

旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離의 算定方法에 관한 研究*

金 基 允

釜山水産大學校

(1994년 9월 8일 접수)

The Method to Calculate the New Course Distance of a Ship by Turning Circle Test Method*

Ki - Yun KIM

National Fisheries University of Pusan

(Received September 8, 1994)

The new course distances of a ship are one of the important factors of the safety handling as the indices to indicate directly her abilities of course alteration.

Recently, International Maritime Organization(IMO) exhorts that all vessels should use maneuvering booklets in which are drawn the curves of new course distances obtained from the test of measuring them and noted other maneuvering performance standard in various navigation conditions.

This paper describes the method to calculate many new course distances for many rudder angles by turning circle test without observation or using other calculating methods.

The main results are as follows :

1) The mean difference of the distances between two new course distances by the turning circle test and heading test of the experimental ship was about 7.7% vaules of the ones by the heading test, when her altering angles were 48°, 63° and 70°, using the rudder angle of 35°. These new course distances were therefore found to be small in difference of those.

2) The mean difference of the distance between two new course distances by the turning circle test and the maneuvering indices of the experimental ship was about 4.5% values of the ones by the maneuvering indices, when her altering angles were 48°, 63°

* 이 논문은 1993년도 동원학술재단 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

and 70°, using the rudder angle of 35°. these new course distances were therefore found to be small in difference of those.

3) The mean difference of the distance between two new course distances by the turning circle test and the observation of the experimental ship was about 6.1% values of the ones by the observation, when her altering angles were 48°, 63° and 70°, using the rudder angle of 35°. These new course distances were therefore found to be small in difference of those.

4) It is confirmed that many new course distances for many angles can be calculated easily by using the method of ship's simple turning circle test, without observation or using the maneuvering indices and heading test method.

5) It is considered to be helpful for the safety of ship handling to draw curves of new course distances by turning circle test and $\phi_4 - \phi_2$ by heading test, and utilize them at sea.

緒 論

海上에서 操船者는 船舶相互間 또는 障碍物과 의 衝突을 防止하고 船舶을 安全하게 操船하기 위 해서는, 船舶이 避航動作을 取할 때 어느 정도의 新針路距離만큼 여유를 두고 轉舵發令을 하여야 할 지 新針路距離를 定量的數值로서 미리 把握한 다는 것은 操船上 매우 중요한 일로서, 한 船舶의 新針路距離의 大小는 그 船舶의 變針性能을 端的 으로 나타내는 指標가 되고 있다. 그러므로 最近 IMO에서는 船舶에서의 新針路距離測定의 重要 성을 감안하여 IMO가 規定하는 操船 booklet에 新針路距離測定 試驗結果의 圖表를 記載할 것을 권장하고 있다¹⁾.

지금까지 新針路距離는 操縱性指數를 Z 操縱試驗으로 구하여 算定하고 있으나^{2),3),4)}, 이 Z試驗은 많은 試驗要員과 많은 時間을 要하며 번잡스럽고 또한 試驗後에 行하는 計算過程이 번잡하여 實際 船舶에 따라서는 操縱性指數를 구하기가 매우 困 란한 상태에 있는 경우도 많다.

따라서, 달리 新針路距離를 算定하는 方法을 研 究하여야 할 필요성이 절실히 요구되고 있다. 그 러나 지금까지 이에 대한 研究는 매우 드물며, 다 만 金⁵⁾이 實船試驗과 分析이 용이한 回頭試驗에

의한 新針路距離算定法을 研究하여 發表한 것 뿐 이다.

本 研究에서는 操縱性指數를 이용하지 않고도 試驗과 算定方法이 번잡하지 않고 簡單하며, 또 任意舵角에 대한 많은 新針路距離를 용이하게 算 定할 수 있는 旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離 算定方法을 提示하였으며, 또한 이 方法을 實際 海上에 활용하는데 타당성을 검토하기 위하여, 實 船試驗을 통하여 本 算定方法에 의한 新針路距離 와 實測, 回頭試驗 및 操縱性指數에 의한 新針路 距離와를 比較·分析하였다.

理 論

1. 新針路距離算定式

1.1 回頭試驗에 의한 新針路距離算定式

回頭試驗에 의하여 구하는 新針路距離 X_c 는 다 음 算式으로 구하여진다⁵⁾.

$$X_c = \frac{1}{2} V t_4 + \frac{1}{2} L \quad (1)$$

단 L : 배의 길이 $L_{pp}(m)$

V : t_4 에 接近하였을 때의 船速(m/sec)

t_4 : 舵를 中央으로 轉舵發令할 때의 時點

1.2 操縱性指數에 의한 新針路距離算定式

操縱性指數를 利用하여 求하는 新針路距離 X'_c 는 다음 算式으로 求하여진다^{2),3),6)}.

$$X'_c = V(T + \frac{t_1}{2} + \frac{1}{K\delta} \tan \frac{\phi_4}{2}) \quad (2)$$

단, T : 追從性指數

K : 旋回性指數

t_1 : 操舵時間(sec)

ϕ_4 : 變針角

1.2.1 回頭試驗에 의한 操縱性指數算定式

一般的으로 操縱性指數 K , T 는 Z 試驗에 의하여 求하나, 回頭試驗結果를 利用하면 다음과 같이 求할 수 있다.

操縱運動方程式의 一次系 近似式은 다음과 같다^{2),3),7),8)}.

$$T\dot{\phi} + \phi = K\delta \quad (3)$$

단, ϕ : 船首角

δ : 舵角

식 (3)은 $t=0$ 에서 $t=t_4$ 일 때

$$K = \frac{\phi_4}{\delta(t_2 - t_1/2 - t_4 + t_3)} \quad (4)$$

이 된다⁵⁾.

단, t_1 : 第1舵를 취하여 一定 舵角이 될 때까지의 時點(sec)

t_3 : 第2舵를 취하여 一定 舵角이 될 때까지의 時點(sec)

t_4 : 第3舵의 發令時點(sec) ϕ_4 : 最終變針角(deg)

식 (3)은 $t=0$ 에서 $t=t_2$ 일 때

$$T = \frac{K\delta(t_2 - t_1/2)t - \phi_2}{\dot{\phi}_2} \quad (5)$$

이 된다⁵⁾. 단, t_2 : 第2舵의 發令時點(sec)

ϕ_2 : t_2 에 있어서 回頭角

$\dot{\phi}_2$: 回頭角 ϕ_2 時點에 있어서 角速度

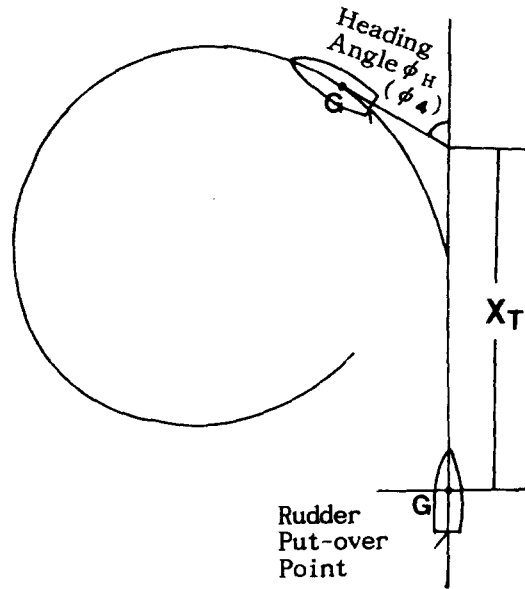


Fig. 1. New course distance of a ship by turning circle test method.

1.3 旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離算定法

任意舵角(5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°)에 대한 旋回圈試驗을 行하고, 이들의 旋回圈圖를 作成하여, Fig. 1과 같이 旋回圈圖上에서 선박이 變針角에 相當하는 角度만큼 回頭한 位置에서는 回頭角(ϕ_H)과 變針角(ϕ_4)은 같다고 볼 수 있다. 따라서 그 위치에서 선박의 船首尾線의 연장선과 旋回前의 直進針路線과의 交點을 取하고, 그 交點과 轉舵 開始時의 重心位置와의 距離를 新針路距離로 간주하여 新針路距離를 求할 수 있다.

實際의 變針에서는 最初의 轉舵點에서 一定舵角 轉舵한 후 船首가 所定의 回頭角으로 回頭되어, 反對舷으로 最初의 轉舵舵角과 같은 舵角으로 反轉舵를 취하고 回頭惰力이 減弱되었을 때 舵를 中央으로 취하여 船舶을 新針路上에 定針시킨다. 그러므로 上述한 旋回圈試驗方法으로 求한 新針路距離와 實際의 新針路距離와는 다소의 差異가 있겠으나, 이러한 差異는 實務上 무시하여도 支장이 없다고 간주된다.

實船試驗

1. 試驗船의 要目 및 試驗條件

試驗船의 要目과 試驗時의 諸般條件은 Table 1 및 Table 2와 같다.

2. 試驗方法

2-1 回頭試驗

回頭試驗에 인하여 新針路距離를 算定하고 數式에 適用할 最終變針角 및 主要時點들을 測定하기 위하여, 다음과 같은 方法으로 回頭試驗을 실시하였다.

- ① 船首를 一定針路에 定針한다.
- ② 右舷舵角 35°를 취하고 轉舵發令으로부터 舵角 35°가 될 때까지의 時點 t_1 을 測定한다.

Table 1. Principal particulars of experimental ship

Name of ship	M.S.Pusan 403
Kind of ship	Training ship
Lpp	43.15m
B.Md	7.00m
D.Md	3.25m
Draft	F. 1.90m, A. 3.40m
Gross tonnage	243.73ton
Main engine	1000PS/665rpm
Max. speed	11.8kts

Table 2. Trial condition of experimental ship and the sea

Trial area	Sea near the island of Seodo
Depth	32m
Wind force	1(Beaufort wind scael)
Wind direction	SE
Speed of tide	2kts
Direction of tide	SE
VSBY	Fair
Ship's draft	F. 1.96m, A. 3.80m
Ship's displacement	480tons
Ship's speed	10.5kts
Position of observation	Bridge

③ 船首가 右舷으로 10°回頭(ϕ_2)되었을 때 反對舷으로 舵角 35°를 取하고, 이 時의 轉舵發令時點 t_2 와 反對舷으로 舵角 35°가 될 때까지의 時點 t_3 를 測定한다.

④ 船首의 回頭運動이 停止하는 순간 舵를 中央으로 하고 steady하면 船首는 거의 固定된다. 이 時의 轉舵發令時點 t_4 를 測定하고 最終變針角 ϕ_4 를 測定한다.

⑤ 위와 같은 方法으로 船首回頭角 20°, 30°의 左右舷 回頭試驗을 行한다.

이와 같이 回頭試驗을 실시할 때 船首回頭角이 2° 變할 때 마다 經過시간과 船速을 同時에 測定하여 두면 다음에 分析하는데 편리하다.

2-2 新針路距離의 實測

- ① 變針點에서 船橋까지 新針路距離만큼 前方의 位置에서 物標의 方位를 設定한다.
- ② Radar를 보면서 航行中 物標의 方位가 設定된 方位와 같게 되었을 때 舵角 35°를 取한다.
- ③ 舵角 35°를 取한 후 船首가 所定의 回頭角 ϕ_2 (10°, 20°, 30°)가 되었을 때 反對舷으로 35°의 反轉舵를 取하고, 回頭運動이 停止할 때 舵를 中央으로 하여 船首를 定針시켜 回頭試驗과 같은 方法으로 行한다.
- ④ 最初의 舵角을 取한 후 物標의 方位가 2° 變化할 때 마다 그 距離를 測定하여 記錄한다.
- ⑤ 記錄된 data에 의하여 船體의 軌跡을 그려 新針路距離를 求한다.

2-3 施回圈試驗

旋回圈圖에 의하여 新針路距離를 구하기 위하여 다음과 같은 方法으로 浮標方位盤法에 의하여 旋回圈試驗을 하였다.

- ① 浮標는 지름 650mm, 두께 50mm의 스키로 폴 浮子로서, 밑에는 5kg의 沈子를 달고, 위에는 식별이 잘 되도록 붉은 기를 단 막대를 세운다. 浮標는 이동하지 않게 무게 15kg의 水中 소형 anchor와 연결하여 海中에 띄워 놓는다.

- ② 船首尾線上 30m간격의 船首와 船尾의 各點 상 위치에서 지름 1000mm의 2개의 dumb card에 의하여, bridge의 신호에 따라 船首尾와 같은 시각에, 船首方位가 5°, 15°, 30°, ..., 360°로 변할 때 마다 船首尾線과 浮標와의 水平角을 測定한다.
- ③ 船首方位가 5°, 15°, 30°, ..., 360°로 변할 때 마다의 Bridge 신호는 船內 microphone 으로 발령하며, 이 때의 測定時刻과 船首方位를 함께 記錄한다.

- ④ 위와 같은 方法으로 측정한 data에 의하여 graph상에 부표를 중심으로 두 方位盤間 거리(30m)를 잡아 船의 重心點들을 차례로 plotting하여 旋回圈圖를 完成한다.

結 果

1. 回頭試驗에서 主要時點의 時間 및 最終變針角

舵角 35°를 사용하였을 때, 船首回頭角 ϕ_2 의

Table 3. Times at principal time points and the last angles of ship's heading measured by the heading test of experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

ϕ_2	t_1 (sec)	t_2 (sec)	t_3 (sec)	t_4 (sec)	ϕ_4 (deg)	
10°	Port	8	9	25.5	25	48
	St'd	8	9	25.5	25.5	49
20°	Port	8	12	28	27	63
	St'd	8	13	28	28	64
30°	Port	8	14.5	31	29	70
	St'd	8	14	30	29	73

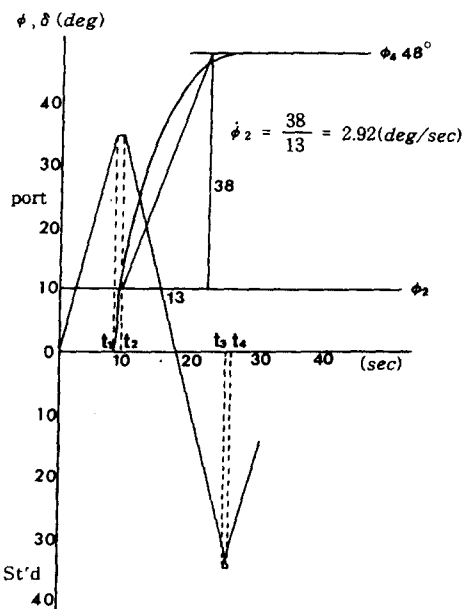


Fig. 2. ϕ_2 10° test(Port), $\delta=35^\circ$.

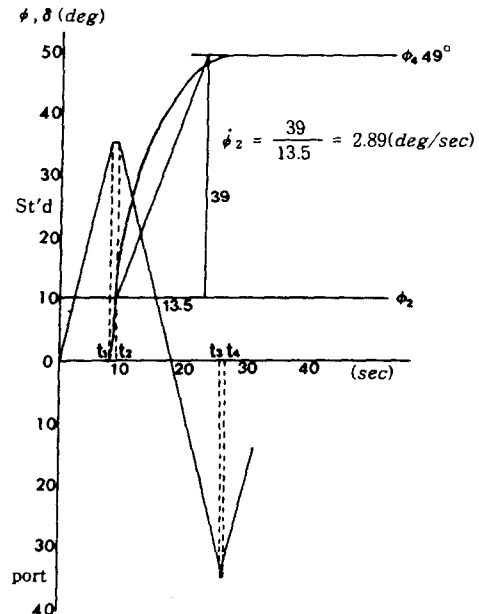


Fig. 3. ϕ_2 10° test(St'd), $\delta=35^\circ$.

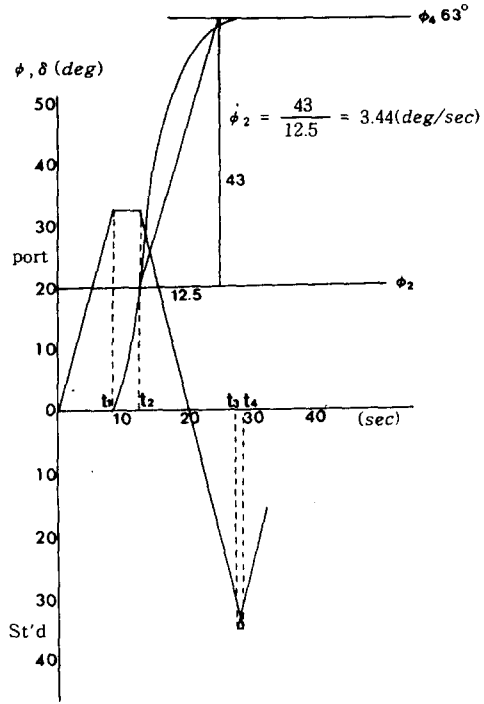


Fig. 4. ϕ_2 20° test(Port). $\delta=35^\circ$.

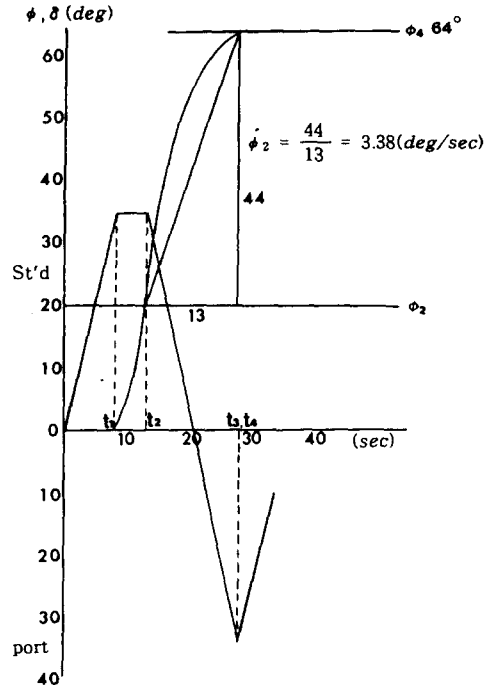


Fig. 5. ϕ_2 20° test(St'd). $\delta=35^\circ$.

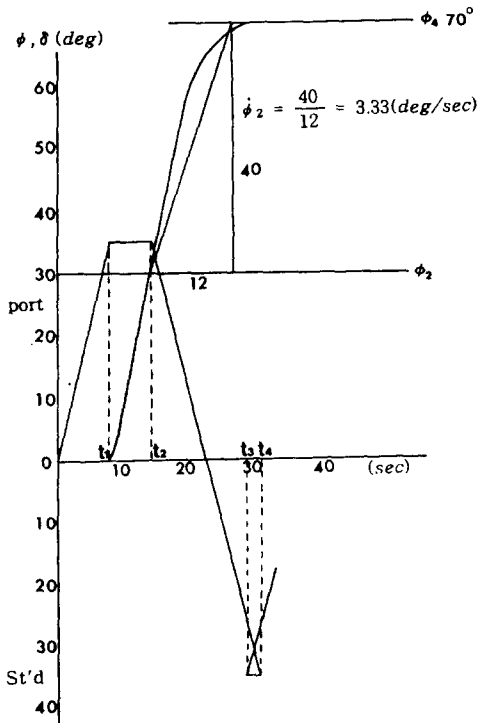


Fig. 6. ϕ_2 30° test(Port). $\delta=35^\circ$.

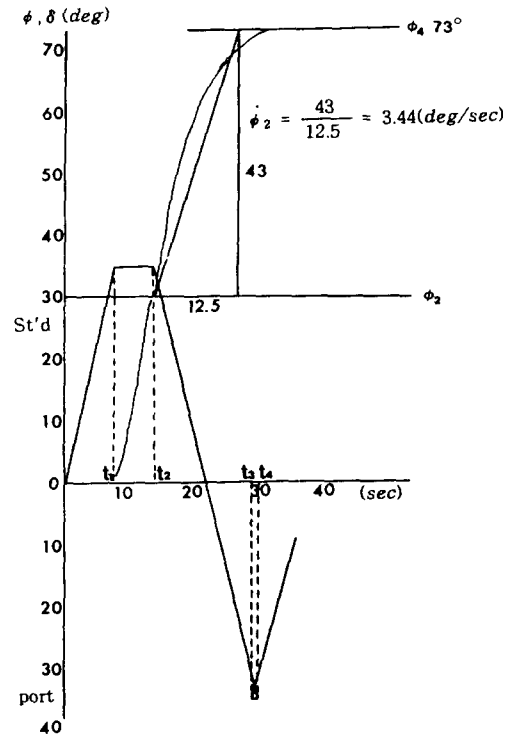


Fig. 7. ϕ_2 30° test(St'd). $\delta=35^\circ$.

10°, 20°, 30° 回頭試驗을 左舷과 右舷으로 行하여, 測定한 主要時點 t_1, t_2, t_3, t_4 및 最終變針角 ϕ_4 의 값은 Table 3과 같고 이것을 그림으로 나타내면 Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7과 같다.

2. 回頭試驗에 의한 新針路距離와 操縱性指數에 의한 新針路距離

舵角 35°를 사용하였을 때 船首回頭角 ϕ_2 의 10°, 20°, 30°回頭試驗에 의하여, 測定된 資料를 利用하여 (1)式으로 算定한 新針路距離 X_c 와 (4), (5) 式으로 구한 操縱性指數를 利用하여 算定한 新針路距離 X'_c 는 Table 4와 같다.

3. 實測에 의한 新針路距離

舵角 35°를 사용하였을 때 實測한 資料에 의하여, 船體의 軌跡을 그려서 구한 新針路距離 X_c 는 Table 5와 같고, 이것을 그림으로 나타내면 Fig. 8, 9, 10과 같다.

4. 旋回圈試驗에 의한 新針路距離

舵角 35°에 대한 旋回圈試驗을 行하여, 測定된 資料(Table 6)에 의하여 그린 旋回圈圖는 Fig.

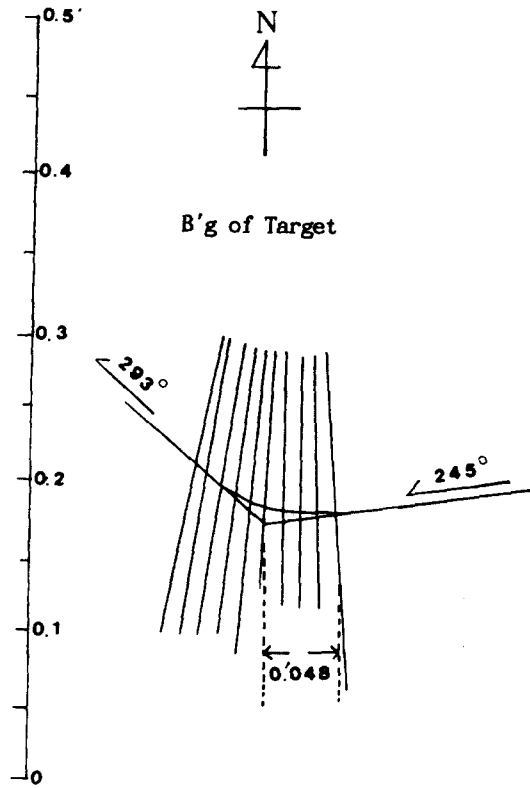


Fig. 8. New course distance observed by experimental ship (ϕ_2 10°, $\delta=35^\circ$).

Table 4. New course distances by the heading test and maneuvering indices of experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

ϕ_2	V(m/sec)	t_4 (sec)	ϕ_4 (sec)	ϕ_2 (sec)	T(sec)	K(1/sec)	X_c (m)	X'_c (m)
Port	5.40	25	48	2.92	11.516	0.249	99.58	89.08
St'd	5.35	25.5	49	2.89	11.950	0.254	101.02	89.79
Port	5.35	27	63	3.44	10.465	0.200	104.24	93.80
St'd	5.30	28	64	3.38	10.899	0.203	105.68	95.78
Port	5.26	29	70	3.33	10.251	0.212	103.69	97.85
St'd	5.27	29	73	3.44	10.197	0.208	105.52	97.99

Table 5. New course distances observed by experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

ϕ_2	Observed numerical value of target		ϕ_4 (deg)	X_c (m)
10°(Port)	B'g of target	354° 356° 359° 002° 005	48	89.86 (0'.048)
	Dist of target	1'.05 1'.083 1'.088 1'.09 1'.166		
20°(Port)	B'g of target	357° 354° 351° 348° 335°	63	105.56 (0'.057)
	Dist of target	1'.03 1'.058 1'.066 1'.083 1'.033		
30°(Port)	B'g of target	009° 006° 003° 001° 358°	70	109.26 (0'.059)
	Dist of target	0'.92 1'.00 1'.03 1'.08 1'.04		

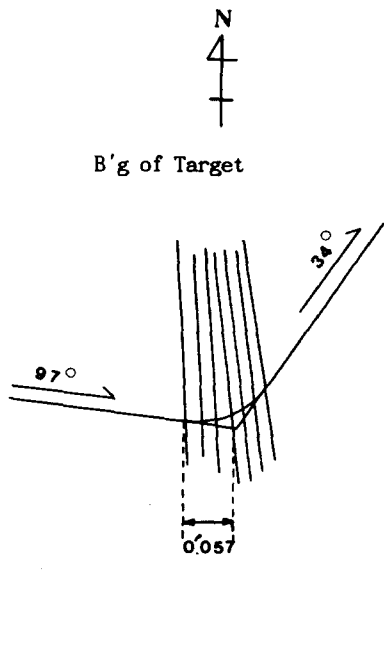


Fig. 9. New course distance observed by experimental ship ($\phi_2 20^\circ, \delta=35^\circ$).

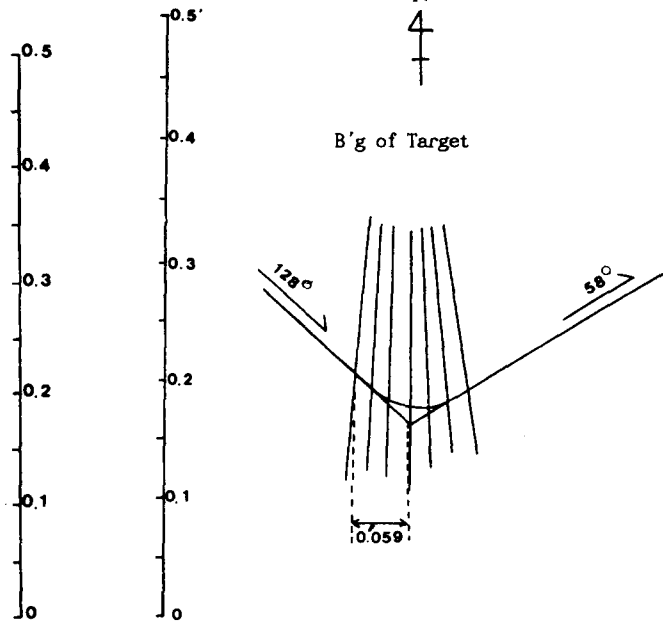


Fig. 10. New course distance observed by experimental ship ($\phi_2 30^\circ, \delta=35^\circ$).

Table 6. Data measured by turning circle test of experimental ship

	Rudder Angle (deg) (Port)	Time Taken from Order(s)	Ship's Skpeed (Initial) (kt)	Ship's cond
at Wheel	35	18	10.5	Ballast
at HeLm	35	17		

Turning Angle(deg)	Time Taken from Order(s)	Realt. Ang. by Dumb Cards		R.P.M
		at Bow(deg)	at Stern(deg)	
0	0			670
5	6	57	42	
15	11	71	48	
30	18	84	58	
60	23	85	57	
90	30	90	56	
120	36	96	63	
150	45	103	70	
180	52	108	79	
210	58	103	73	
240	65	99	74	
270	72	103	76	
300	80	102	75	

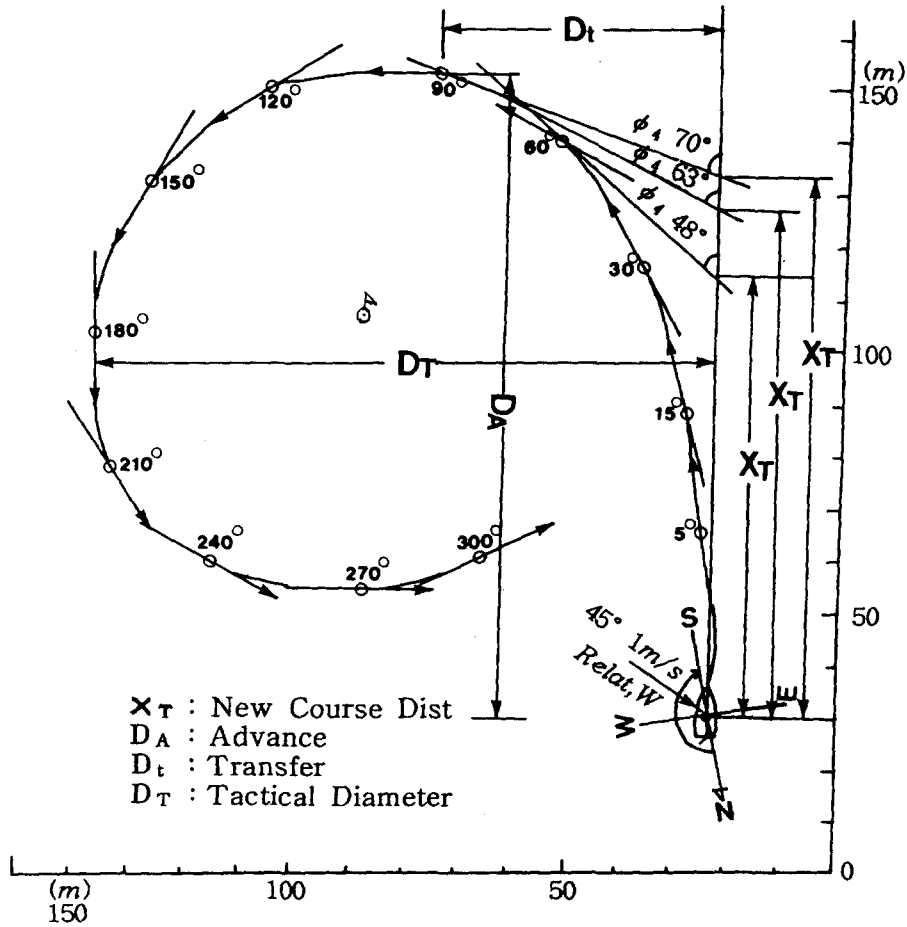


Fig. 11. New course distance measured by the turning circle of the experimental ship (at $\delta=35^\circ$, Port turning)

Table 7. New course distances measured by the turning circle of the experimental ship (at $\delta=35^\circ$, Port turning)

Heading Angle ϕ_s (deg)	New Course Dist. by Turning Circle X_T (m)	D_A (m)	D_t (m)	D_T (m)
48	85	122	52	115
63	97			
70	104			

11과 같으며, 이것으로 구한 新針路距離 X_c 는 Table 7과 같다.

考 察

1. 旋回圈試驗에 의한 新針路距離와 回頭試驗에 의한 新針路距離와의 比較

舵角 35° 를 사용하였을 때, 試驗船의 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離(X_T)와 回頭試驗에 의하여 算定한 新針路距離(X_c)와를 比較하면 Table 8과 같다.

旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離와 回頭試驗에 의하여 算定한 新針路距離와의 差異를 보면, 變針角이 $48^\circ, 63^\circ, 70^\circ$ 일 때 모두 旋回圈試驗에 의한 新針路距離가 回頭試驗에 의한 新針路

Table 8. The comparison of new course distanes measured by the turning circle and calculated by the heading test of experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

$\phi_1(deg)$	$\phi_2(deg)$	$X_c(m)$	$MX_c(m)$	$X_T(m)$	Dist. Diff. (m)	MDD (m)	MDD/MMX _c × 100(%)
48	port	99.58	100.3	85	-15.3	7.96	7.70
	St'd	101.02					
63	port	104.24	104.96	97	-7.96		
	St'd	105.68					
70	port	103.69	104.61	104	-0.61		
	St'd	105.52					

MX_c : mean values of X_c

MDD : mean values of Dist. Diff.

MMX_c : mean values of MX_c

距離보다 더 작게 나타나고 있으며, 變針角 30°인 경우 0.61m로서 가장 작다. 平均差異는 7.96m이며, 回頭試驗에 의한 新針路距離의 平均 7.71%로서, 두 新針路距離는 큰 差異가 없는 것을 알 수 있다.

2. 旋回圈試驗에 의한 新針路距離와 操縱性指數에 의한 新針路距離와의 比較

舵角 35°를 사용하였을 때, 試驗船의 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離(X_T)와 操縱性指數를 利用하여 算定한 新針路距離(X'_c)를 比較하

면 Table 9와 같다.

旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離와 操縱性指數를 利用하여 算定한 新針路距離와의 差異를 보면, 變針角이 63°, 70°에서는 旋回圈試驗에 의한 新針路距離가 操縱性指數에 의한 新針路距離보다 더 크게 나타나고 있으나, 變針角이 48°의 경우에는 더 작게 나타나고 있다. 變針角 63°의 경우가 그 差異가 2.21m로서 가장 작다. 두 新針路距離의 平均差異는 4.24m로서, 操縱性指數에 의한 新針路距離의 平均 4.5%가 된다. 따라서 두 新針路距離는 크게 差異가 없는

Table 9. The comparison of new course distanes measured by the turning circle and calculated by the heading test of experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

$\phi_1(deg)$	$\phi_2(deg)$	$X'_c(m)$	$MX'_c(m)$	$X_T(m)$	Dist. Diff. (m)	MDD (m)	MDD/MMX' _c × 100(%)
48	port	89.08	89.44	85	-4.44	4.24	4.50
	St'd	89.79					
63	port	9.80	94.79	97	+2.21		
	St'd	95.78					
70	port	97.85	97.92	104	+6.08		
	St'd	97.99					

MX'_c : mean values of X'_c

MDD : mean values of Dist. Diff.

MMX'_c : mean values of MX'_c

것을 알 수 있다.

3. 旋回圈試驗에 의한 新針路距離와 實測에 의한 新針路距離와의 比較

舵角 35°를 사용하였을 때, 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離(X_T)와 試驗船으로 實測한 新針路距離(X_0)를 比較하면 Table 10과 같다.

旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離와 實測한 新針路距離와의 差異를 보면, 變針角이 48°, 63°, 70°일 때 모두 旋回圈試驗에 의한 新針路距離가 實測한 新針路距離보다 더 작게 나타나고 있다. 平均 差異는 6.2m이며, 實測한 新針路距離의 6.1%로서 두 新針路距離는 크게 차이가 없다.

旋回圈試驗에 의한 新針路距離와 實測 및 回頭試驗에 의한 新針路距離와의 差異가 操縱性指數에 의한 新針路距離와의 差異보다 더 크게 나타난 것은 回頭試驗이나 新針路距離實測時에 波浪이나 조류 등 外力의 影響을 받은 것으로 사료된다.

旋回圈試驗에 의한 新針路距離는 實測, 回頭試驗 및 操縱性指數에 의한 新針路距離와 平均 6.1%의 差異를 보이고 있어 크게 差異가 없으므로, Z 시험이나 實測 등에 의하지 않고도 旋回圈試驗에 의한 算定方法으로 新針路距離를 구하여도 實務上 지장이 없다고 사료된다.

4. 變針用新針路距離 曲線圖

Fig. 12는 試驗船의 各舵角에 대한 旋回圈圖를

作成하여, 이들 旋回圈試驗上에서 變針角 5°에서 90°까지의 新針路距離를 구하고, 變針角을 橫軸에, 新針路距離를 縱軸에 잡아, 舵角, 變針角 및 新針路距離와의 關係를 나타낸 變針用 新針路距離 曲線圖이다. 그리고 이 曲線圖 밑에는 함께 利用하기 위하여, 예를 들어 舵角 35°를 사용하였을 때의 回頭試驗에 의한 $\phi_4 - \phi_2$ 曲線圖를 표시하고 사용방법을 나타낸 것이다.

이 曲線圖를 利用하면 任意舵角의 變針角에 대한 많은 新針路距離를 구할 수 있어 便利하다. 그러나 이 曲線圖에서는 定針을 위한 反轉舵開始時 機를 알 수 있는 回頭角 ϕ_2 의 값이 표시되어 있지 않으므로, 이것을 精確히 알기 위해서는 IMO가 測定試驗을 권장하고 있는 新針路距離測定試驗結果의 圖表¹⁾를 利用하거나 또는 回頭試驗으로서 구한 新針路距離 曲線圖의 $\phi_4 - \phi_2$ 曲線圖⁵⁾를 함께 利用하면 대단히 便利하다.

또한 이러한 圖表들을 利用하지 않더라도 反轉舵를 使用하지 않고 回頭中, 舵를 中央을 돌린 후 극히 小각도씩 操舵하여 定針하는 경우에도 舵를 中央을 취하는 時機를 경험적으로 쉽게 판단할 수 있으므로, 어느 경우이든 Fig. 12의 變針用新針路 曲線圖를 使用하면 매우 有用하다. 또 船舶의 排水量 condition에 따라 操縱性能에 큰 차이가 있는 경우에는 적어도 ballast用, 滿載用의 二枚의 曲線圖가 필요하다.

그러므로 避航操船時에는 變針用新針路距離 曲線圖와 回頭試驗으로 구한 $\phi_4 - \phi_2$ 曲線圖를 함께 活用하면 任意舵角에 대한 變針角(ϕ_4), 回頭角

Table 10. The comparison of new course distances measured by the turning circle test and observation of experimental ship(at $\delta=35^\circ$)

$\phi_4(deg)$	$\phi_2(deg)$	$X_0(m)$	$X_T(m)$	Dist. Diff. (m)	MDD (m)	MDD/MX ₀ × 100 (%)
48	10	89.86	85	-4.86		
63	20	105.56	97	-8.56	6.2	6.10
70	30	109.26	104	-5.26		

MD : mean values of Distance difference

MX₀ : mean values of X₀

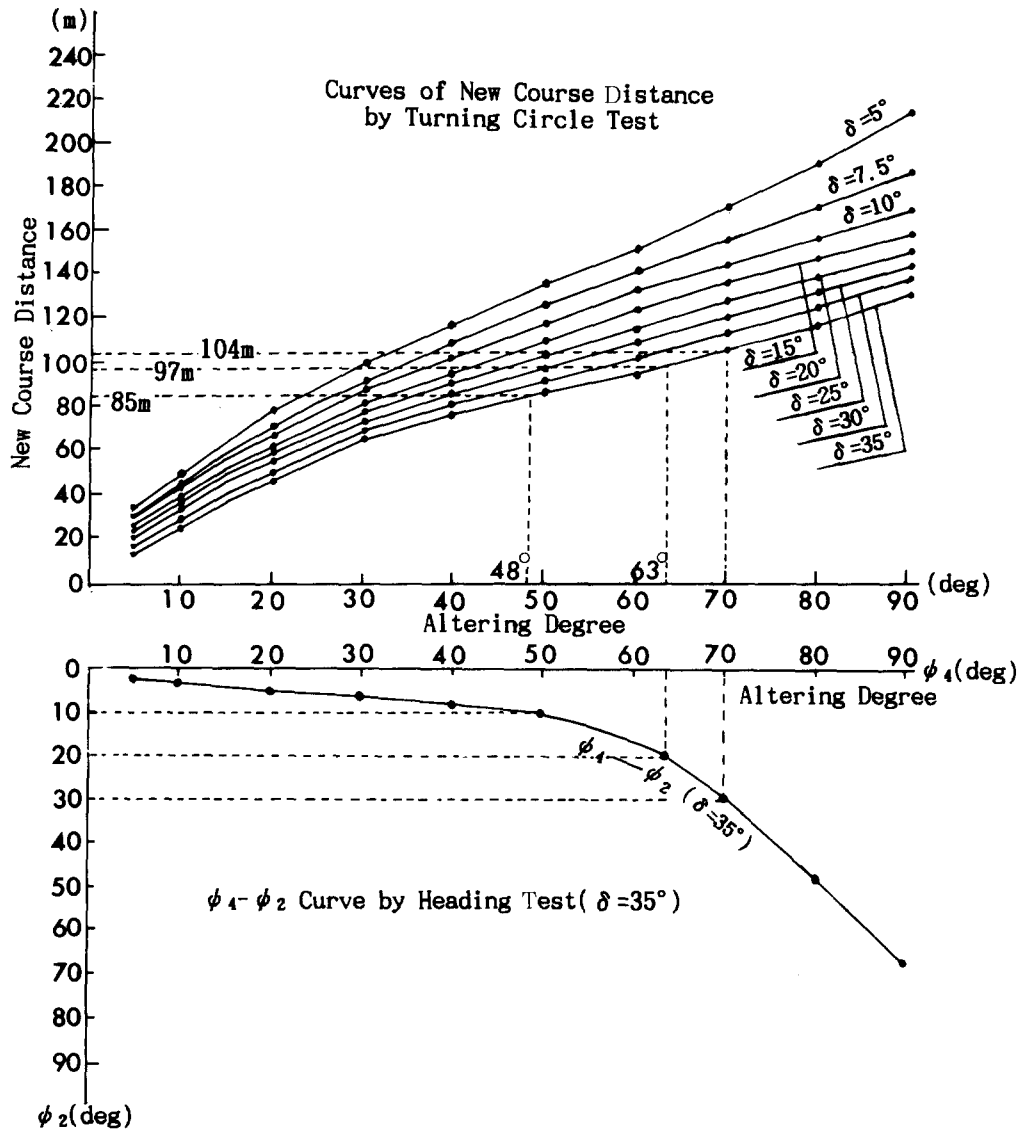


Fig. 12. Curves of new course distances by the turning circle test of experimental ship.

(ϕ_2) 및 新針路距離를 미리 구할 수 있으므로, 感覺에 의한 避航操船을 排除할 수 있어 安全運航에 도움이 되리라 기대된다.

要 約

任意舵角에 대한 많은 新針路距離를 용이하게 구할 수 있는 旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離

의 算定法을 研究하여, 이를 實際 海上에서 活用하는 데 妥當性을 檢討하기 위하여, 實船試驗을 통하여 實測, 回頭試驗 및 操縱性指數에 의한 新針路距離와 旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離를 比較·分析하였다. 이 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離는 舵角 35°를 사용하여 變針角이 48°, 63°, 70°일 때

旋回圈試驗方法에 의한 新針路距離의 算定方法에 관한 研究

回頭試驗에 의하여 算定한 新針路距離와의 差異가 이 距離의 平均 7.7%로서, 回頭試驗에 의한 新針路距離와 크게 差異가 없었다.

2. 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離는 舵角 35°를 사용하여 變針角이 48°, 63°, 70°일 때 操縱性指數에 의하여 算定한 新針路距離와의 差異가 이 距離의 平均 4.5%로서, 操縱性指數에 의한 新針路距離와 크게 差異가 없었다.

3. 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離는 舵角 35°를 사용하여 變針角이 48°, 63°, 70°일 때 實測에 의한 新針路距離와의 差異가 이 距離의 平均 6.1%로서, 實測에 의한 新針路距離와 크게 差異가 없었다.

4. 旋回圈試驗에 의하여 算定한 新針路距離는 實測, 回頭試驗 및 操縱性指數에 의한 新針路距離들과의 差異가 이들 距離의 平均 6.1%로서, 實務上 無視하여도 避航操船上 지장이 없는 距離이므로, Z 試驗, 實測 및 回頭試驗에 의하지 않고도, 任意舵角에 대한 많은 新針路距離를 용이하게 구할 수 있는 旋回圈試驗에 의한 新針路距離算定方法을 有用하게 利用할 수 있으리라 사료된다.

5. 避航操船時에 旋回圈試驗에 의하여 作成한 變針用 新針路距離曲線圖와 回頭試驗으로 구한 $\phi_4 - \phi_2$ 曲線圖를 함께 이용하면, 任意舵角에 대한 變針角, 回頭角 및 新針路距離를 미리 구할 수 있으므로, 感覺에 의한 避航操船을 排除할 수 있어 安全運航에 도움이 되리라 사료된다.

參考文獻

- 1) 貴島勝郎(1989) : 操縱性能基準と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回シンポジウム船舶の航行安全と操縱性能. 2-3.
- 2) 岩井聰(1970) : 操船論. 成山堂, 東京, 12-23.
- 3) 日本海難防止協會(1976) : 超大型操船の手引き. 成山堂, 東京, 25-35.
- 4) 金基允(1983) : 船舶衝突回避를 위한 避航. 開始距離에 關한 研究. 漁業技術 19(2), 99-105.
- 5) 金基允(1992) : 船舶의 新針路距離의 算定方法에 關한 研究. 漁業技術 28(1), 10-20.
- 6) 金基允(1978) : 船體運動學的으로 본 衝突回避動作에 關한 研究. 漁業技術 14(2), 97-112.
- 7) 藤井劑·野本謙作(1970) : 操縱性試驗法. 日本操船學會操縱性シンポジウム, 2-3.
- 8) 野本謙作(1964) : 船の操縱性. 日本操船學會操縱性シンポジウム, 8-22.
- 9) 尹點東(1976) : 操縱性指數에 의한 衝突回避動作의 量的把握에 關한 研究. 韓國海洋大學論文集 12(1), 471-480.
- 10) 尹點東(1989) : 船舶運用的 理論과 實務. 亞成出版社, 釜山, 51-52.
- 11) 赤崎繁(1975) : 船體旋回學. 海文堂, 東京, 123-125.
- 12) 大事雅信(1981) : 理論船舶工學(下卷). 海文堂, 東京, 247-251.
- 13) 杉原喜義(1974) : 理論運用學(船體運動編). 海文堂, 東京, 110-111.
- 14) 長畑司(1980) : 避航의 判斷と操船의 特性-Ⅲ. 日本航海學會論文集 63, 19-28.
- 15) 原潔·野本謙作·小順田敏(1981) : 操船シミュレータにする 避航操船의 研究-I. 日本航海學會論文集 64, 79-86.
- 16) 今津準馬(1981) : 他船의 行動變化를 考慮した 衝突危險度について. 日本航海學會論文集 64, 73-78.