다 신속하고 정확한 충돌회피 계획을 수립할 수 있게 한다. 즉 Fig. 8에서와 같은 상황에서 자선(自船)은 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. 또, ECRDG이 밀집한 해역은 위험요소가 많다는 의미를 가지게 되므로 그런 밀집지역으로의 항해는 피해야 되는 것으로 나타나게 된다. 이렇게 함으로써 과거의 일대일 대응식의 충돌회피방법으로는 어려웠던 교통밀집 해역에서의 다수선박간의 충돌회피동작을 ERC를 이용하면 해결할 수 있게 된다.

## 5. 결 론

해상에서 위험요소들의 동적인 성질을 고려하여 2차원적인 위험도를 평가하기 위해 등위험곡선을 새로이 제안하였으며, 이를 활용한 선박 충돌회피 시스템의 가능성을 고찰하여 보았다. 제안된 시스템의 특징으로는 다음과 같다.

1. 입체적으로 위험요소를 판단함으로 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 위해서는 경험지수의 표준화된 정량화 문제와 다수 상황에 따른 수치 실험의 계속적인 연구가 요구된다.