

避航操船時의 維持船의 避航開始距離에 관한 研究*

金 基 允

釜慶大學校

(1996년 9월 9일 접수)

The Relative Distance in Taking Action for Collision Avoidance Maneuver of the Stand - on Vessel*

Ki - Yun Kim

Pukyong National University

(Received September 9, 1996)

Abstract

The Steering and Sailing Rules of International Regulations for Preventing Collisions at Sea now in use direct the best aid - action to avoid collision by the stand - on vessel. But these rules do not refer to the safety relative distance between two vessels when she should take such action.

In this paper, the author analyzed the ship's collision avoiding actions from the viewpoint of ship motions and worked out mathematical formulas to calculate the relative distances necessary for taking action to avoid collision.

Figuring out the values of maneuvering indices through experiments of 11 actual ships of small, medium, large and mammoth size, the author applied these values to the calculating formulas and calculated the minimum relative distances.

The main results are as follows :

1. It was confirmed that the stand - on vessel should keep the greatest relative distance for taking best aid - action to avoid collision when the cross angle of course was 90° and near it ($70\sim 90^\circ$).
2. When the cross angle of course was 90° , the minimum relative distance of small vessel (GT : 160~650tons) was found to be more than about 6.8 times of her own length, and those of medium (GT : 2,300~3,500tons), large (GT : 22,000~62,000tons) and mammoth (GT : 91,000~139,000tons) vessels were found to be more than about 9.0 times, about 5.4 times and about 6.8 times of their own lengths.
3. It was confirmed that collision danger was greater when crossing angle was obtuse than in an acute angle, therefore greater relative distance was to be kept by the stand - on vessel for taking best aid - action to avoid collision in the case of the obtuse angle.
4. In every vessels, in the case of 90° cross angle of course the safety minimum relative distance was found to be more than about 9.0 times of their own lengths.

* 이 논문은 1994학년도 안식년 연구교수 연구비지원에 의하여 연구되었음.

記號說明

- T : 追從性指數
- K : 旋回性指數
- δ_0 : 一定舵角
- t_1 : 操舵에 要하는 時間
- B : 배의 型幅(B.Md)
- L : 배의 型深(D.Md)
- D : 배의 全長(L.O.A)
- ϕ : 回頭角
- δ_r : 舵角誤差
- $\phi_e, \phi'_e, \phi''_e$: ϕ 의 最大値
- t_e, t'_e, t''_e : ϕ 가 最大로 되는 時刻
- t_0, t'_0, t''_0 : ϕ 가 0이 되는 時刻
- $A_e(A_0), A'_e(A'_0), A''_e(A''_0)$: $t=0$ 부터 시작하여 $t_e(t_0), t'_e(t'_0), t''_e(t''_0)$ 의 各 點까지 舵角曲線과 t軸이 만드는 面積

緒 論

최근에 海上交通의 輻輳, 선박의 專用船化 및 大型化에 의하여 避航操船은 복잡하고 海難事故는 격증하고 있다. 그러므로 船舶衝突海難을 방지하기 위한 操船者에 대한 安全教育의 철저는 물론, 工學的, 法的인 安全對策이 絶실히 要求되고 있다. 이 때문에 最近 20여년동안 船舶衝突海難을 방지하기 위한 避航操船에 관한 연구가 선박의 操縱性과 運動特性을 연구하는 분야에서 활발히 연구되고 있다¹⁻⁷⁾. 또한 最近 IMO에서 는 船舶의 航行安全과 避航操船에 필요한 船舶操縱性의 기준과 操船 Manual의 국제적 기준을 제시하고 있다⁸⁻⁹⁾.

현행 國際海上衝突豫防規則에서는 針路와 速力을 유지할 의무가 있는 被追越船인 維持船, 漁撈에 종사중인 維持船, 橫斷狀態의 維持船 등의 維持船이 避航船과 아주 가까이 접근하여 避航船의 避航動作만으로 충돌을 피할 수 없을 때 는 급박한 위험을 피하기 위한 조치로서 維持船의 충돌을 피하기 위한 최선의 協力動作에 관하여 규정하고 있다¹⁰⁻¹¹⁾. 그러나 이 규칙에서는 두 선박이 어느 정도의 거리로 접근하였을 때 維持船이 協力動作을 취하여야 하는지 安全限界의 避航開始距離에 대해서는 전

혀 언급되지 않고 있다.

따라서, 維持船의 최선의 協力動作을 취할 시점의 기준이 되는 最小避航開始距離를 산출하는 방법을 연구하여야 할 필요성이 絶실히 要求되고 있으나 지금까지 避航開始距離를 선박의 操縱性이나 運動特性에 기초를 두고, 船舶相互間의 衝突防止를 위한 동작에 적용하여 연구한 것은 매우 드물다¹²⁾.

본 연구에서는 避航開始距離를 航法規則을 해석하는데 어떤 기준이 되도록 하며, 실제의 避航操船에 활용하기 위하여, 이것을 船體運動學의 인 관점에서 해석·연구하고, 實船試驗에서 구한 11척의 小型, 中型, 大型 및 超大型 船舶의 操縱性指數를 이용하여 最小避航開始距離를 산출하고 이를 검토·고찰하였다.

理 論

1. 최선의 協力動作을 취할 의무를 갖는 維持船

양 선박이 아주 가까이 접근하였기 때문에 避航船의 동작만으로 충돌을 피할 수 없다고 판단할 때 충돌을 피하기 위한 최선의 協力動作을 취할 의무를 갖는 維持船들은 帆船間 避航關係의 維持帆船, 被追越船(Fig. 1), 橫斷關係의 維持船(Fig. 2) 및 操縱性能의 우열순위에 따라 유지의무가 있는 維持

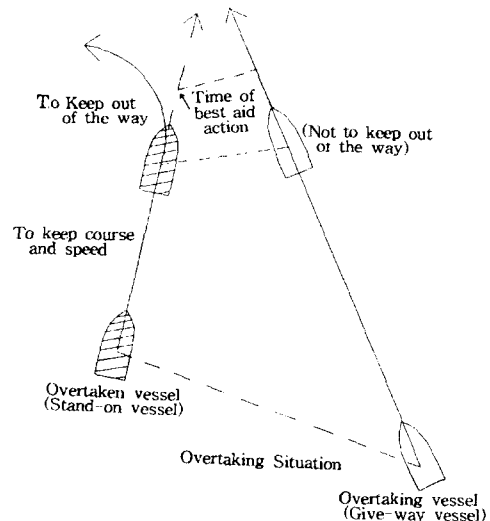


Fig. 1. Best aid action by overtaken vessel.

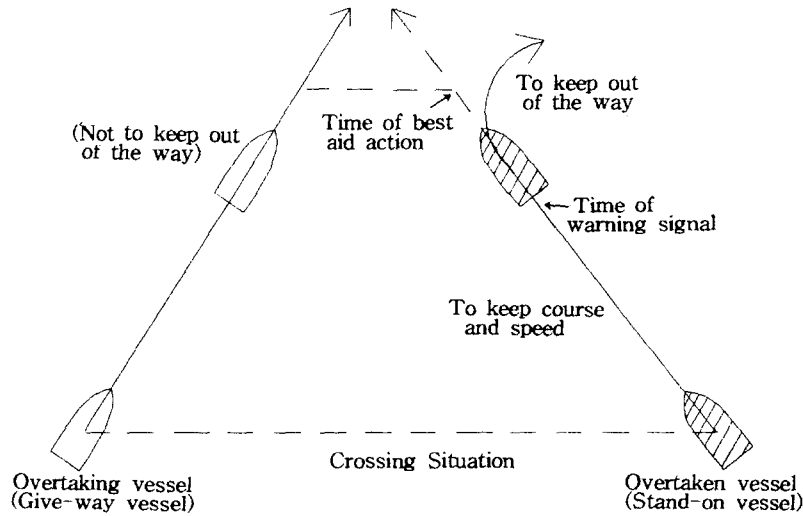


Fig. 2. Best aid action by stand - on vessel.

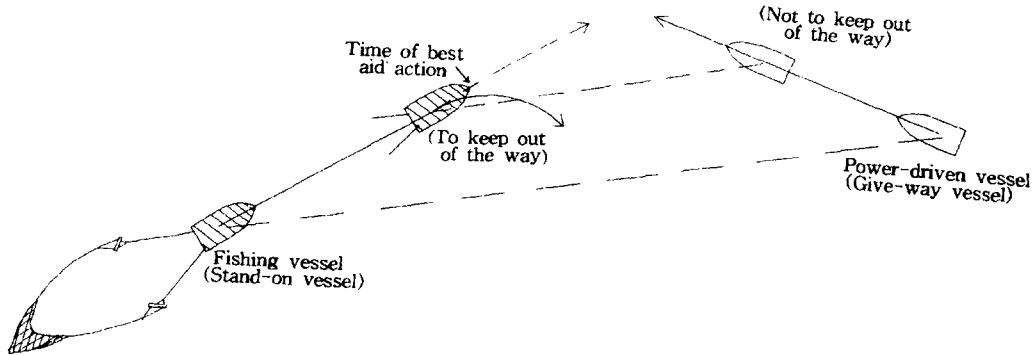


Fig. 3. Best aid action by stand - on vessel fishing.

船(Fig. 3)들이다.

2. 最小避航開始距離 算出式

현행 國際海上衝突豫防規則에서는 이유는 불문하고 避航船의 避航動作만으로 충돌을 피할 수 없게 되었을 때에는 維持船은 維持義務를 포기하고 충돌을 피할 수 있도록 최선의 協力動作을 취하여야 한다고 규정하고 있다. 그러나 避航船과 維持船이 최소 어느 정도로 접근되었을 때 維持船이 충돌을 피하기 위한 최선의 協力動作을 취하여야 하는가에 대해서는 전혀 언급되지 않고 있으며, 다만 양 선박이 "아주 가까이 접근하였기 때문에"¹⁰⁾라고만 언급하고 있으므로 避航開始距離의 결정은

操船者의 판단에 일임하였다고 볼 수밖에 없다.

그러나 선박 특히 大型船舶은 轉舵後 상당한 시간이 경과하여야 轉舵效果가 나타나므로 이러한 避航開始距離는 操船者의 단순한 경험이나 감각적인 판단에 의하여 결정되어서는 안되며, 선박의 操縱特性을 기초로 하여 수리적인 계산에 의하여 결정되어야 한다고 보아진다.

航法規則에 의하면, 상호 접근하는 선박은 避航動作을 취할 때 主機關의 運轉狀態를 바꾸면서 할 수 있지만 일반적으로 긴급한 경우를 제외하고는 主機關은 사용하지 않는다. 따라서 본 논문에서도 主機關의 運轉狀態는 그대로 유지하고, 조타에 의한 變針動作만으로 避航動作이 이루어지며, 동작

을 취하는 구역에는 航海障碍物이나 제3의 선박이 없는 것으로 가정한다.

Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3에서의 維持船과 避航船은 針路交角이 90° 보다 클 때와 적을 때의 두 경우로 나누어진다.

1) 維持船과 避航船의 針路交角 ϕ_c 가 90° 보다 클 때, 즉 外角 ϕ_o 가 90° 보다 적을 때

이 경우 維持船 A선박은 B선박을 만족하게 피하는 방법은 Fig. 4와 같으며, 衝突回避動作을 취할 最小避航開始距離 d의 산출식은 (2)式과 같다.

$$d = \left[\left(T + \frac{t_1}{2} + \frac{\phi_o}{2K \cdot \delta_o} \right) V_1 + \frac{B_A + B_B}{2} \operatorname{cosec} \phi_o \right] \cos \theta_1 + \left(T + \frac{t_1}{2} + \frac{\phi_o}{2K \cdot \delta_o} + \frac{B_A + B_B}{2V_1} \operatorname{cosec} \phi_o \right) V_2 \cos \theta_2 \quad (1)$$

똑같은 성능의 선박이 접근하고 있다고 가정하면

$$d = (2T + t_1 + 2 \frac{\phi_o}{K \cdot \delta_o}) V \cos \frac{\phi_o}{2} \quad (2)$$

2) 維持船과 避航船의 針路交角 ϕ_c 가 90° 보다 적을 때, 즉 外角 ϕ_o 가 90° 보다 클 때

이 경우 양 선박의 遭遇姿勢는 Fig. 5와 같으며, 最小避航開始距離 d의 산출식은 (4)式과 같다.

$$d = \left[\left(T + \frac{t_1}{2} + \frac{\pi - \phi_o}{2K \cdot \delta_o} \right) V_1 + \frac{B_A + B_B}{2} \operatorname{cosec}(\pi - \phi_o) \right] \cos \theta_1 + \left[\left(T + \frac{t_1}{2} + \frac{\pi - \phi_o}{2K \cdot \delta_o} + \frac{B_A + B_B}{2V_1} \operatorname{cosec}(\pi - \phi_o) \right) V_2 \cos \theta_2 \right] \quad (3)$$

똑같은 성능의 선박이 접근하고 있다고 가정하면

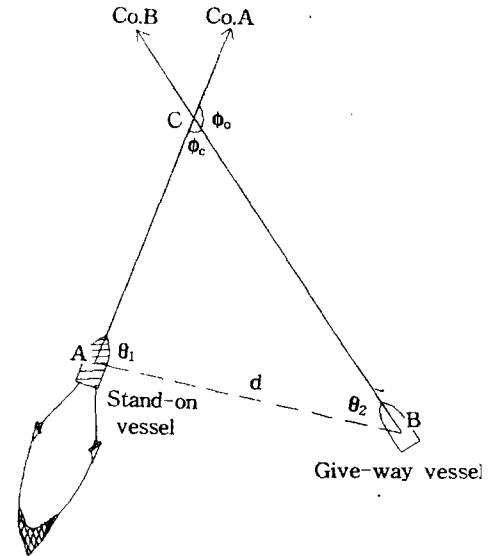


Fig. 5. Crossing situation of stand-on vessel and give-way vessel when the angle ϕ_o is greater than 90°.

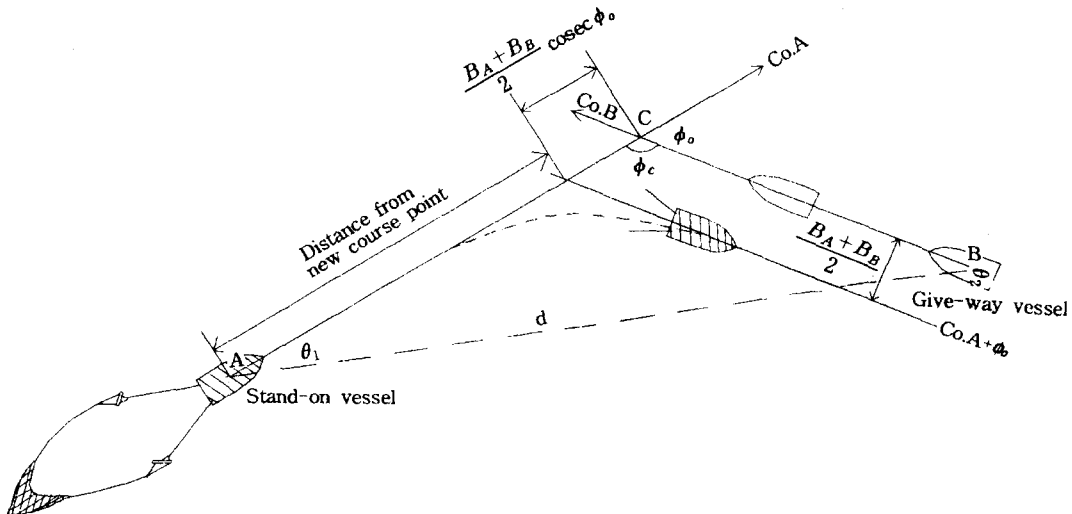


Fig. 4. Best aid action by stand-on vessel when the angle ϕ_o is smaller than 90°.

$$d = (2T + t_1 + 2 \frac{\pi - \phi_0}{K \cdot \delta_0}) V \cos \frac{\phi_0}{2} \quad (4)$$

資料 및 方法

1. 試驗船의 要目 및 試驗條件

實船試驗에 이용한 소형, 중형, 대형 및 초대형 선박 11척의 試驗船의 要目 및 試驗條件은 Table 1 및 Table 2와 같다.

2. 試驗方法 및 操縱性指數 計算方法

시험선을 전속전진시키면서 타를 좌우로 잡아, 소정의 타각에 이르도록 조타명령을 내리면서 5초 간격의 각 시점의 船首方位를 기록하고, 또한 타각과 船首方位가 같아질 때의 시간 및 주요시점의 시간, 船首方位, 타각을 기록하여 타각 30°의 Z試驗을 행하였다.

試驗資料에 의하여 操縱性指數를 계산하는 방

법은 다음 수식에 의한 방법¹³⁻¹⁴⁾으로 계산하였다.

$$\left. \begin{aligned} \phi_e &= K\delta_e t_e + KA_e \\ \phi'_e &= K\delta'_e t'_e + KA'_e \\ \phi''_e &= K\delta''_e t''_e + KA''_e \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} T\phi(t_0) &= T \tan \alpha_0 = K\delta_0 t_0 + KA_0 \\ T\phi(t'_0) &= T \tan \alpha'_0 = K\delta'_0 t'_0 + KA'_0 \\ T\phi(t''_0) &= T \tan \alpha''_0 = K\delta''_0 t''_0 + KA''_0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

結果 및 考察

1. Z試驗結果

시험선 "SAEBADA"의 30° Z試驗 결과를 그림으로 나타내면 Fig. 6과 같다. 다른 시험선들의 30° Z시험 결과의 그림은 地面關係로 게재를 생략하였다.

Table 1. Particulars of experimental ships

| m.s | L | B | D | G/T | M.E | speed | rpm |
|---------|---------|--------|--------|---------------|-----------|---------|-----|
| SAEBADA | 81.63m | 13.60m | 9.20m | 2,275.70ton | 3,600ps | 12.00Kt | 235 |
| HANBADA | 98.00m | 14.50m | 9.50m | 3,492.00ton | 3,800ps | 16.60Kt | 230 |
| A | 37.00m | 8.00m | 3.70m | 435.00ton | 1,200ps | 10.00Kt | 640 |
| B | 43.15m | 7.00m | 3.25m | 244.00ton | 1,000ps | 11.80Kt | 665 |
| C | 34.00m | 6.60m | 2.80m | 160.38ton | 750ps | 12.00Kt | 660 |
| D | 58.10m | 11.00m | 4.80m | 653.00ton | 1,800BHP | 14.65Kt | 240 |
| E | 280.00m | 47.00m | 35.00m | 91,098.00ton | 27,000SHP | 14.50Kt | 85 |
| F | 150.00m | 20.50m | 12.90m | 22,000.00ton | 21,000SHP | 15.50Kt | 75 |
| G | 250.00m | 40.00m | 22.00m | 62,189.00ton | 24,000SHP | 16.00Kt | 80 |
| H | 295.00m | 47.40m | 24.80m | 101,235.00ton | 28,000SHP | 16.00Kt | 90 |
| L | 344.40m | 51.80m | 26.50m | 138,764.00ton | 36,000SHP | 16.00Kt | 85 |

Table 2. Trial condition of experimental ships

| m.s | F.d | A.d | Disp. | VSBY | Wind Direction | Wind Force | Sea State |
|---------|--------|--------|------------|------|----------------|------------|-----------|
| SAEBADA | 3.20m | 5.60m | 1,933ton | Fair | 200° | 2 | 2 |
| HANBADA | 3.05m | 5.60m | 3,450ton | Fair | 250° | 3 | 3 |
| A | 1.63m | 3.85m | 476ton | Fair | 030° | 1 | 2 |
| B | 1.69m | 3.81m | 480ton | Fair | 135° | 2 | 2 |
| C | 1.20m | 2.80m | 320ton | Fair | 045° | 1 | 1 |
| D | 2.80m | 3.60m | 1,027ton | Fair | 330° | 2 | 2 |
| E | 18.62m | 17.10m | 174,639ton | Fair | 220° | 2 | 2 |
| F | 7.10m | 7.90m | 41,000ton | Fair | 260° | 2 | 2 |
| G | 7.25m | 8.33m | 115,281ton | Fair | 265° | 2 | 2 |
| H | 16.80m | 17.64m | 191,264ton | Fair | 045° | 3 | 3 |
| L | 8.30m | 11.30m | 139,129ton | Fair | 023° | 4 | 4 |

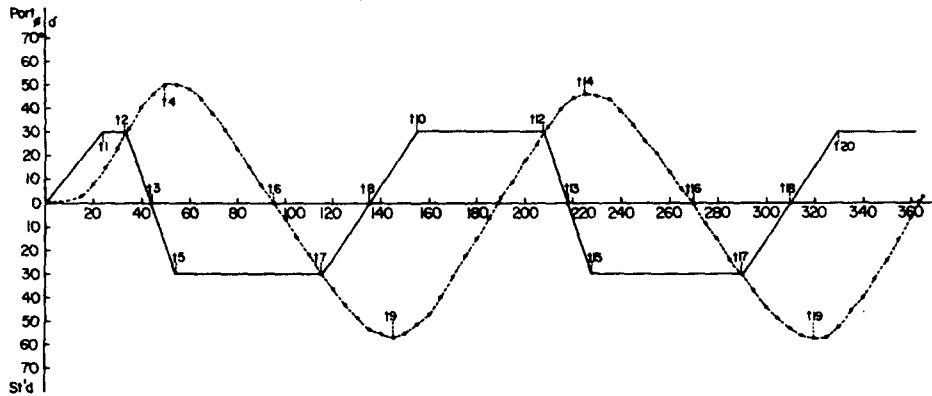


Fig. 6. 30° Z test curves of experimental ship, m.s. "SAEBADA".

2. 操縱性指數 K 및 T

시험선 11척의 30° Z 試驗에서의 操縱性指數 K 및 T의 계산결과는 Table 3과 같으며, 이것을 저자 나름대로 소형, 중형, 대형, 초대형 선박으로 구분하여 평균한 操縱性指數는 Table 4와 같다.

3. 最小避航開始距離

대양에서 避航動作을 취하는 데는 30° 타각을

자주 사용하므로 소형, 중형, 대형 및 초대형 試驗船들의 Z 試驗에서 구한 操縱性指數를 이용하여 (2)式 및 (4)式에 의해 最小避航開始距離를 계산하면 다음과 같다.

1) 160~650ton급 소형선의 最小避航開始距離

(1) $6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$ 의 경우(Table 5)

(2) $90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$ 의 경우(Table 6)

Table 3. Calculated maneuvering indices K and T in 30° Z tests of experimental ships

| | SAEBADA | HANBADA | A | B | C | D | E | F | G | H | L |
|---|---------|---------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| K | 0.055 | 0.042 | 0.09 | 0.152 | 0.145 | 0.093 | 0.02 | 0.08 | 0.02 | 0.018 | 0.027 |
| T | 7.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 3.9 | 25.0 | 25.1 | 27.0 | 43.0 | 53.0 |

Table 4. Mean values of maneuvering indices K and T according to the tons of experimental ships

| | 160~650ton(small) | 2,300~3,500ton(medium) | 22,000~62,000ton(large) | 91,000~139,000ton(mammoth) |
|---|-------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| K | 0.12 | 0.049 | 0.05 | 0.022 |
| T | 4.6 | 6.5 | 26.1 | 40.3 |

Table 5. Minimum relative distance of experimental ships of small size($6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$)

| (°) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| d(m) | 135.1 | 167.4 | 198.0 | 224.8 | 248.4 | 267.1 | 281.1 | 289.1 | 291.6 |
| d/L | 31 | 3.9 | 4.6 | 5.2 | 5.8 | 6.2 | 6.5 | 6.7 | 6.8 |

d : minimum relative distance

Table 6. Minimum relative distance of experimental ships of small size($90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$)

| (°) | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|
| d(m) | 242.9 | 195.6 | 154.3 | 115.6 | 81.86 | 52.9 | 29.5 | 11.8 | 평항 |
| d/L | 5.6 | 4.6 | 3.6 | 2.6 | 1.9 | 1.2 | 0.68 | 0.27 | |

2) 2,300~3,500ton급 중형선의 最小避航開始距離

(1) $6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$ 의 경우(Table 7)

(2) $90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$ 의 경우(Table 8)

3) 22,000~62,000ton급 대형선의 最小避航開始距離

(1) $6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$ 의 경우(Table 9)

(2) $90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$ 의 경우(Table 10)

4) 91,000~139,000ton급 초대형선의 最小避航開始距離

(1) $6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$ 의 경우(Table 11)

(2) $90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$ 의 경우(Table 12)

Table 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12를 그림으로 나타내면 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 소형, 중형, 대형 및 초대형 試驗船들의 最小避航開始距離는 어느 선박에서나, 양 선박에 조우하는 針路交角이 90° 에서 최대의 거리가 되는 것을 알 수 있다. 또한 90° 와 90° 부근의 각도($70^\circ \sim 90^\circ$)에서 最小避航開始距離는 크며, 충돌의 위험이 가장 높다. 針路交角이 90° 인 경우에 160~650톤급 소형선에서는 그 선박길이의 약 6.5배 이상, 2,300~3,500톤급 중형선에서는 약 9.0배 이상, 22,000~62,000톤급 대형선에서는 약 5.4배

Table 7. Minimum relative distance of experimental ships of medium size($6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$)

| ($^\circ$) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| d(m) | 336 | 431 | 520 | 600 | 670 | 728 | 771 | 798 | 808 |
| d/L | 3.7 | 4.8 | 5.8 | 6.7 | 7.4 | 8.1 | 8.6 | 8.9 | 9.0 |

Table 8. Minimum relative distance of experimental ships of medium size($90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$)

| ($^\circ$) | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| d(m) | 670 | 539 | 420 | 312 | 219 | 139 | 76 | 29 | 병항 |
| d/L | 7.4 | 6.0 | 4.7 | 3.5 | 2.4 | 1.5 | 0.8 | 0.3 | |

Table 9. Minimum relative distance of experimental ships of large size($6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$)

| ($^\circ$) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| d(m) | 657.8 | 756.1 | 846.6 | 924.9 | 989.7 | 1039.6 | 1071.6 | 1085.0 | 1077.8 |
| d/L | 3.3 | 3.8 | 4.2 | 4.6 | 4.9 | 5.2 | 5.4 | 5.4 | 5.4 |

Table 10. Minimum relative distance of experimental ships of large size($90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$)

| ($^\circ$) | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| d(m) | 910.4 | 750.0 | 600.0 | 461.0 | 336.7 | 226.1 | 133.4 | 57.5 | 병항 |
| d/L | 4.6 | 3.8 | 3.0 | 2.3 | 1.7 | 1.1 | 0.7 | 0.3 | |

Table 11. Minimum relative distance of experimental ships of mammoth size($6^\circ \leq \phi_0 \leq 90^\circ$)

| ($^\circ$) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| d(m) | 999.4 | 1225.0 | 1435.9 | 1623.6 | 1784.4 | 1914.7 | 2008.6 | 2063.6 | 2075.4 |
| d/L | 3.3 | 4.0 | 4.7 | 5.3 | 5.8 | 6.3 | 6.6 | 6.7 | 6.8 |

Table 12. Minimum relative distance of experimental ships of mammoth size($90^\circ \leq \phi_0 \leq 180^\circ$)

| ($^\circ$) | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| d(m) | 1732.2 | 1405.6 | 1105.4 | 831.4 | 591.0 | 383.7 | 216.1 | 87.4 | 병항 |
| d/L | 5.7 | 4.6 | 3.6 | 2.7 | 1.9 | 1.3 | 0.7 | 0.3 | |

要 約

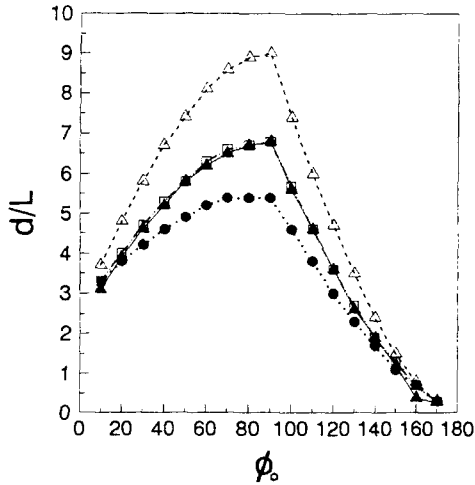


Fig. 7. Relation between crossing course angle ϕ , and minimum relative distance ratio d/L of experimental ships.

- ▲ : experimental ships of small size (160~650ton)
- △ : experimental ships of medium size (2,300~3,500ton)
- : experimental ships of large size (22,000~62,000ton)
- : experimental ships of mammoth size (91,000~139,000ton)

이상, 91,000~139,000톤급 초대형선에서는 약 6.8배 이상의 거리에서 維持船은 避航動作을 취하여야 한다. 가장 큰 最小避航開始距離는 중형선의 경우로 약 9.0배이며, 소, 대, 초대형선의 경우는 5.4, 6.8배이다. 선박의 크기가 대형, 초대형이 되어도 소형, 중형에 비하여 最小避航開始距離(自船 길이의 比)는 반드시 커지지 않음을 알 수 있다. 따라서 소형선, 중형선, 대형선 및 초대형선을 막론하고, 어떠한 선박이든 針路交角이 90°인 경우에 안전한 最小避航開始距離는 그 선박길이의 9배 이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 7에서 각 試驗船들의 ϕ 에 대한 d/L 의 곡선을 검토하여 보면, ϕ 90°를 중심으로 非對稱曲線을 이루고 있다. 즉, 어느 선박의 경우나 ϕ 가 적을 때는 ϕ 가 클 때보다 d/L 가 훨씬 크다. 그러므로 양 침로의 교각(內角)이 크게 둔각(鈍角)인 경우에는 적은 예각(銳角)인 경우보다 충돌의 위험이 더 크므로, 더 큰 거리를 두고 避航動作에 들어가야 한다.

현행 國際海上衝突豫防規則에서는 침로와 속력을 유지할 의무가 있는 被追越船인 維持船, 漁撈에 종사중인 維持船, 橫斷狀態의 維持船 등의 維持船이 避航船과 아주 가까이 접근하여 避航船의 避航動作만으로 충돌을 피할 수 없을 때는 급박한 위험을 피하기 위한 조치로서 維持船의 충돌을 피하기 위한 최선의 協力動作에 관하여 규정하고 있으나, 이 규칙에서는 두 선박이 어느 정도의 거리로 접근하였을 때 維持船이 協力動作을 취하여야 하는지 安全限界의 避航開始距離에 대해서는 전혀 언급되지 않고 있다. 그러므로, 본 논문에서는 維持船의 최선의 協力動作을 취할 시점의 기준이 되는 最小避航開始距離를 船體運動學의 관점에서 해석·연구하고, 實船試驗에서 구한 11척의 소형, 중형, 대형 및 초대형 선박의 操縱性指數를 이용하여 最小避航開始距離를 산출하고, 이를 검토·고찰하였다.

이 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 소형선, 중형선, 대형선 및 초대형선을 막론하고 어느 선박에서나 維持船이 취하여야 할 最小避航開始距離가 가장 큰 경우는 양 선박이 조우하는 針路交角이 90°이며, 90°와 90° 부근의 각도(70~90°)에서 충돌의 위험이 가장 높다.
2. 針路交角이 90°인 경우에 維持船이 취하여야 할 最小避航開始距離는 소형선(160~650톤급 선박)에서는 그 선박 길이의 약 6.8배 이상, 중형선(2,300~3,500톤급 선박)에서는 약 9.0배 이상, 대형선(22,000~62,000톤급 선박)에서는 약 5.4배 이상, 초대형선(91,000~139,000톤급 선박)에서는 약 6.8배 이상이 되어야 한다.
3. 소형선, 중형선, 대형선 및 초대형선을 막론하고 어느 선박에서나 針路交角이 90° 부근의 각도(70~90°)에서 維持船이 취하여야 할 安全避航開始距離는 그 선박 길이의 9배 이상이 되어야 한다.
4. 소형선, 중형선, 대형선 및 초대형선을 막론하고, 어느 선박에서나 針路交角이 크게 鈍角인 경우에는 적은 銳角인 경우보다 충돌의 위험이 더 크므로 더 큰 거리를 두고 避航動作에 들어가야 한다.
5. 維持船과 避航船間에 維持船이 급박한 위험

을 피하기 위하여 침로만으로 최선의 協力動作을 취하는 경우 본 논문에서 계산한 각 針路交角에 대한 最小避航開始距離와 安全避航開始距離를 미리 염두에 두고 避航操船을 하게 되면, 감각에 의한 조선방법으로 야기되는 衝突海難事故를 防禦할 수 있으리라 사료된다.

參考文獻

- 1) 原潔(1977) : 避航操船의 信賴性工學的考察. 關西造船協會誌 167, 12 - 19.
- 2) 日本海難防止協會(1980) : 衝突海難防止에 關する 調査研究報告書.
- 3) 今津準馬(1977) : 衝突危險의 判定と 避航處置. 避航操船シンポジウム.
- 4) 原潔(1977) : 避航能力と 避航限界. 避航操船シンポジウム.
- 5) 今津·小山(1984, 1985) : 避航判定基準의 最適化에 關する 研究 - I, II, III. 日本航海學會論文集 71, 72, 73, 123 - 130, 23 - 30, 19 - 26.
- 6) 長司(1980) : 避航의 判斷と 操船者의 特性 - III. 日本航海學會論文集 63, 19 - 28.
- 7) 原潔·野本謙作·小順田敏(1981) : 操船シミュレータによる 避航操船의 研究 - I. 日本航海學會論文集 64, 79 - 86.
- 8) 貴島勝郎(1985) : 操縱性基準と Maneuvering Booklet에 關する 國際動向. 日本造船學會運動性能研究委員會 第2回シンポジウム.
- 9) 日本造船研究協會 PP742 分科會(1988) : 船舶의 操縱性能에 關する IMO의 動向. 日本造船研究協會研究資料, 164R, 2 - 3.
- 10) 尹点東(1988) : 國際海上衝突豫防規則 및 關係된 國內法規解説. 亞成出版社, 釜山, 162 - 172.
- 11) 高塚裕(1971) : 海上衝突豫防法의 實務的解説. 成山堂, 東京, 41 - 42.
- 12) 金基允(1983) : 船舶衝突回避를 위한 避航開始距離에 關한 研究. 韓國漁業技術學會誌 19(2), 99 - 105.
- 13) 岩井聰(1970) : 操船論. 海文堂, 東京, 45 - 47.
- 14) 金基允(1979) : "새바다" 號의 操縱性能에 關한 研究. 韓水誌 12(4), 209 - 215.
- 15) 藤井齊·野本謙作(1970) : 操縱性試驗法. 日本造船學會操縱性シンポジウム, 2 - 3.
- 16) 佐藤修臣(1981) : 船舶衝突의 實能. 日本航海學會論文集 65, 163 - 169.
- 17) 小瀬·兒島·高橋(1991) : 避航エキスパートシステムと 航路航行シミュレーション에 關する 研究. 日本航海學會論文集 84, 165 - 172.
- 18) 原潔(1991) : 輻輳海域에 於ける 避航操船基準의 有效性. 日本航海學會論文集 85, 33 - 40.
- 19) 福戶·沼野·金湖·田中·奥住·今津(1992) : 操船シミュレータ實驗에 於ける 避航開始位置의 觀測. 日本航海學會論文集 86, 49 - 55.
- 20) 日本海難防止協會(1976) : 超大型船操船의 手引き. 成山堂, 東京, 25 - 35.
- 21) 日本海難防止協會(1980) : 海難防止指針. 成山堂, 東京, 20 - 45.
- 22) Philip Mandel(1976) : Principles of Naval Architecture, SNAME, New York, 470.
- 23) A. Hammer, K. Hara(1990) : Knowledge Aquisition of Collision Avoidance Maneuver by Ship-handling Simulator, Proc. of MARSIM & ICSM'90.
- 24) T. Koyama, Y. Jin(1987) : An Expert System Approach to Collision Avoidance Proceedings of 7th Ship Control System Symposium.
- 25) Calvert, E(1973) : Comparison of two system for Avoiding Collision, J. of Inst. Nav., Vol.
- 26) 日本船主協會(1975) : 1970年國際海上衝突豫防規則, 船舶通報別冊, 37, 東京, 53 - 57.