

# 忠武港의 航路內에서 操船上의 餘裕와 負擔

姜 日 權 · 金 基 允

釜 山 水 產 大 學  
(1987년 4월 30일 접수)

## The Margin and Burden of Route Keeping Maneuver of Vessels Proceeding along the Fairway in the Harbour of CHUNG MU

Il-Kweon KANG and Ki-yun KIM

National Fisheries University of Pusan  
(Received 30, April 1987)

Many studies are conducted to evaluate the risk of maneuvering ships in the congested harbours and narrow channels. These studies are very important for the prevention of sea traffic accidents in those sea areas.

In this paper, the author carried out a series of observations on sea traffic condition of the vessels entering and leaving the harbour of CHUNG MU, in order to evaluate the risk of grounding, the margin and burden of route keeping maneuver of vessels proceeding along the fairway of this harbour.

The results obtained are as follows:

1. The grounding risk indices for the east bound and west bound vessels at the middle part and western part of the fairway were higher than those of them at the eastern part.
2. The margin of route keeping maneuver in the fairway appeared to be the highest at the western part of the fairway for the east bound vessels, and the highest at the middle part for the west bound vessels, but the lowest at the western entrance for both of them.
3. The burden of route keeping maneuver in the fairway appeared to be the highest at the western part of the fairway for both of the east bound and west bound vessels, but the lowest at the eastern part for both of them.
4. The influence of maneuvering indices  $T'$  on the grounding risk indices appeared to be larger than that of maneuvering indices  $K'$  on them.

### 緒 論

忠武港은 韓國南海岸에 위치하고 開麗海上國立公園에 포함되어 있는 港口로서 巨濟島를 비롯한 隣近島嶼地方과 釜山·麗水·三浦 등 주요 港口를 연결하는 海上交通의 要衝地이다. 따라서 一般貨物船, 旅客船, 遊覽船, 小型漁船 등의 海上交通量이 폭주하고 복잡하여 海上交通事故의 危險性이 높다.

船舶交通量이 많은 港口나 狹水路에서 海上交通事

故를 방지하기 위한 研究로서는 航行船舶의 通過隻數分布圖, 密度分布圖에 관한 隅川<sup>1)</sup>, 神島<sup>2)</sup>, 柴田<sup>3)</sup> 등의 研究와 衝突確率이나 坐礁確率 등으로 航行上의 危險性을 평가한 原潔<sup>4)</sup>, 井上<sup>5)</sup> 등의 研究가 있다. 그러나 우리나라의 港口나 狹水路 등에서 이러한 研究는 이루어지지 않고 있다.

本 研究는 船舶交通이 복잡한 港口에서 海上交通事故를 방지하기 위한 基礎的 研究로서 忠武港의 航路에 出入하는 船舶의 航跡, 隻數, 密度, 速力 및

坐礁危險指數 등의 資料를 分析 · 檢討하여 航路內에서 航行中의 危險性和 操船上的 餘裕와 負擔에 關하여 研究하였다.

## 理 論

### 1. 航路內에서의 航行中의 危險性

航路內에서의 操船은 航路를 따라 航行하는 保針 · 變針操船과 他船과의 衝突을 避하기 위한 避航操船으로 나눌 수 있다. 保針 · 變針操船은 一般적으로 다음 操船作業의 豫測이 可能하나 避航操船은 豫測하기 어려운 急迫한 狀況에서 이루어지는 경우가 많으므로 여기서는 保針 · 變針操船上의 航行中의 危險性에 關하여서만 檢討하였다.

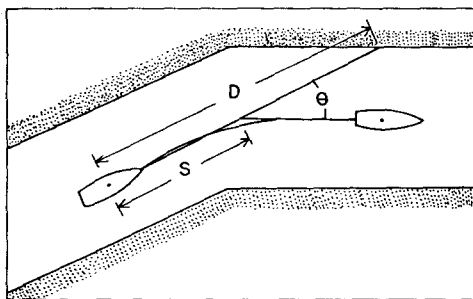


Fig. 1. Track of a vessel underway in a fairway.

Fig.1과 같이 船舶이 航路內에서 임의의 針路로 航行할 때, 그 航行中의 危險性은 (1)식과 같이 坐礁危險指數로서 나타낼 수 있다.<sup>4,5)</sup>

$$R = S/D \quad (1)$$

여기서,

R : 坐礁危險指數

D : 轉舵點에서 航路 끝까지 直航할 때의 航走距離

S : 危險狀態를 避하기 위한 針路로 變針할 때 까지의 航走距離

危險狀態를 避하기 위한 針路로 變針할 때 까지의 航走距離 S는 Fig.2에서 나타낸 新針路距離와 큰 差異가 없으므로 (2)식<sup>6,7)</sup>으로 나타낼 수 있다.

$$S = \overline{AO} = V(T + \frac{t_1}{2} + 1/K \cdot \delta \tan \frac{\theta}{2}) \quad (2)$$

여기서

S : 新針路距離

V : 船速

K, T : 操縱性指數

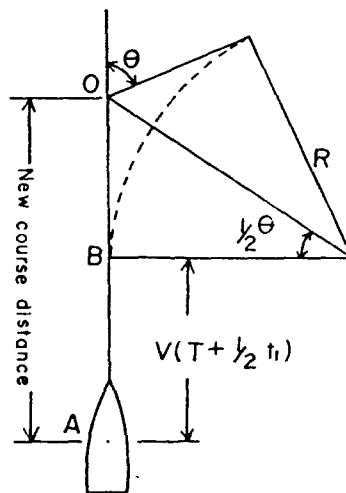


Fig. 2. New course distance.

δ : 舵角

θ : 變針角

t<sub>1</sub> : 轉舵時間

(1)식과 (2)식에 의해서 구한 坐礁危險指數 R은 觀測된 많은 船舶의 航跡에서 구하게 되므로 R의 確率을 比較하여 航行中의 危險性을 判定할 수 있다.

### 2. 航路內에서의 操船上的 餘裕와 負擔

航路內에서 실제로 航行狀態가 다양한 航行의 경우는 操船上的 餘裕가 많고, 또 航路內에서 단 하나의 航行狀態 밖에 허용되지 않는 경우는 반대로 餘裕가 적다. 그러므로 操船上的 餘裕와 負擔은 航行狀態의 多樣性에 따라 결정된다. 航行狀態의 多樣性을 표현하는 指數로서 entropy<sup>8,9)</sup>를 이용하고 있다.<sup>4,5)</sup>

일정한 觀測線에서의 航行狀態의 數를 N이라 하면 離散系의 entropy H'는 (3)식, 連續系의 entropy H는 (4)식으로 나타낼 수 있다.

$$H' = \log_2 N \quad (3)$$

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i(R) \Delta R \cdot \log_2 P_i(R) \Delta R \quad (4)$$

(4)식에서,

H : 航行狀態의 多樣性을 나타내는 連續系의 entropy

P<sub>i</sub>(R) : 坐礁危險指數가 i區分에 있을 確率

ΔR : 坐礁危險指數의 區分幅

n : 坐礁危險指數의 區分數

忠武港의 航路内에서 操船上的 餘裕와 負擔

操船上的 餘裕와 負擔은 (5)식과 (6)식으로 나타낼 수 있으며 이것을 그림으로 나타내면 Fig.3과 같다.

$$h = H_a - H_o \quad (5)$$

여기서,

$h$ : 操船上的 餘裕

$H_a$ : 실제航行時의 多樣性

$H_o$ : 단 하나의 航行狀態

$$\Delta h = H_{max} - H_a \quad (6)$$

여기서,

$\Delta h$ : 操船上的 負擔

$H_{max}$ : Random航行時의 多樣性

$H_a$ : 실제航行時의 多樣性

方 法

1. 通航船舶의 觀測方法 및 資料

忠武港의 航路는 水深과 通航路를 고려하여 Fig.4와 같이 정하고 觀測線을 任意로 區分하여 1986년 4월 4일부터 4월 7일까지 3일간 Radar觀測과 目測을 行하였다.

Radar 觀測은 觀測船을 Fig.4의 SR의 點에 碇泊시키고 行하였으며, 觀測線을 통과하는 船舶의 隻數, 速力, 航跡은 Radar Scope 影像을 1분 간격으로 連續攝影한 1,440枚의 記錄寫眞에 의하여 구하였다.

그리고 船種, 推定噸數는 目測에 의해 식별하였다.

Fig.5는 1,440枚의 記錄寫眞中의 하나의 보기이다.

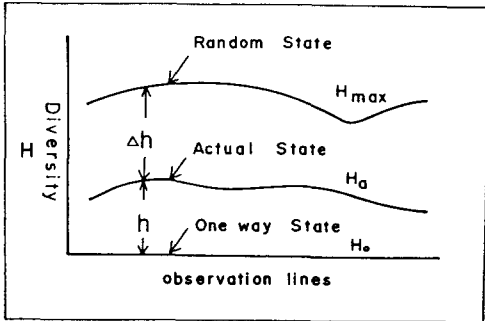


Fig. 3. Diversity of maneuvering state.

$h$ : Margin of route keeping maneuver

$\Delta h$ : Burden of route keeping maneuver

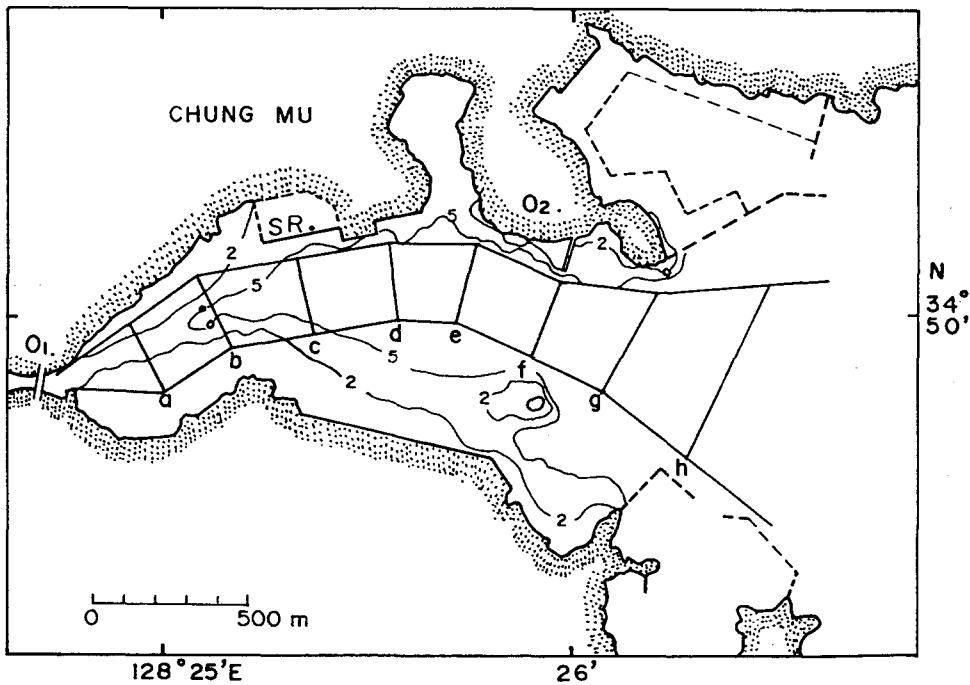


Fig. 4. The area where observation was conducted.

a, b...i, j: observation lines

SR: Radar observation position

O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>: eye observation position

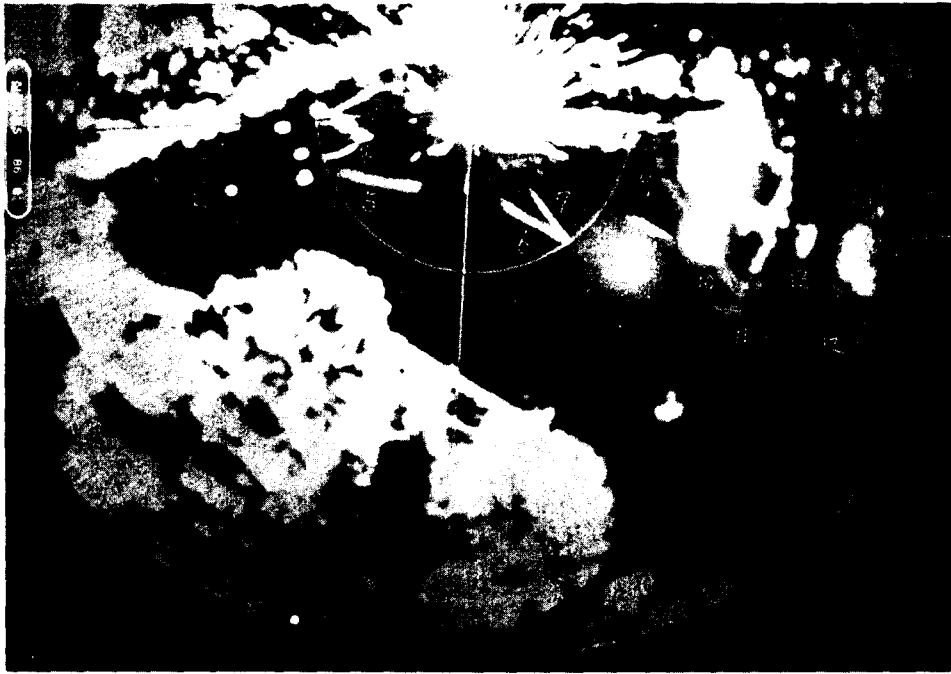


Fig. 5. An example of Radar Screen in the harbour of CHUNG MU.

Table 1 은 觀測期間中에 觀測線을 通航한 船舶의 隻數를 나타낸 것이다.

Table 1. Number of vessels passed by observation lines

observation lines	Number of vessels		
	East bound	West bound	TOTAL
a	151	124	275
b	117	145	262
c	163	122	285
d	118	136	354
e	121	148	269
f	153	166	319
g	167	175	342
h	188	193	381
TOTAL	1,178	1,209	2,387

## 2. 數值計算方法

(1)식에서의  $D$  값은 Radar Scope 影像의 記錄寫眞上의 船舶航跡에서 구하고, (2)식의 操縱性指數  $K, T$  값은 (7)식으로 계산하였다.<sup>4,5)</sup>

$$K = K' \times \frac{V}{L}, \quad T = T' \times \frac{L}{V} \quad (7)$$

여기서,

$K', T'$  는 全對象船에 대하여 동일하다고 보고  $T' =$

$K' = 1.0$ , 舵角  $\delta$  는  $15^\circ$  로 하여 계산하였다. 船의 길이  $L$  은 다음의 (8)식<sup>3,5)</sup>으로 구하고, 速力  $V$  는 Radar Scope 影像의 記錄寫眞에서 구하였다.

$$\log_{10} L = \frac{1}{2.81} [\log_{10} (G.T) + 1.81] \quad (8)$$

Table 2 는 각 觀測線上에서 通航船舶의 噸수의 構成比이다.

Table 2. Tonnage component ratio of vessels passed by observation lines

噸수/ 通航방 향/ 觀측선	Tonnage Component Ratio								TOTAL
	5 미만	5-10	10-30	30-60	60-100	100-200	200-500	500 이상	
a 동서	35	48	40	11	3	11	2	1	151
b 동서	34	48	25	9	3	3	1	1	124
b 동서	28	36	32	9	2	8	1	1	117
c 동서	41	55	29	10	2	6	1	1	145
c 동서	37	62	34	15	5	8	1	1	163
d 동서	33	44	26	9	3	5	1	1	122
d 동서	28	37	33	13	2	4	1	0	118
e 동서	38	53	27	9	4	3	1	1	136
e 동서	33	47	24	8	4	3	1	1	121
f 동서	25	47	44	16	9	4	2	1	148
f 동서	24	49	46	17	9	5	2	1	153
g 동서	28	58	42	20	10	4	3	1	166
g 동서	26	53	49	19	10	6	3	1	167
h 동서	30	61	44	21	11	5	2	1	175
h 동서	30	60	55	21	11	7	3	1	188
TOTAL	503	823	597	232	101	88	28	15	2,387

忠武港의 航路内에서 操船上的 餘裕와 負擔

Random 航行時의 各 觀測線上에서의 坐礁危險指數  $R$  은 다음과 같이 구하였다.

任意로 選정한 100隻의 船舶에 船速과 噸수를 부여하고 1에서 100까지 일련번호를 붙인 母集團을 만든 후, 난수표<sup>10,12)</sup>를 이용하여 標本船을 抽出하였다. 觀測線을 7등분한 各 지점에서 標本船을 0°부터 360°까지 5°간격으로 針路를 바꿔 各 針路上의 坐礁危險指數  $R$  을 구하고 그의 確率을 계산하여 最大 entropy  $H_{max}$  을 구하였다.

結果 및 考察

Fig.4에서의 觀測線 a에서 c까지를 航路의 西部,

c에서 f까지를 中央部, f에서 h까지를 東部로 區分하고, 또 港口의 東쪽으로 航行하는 船舶을 東航船舶, 西쪽으로 航行하는 船舶을 西航船舶으로 하여 계산결과를 考察하였다.

1. 航路内에서의 航行中の 危險性

Fig.6,7은 航路内를 航行할 때 各 觀測線上에서의 坐礁危險指數 ( $R$ )과 그 確率( $P$ )의 分布를 나타낸 것이다.

觀測線 b와 d에서 東航할 때와 觀測線 c에서 西航할 때는 다른 觀測線에서 보다 坐礁危險指數의 確率이 높아 비교적 航行中の 危險性이 높은 것으로 판단되었다.

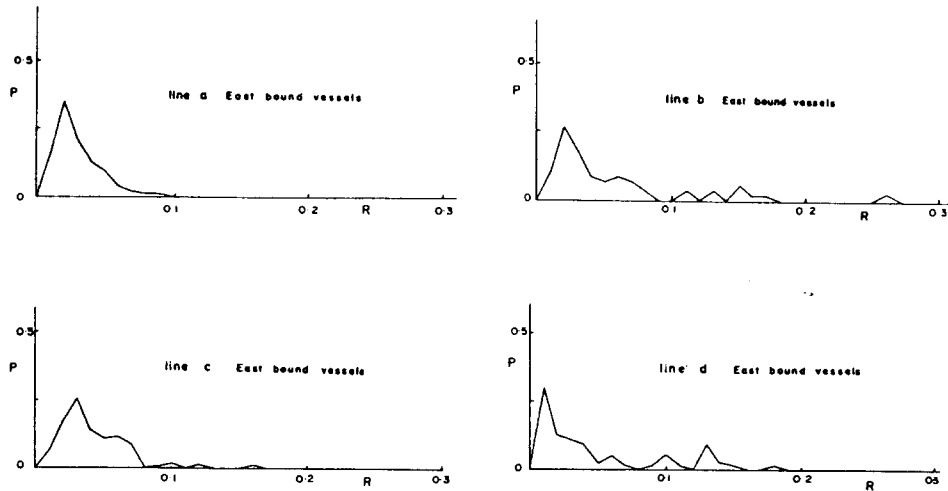


Fig. 6. Probability distribution of the grounding risk indices. (East bound vessels)

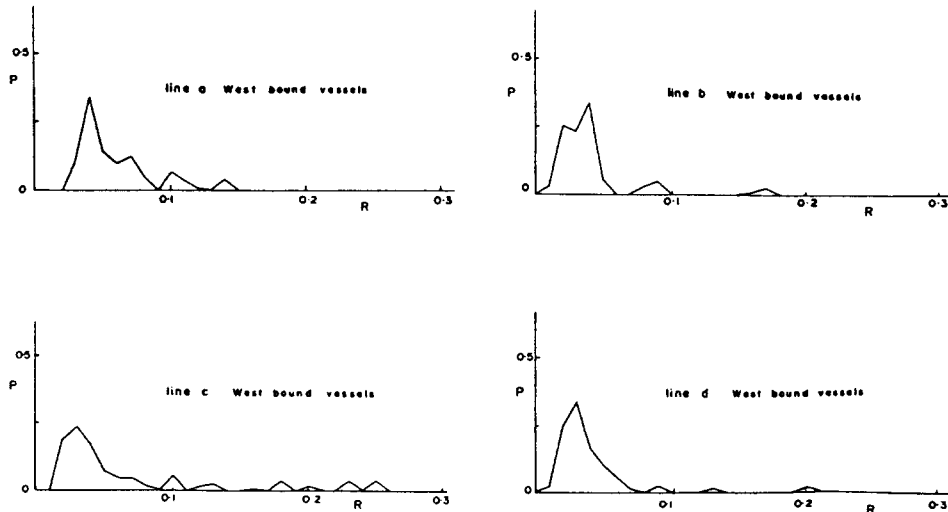


Fig. 7. Probability distribution of the grounding risk indices. (West bound vessels)

Fig.8은 각 觀測線의 航行中 坐礁危險性을 나타낸 것이다. Random 航行時의 坐礁危險性은 東航行 때 觀測線 b에서 가장 높고 h에서 낮으며, 西航行 때에는 a에서 가장 높고 h에서 낮았다. 이것은 忠武港의 地形 때문인 것으로 思料된다.

실제 航行上의 坐礁危險性은 東航行 때 觀測線 b와 d에서 높고, 西航行 때는 c와 e에서 높았다. 이것은 忠武港의 中央埠頭와 새터방면(Fig.4의 SR附近)에 入港하는 船舶이 많기 때문인 것으로 思料된다.

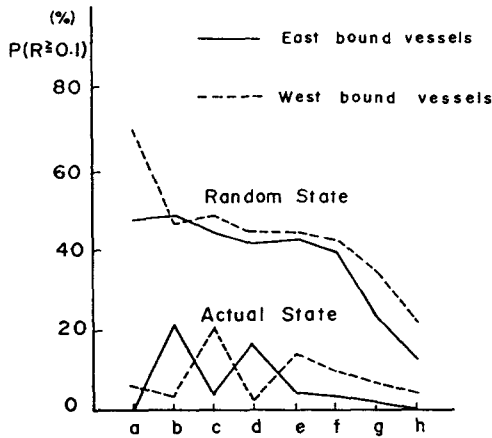


Fig. 8. Risk of maneuver on the observation lines.

## 2. 航路內에서의 操船上의 餘裕와 負擔

Fig.9는 (4)식에 의하여 航路內에서 航行狀態의 多樣性을 나타낸 것이다.

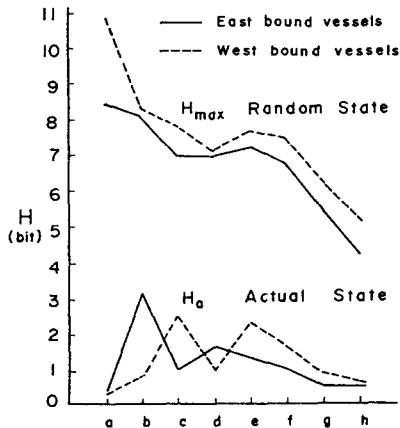


Fig. 9. Diversity of maneuvering state on the observation lines.

Fig.10은 (5)식에 의하여 操船上의 餘裕를 나타낸 것이므로 Fig.9의 실제 航行時의 多樣性和 같다고 볼 수 있다. 실제 操船上의 餘裕는 東航行 때 觀測線 b와 d에서 높고 西航行 때는 c와 e에서 높았으며, a에서는 東·西航行 때 모두 가장 낮았다. 이것은 地形的인 影響 때문인 것으로 思料된다.

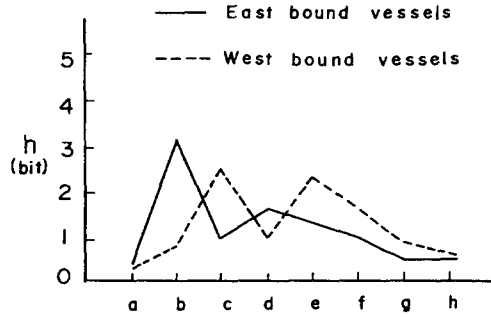


Fig.10. Margin of route keeping maneuver on the observation lines.

Fig.11은 (6)식에 의하여 操船上의 負擔을 나타낸 것이다. 操船上의 負擔은 東·西航行 때 모두 觀測線 a에서 가장 높고, h에서 가장 낮게 나타났다.

이상과 같이 餘裕와 負擔이 나타난 것은 地形的인 影響에 기인된 것으로 思料된다.

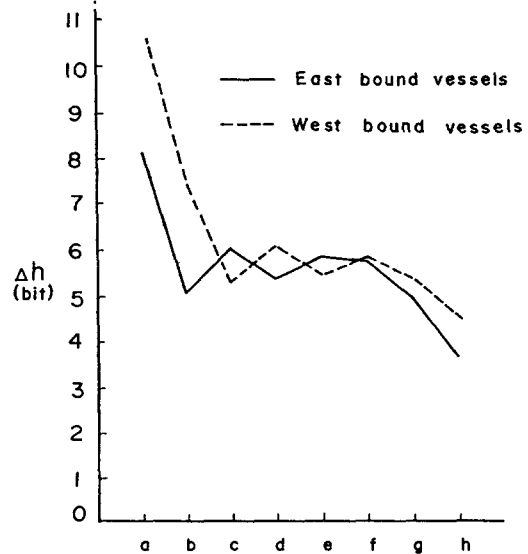


Fig.11. Burden of route keeping maneuver on the observation lines.

## 3. 操縱性指數가 坐礁危險指數에 미치는 影響

Fig.12는 追從性指數  $T'$ 가 坐礁危險指數  $R$ 에 미

치는 影響을 알아 보기 위하여 西航船일 때  $K'=1.0$ ,  $T'=2.0$ 으로 하여 나타낸 것이다. 그림에서 追縱性指數의 크기는 坐礁危險指數에 많은 影響을 미치는 것으로 나타났고, 特히 觀測線 a, b, e, f 附近에서 많은 影響을 미치는 것으로 나타났다.

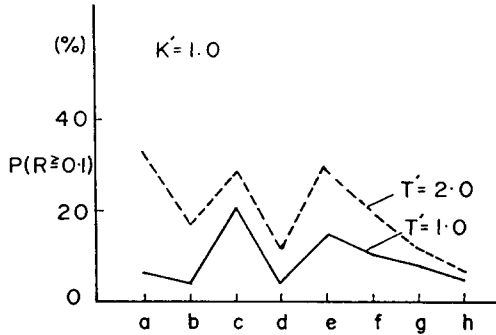


Fig.12. Influence of  $T'$  on the grounding risk indices on the observation lines.

Fig.13은 旋回性指數  $K'$ 가 坐礁危險指數  $R$ 에 미치는 影響을 알아 보기 위하여 西航船일 때  $T'=1.0$ ,  $K'=0.25$ 로 하여 나타낸 것이다.  $K'$ 가 坐礁危險指數에 미치는 影響은  $T'$ 가  $R$ 에 미치는 影響보다 크지 않은 것으로 나타났다.

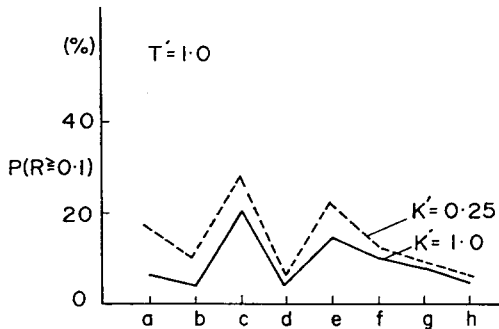


Fig.13. Influence of  $K'$  on the grounding risk indices on the observation lines.

## 要 約

忠武港의 航路内에 觀測線을 정하고 通航船舶의 航跡을 연속測定한 資料로서 航行中の 危險性과 操船上的 餘裕와 負擔에 關하여 研究한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 航行中の 危險性은 東航할 때나 西航할 때 모

두 航路의 東部보다 中央部와 西部에서 比較的 높았다.

2. 操船上的 餘裕는 東航할 때는 航路의 西部, 西航할 때는 航路의 中央部에서 가장 높았다. 그러나 西部入口에서는 東航할 때나 西航할 때 모두 가장 낮았다.

3. 操船上的 負擔은 東航할 때나 西航할 때 모두 航路의 西部에서 높았고 東部에서 낮았다.

4. 追縱性指數  $T'$ ,  $K'$ 는 모두 坐礁危險指數  $R$ 에 影響을 미치나  $T'$ 가  $K'$ 보다 더 많은 影響을 미치는 것으로 나타났다.

## 文 獻

1. 隅川 芳雄(1982): 關門海峽における一般通航船と操業漁船の安全について, 日本航海學會誌, 68號, 1-8.
2. 神島 昭(1984): 關門港東口付近における船舶交通と漁船操業の特性. 日本航海學會, 79號, 15-23.
3. 柴田(1984): 早崎瀨戸における船舶交通量と漁船の操業實態について. 長崎大學水産學部 研究報告, 第55號, 39-49.
4. 原潔(1984): 航跡データの操船への應用. 日本航海學會誌, 80號, 42-54.
5. 井上 欣三(1983): 航跡における航行の危險性と變針上の餘裕に關する評價法. 日本航海學會誌, 第69號, 181-87.
6. 金基允(1978): 船體 運動力學으로 본 衝突 回避動作에 關한 研究. 漁業技術, vol. 14, No.2, 97-112.
7. 尹點東(1983): 巨大船舶의 船舶操縱論, 9-4, 三成出版社.
8. 野口 正一(1976): 情報工學基礎論 I. 48-52, 61-72, 155-164, 丸善株式會社, 日本.
9. 有本 卓(1981): 칼만 필터- 産業圖書, 161-164, 日本.
10. 朴斗一(1984): 應用統計. 洪陵 科學 出版社, 42-48, 153.
11. 井上 欣三(1979): 船舶交通量을考慮した航路徑員決定法. 日本航海學會誌, 第61回 講演會にて講演, 62號, 67-76.
12. 金長漢(1983): 現代統計學. 48-50, 78-100, 奎雪出版社.