

船型에 따른 轉心の 移動에 關한 研究

崔 明 植*

A Study on shifting of Pivoting Point in accordance with Configuration of Ships

Myeong-Sik Choi

< 目 次 >

Abstract	4·2 船體길이—幅의 比의 크기가 轉心의 位置變化에 미치는 影響
Nomenclature	4·3 船體길이—吃水의 比의 크기가 轉心の 位置變化에 미치는 影響
1. 序 論	4·4 舵面積比의 크기가 轉心の 位置變化에 미치는 影響
2. 理 論	5. 結 論
3. 轉心位置의 數值計算	參考文獻
4. 結果에 對한 考察	
4·1 方形肥瘠係數의 크기가 轉心の 位置變化에 미치는 影響	

Abstract

In the restricted sea way such as fair way in harbor, narrow channel etc, the safe ship-handling is a very important problem, which is greatly related with turning ability of ships.

It is of great importance that ship-handlers can grasp the position of pivoting point varying with time increase at any moment for relevant steering activities.

Mean while, in advanced ship-building countries they study and investigate pivoting point related with turning characteristics, but their main interest lies in ship design, not in safe shipcontrolling and maneuvering.

In this regards it is the purpose of this paper to provide ship-handlers better understanding of pivoting point location together with turning characteristics and then to help them in safe ship-handling by presenting fact that pivoting points vary according to configuration of ships.

The author calculated the variation of pivoting point as per time increase for various

* 正會員, 本浦海洋專門大學

type of vessels, based on the hydrodynamic derivatives obtained at test of Davidson Laboratory of Stevens Institute of Technology, New Jersey, U.S.A.

The results were classified and investigated according to the magnitude of block coefficient, length-beam ratio, length-draft ratio, rudder area ratio etc, and undermentioned results were obtained.

- (1) The trajectory of pivoting point due to variation of rudder angle are all the same at any time, though the magnitude of turning circles are changed variously.
- (2) The moving of pivoting point is affected by the magnitude of block coefficient, length-beam ratio, length-draft ratio, however the effect by rudder area ratio might be disregarded.
- (3) In controlling and maneuvering of vessels in harbor, ship-handlers might regard that the pivoting point would be placed on 0.2~0.3L forward from center of gravity at initial stage.
- (4) The pivoting point of VLCC or container feeder vessels which have block coefficient more than 0.8 and length-beam ratio less than 6.5 are located on or over bow in the steady turning.
- (5) When a vessel intends to avoid some floating obstruction such as buoy forward around her course, the ship-handler might consider that the pivoting point would be close by bow in ballast condition and close by center of gravity in full-loaded condition.

Nomenclature

- B : Ship beam
 C : Center of steady turn
 C_b : block coefficient
 C_p : Prismatic Coefficient
 G : Center of gravity
 I_x : Moment of inertia with respect to z-axis
 I_x' : Dimensionless moment of inertia with respect to z-axis $\left[= I_x / \frac{1}{2} \rho L^3 T \right]$
 L : Ship length
 m : mass of ship
 m' : Dimensionless mass of ship $\left[= m / \frac{1}{2} \rho L^3 T \right]$
 m'' : Dimensionless virtual mass of ship in lateral direction $\left[= (m' - Y_{\dot{v}}') \right]$
 N : Total yaw moment
 N' : Dimensionless total yaw moment $\left[= N / \frac{1}{2} \rho L^3 T U^2 \right]$
 $N_{r'}$: $\partial N' / \partial r'$
 $N_{v'}$: $\partial N' / \partial v'$ $\left[= -N_{\dot{v}}' \right]$
 $N_{\dot{r}'}$: $\partial N' / \partial \dot{r}'$

- n_z' : Dimensionless virtual moment of inertia with respect to z-axis [= $I_z' - N_z'$]
 N_δ' : $\partial N' / \partial \delta$, Dimensionless yaw moment derivative with respect to rudder angle
 P : Pivoting Point
 R : Turning rate
 R_s : Steady-state turning radius
 R_A : Rudder area
 R_A' : Rudder area ratio [= R_A / LT]
 r : Turning rate [= $d\phi / dt$]
 r' : Dimensionless turning rate [= $rL / U = \frac{L}{R}$]
 \dot{r} : dr / dt
 r_s : Steady-state dimensionless turning radius
 T : ship draft
 t : time
 t' : Dimensionless time [= tu / L]
 U : Speed of ship [= $(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}$]
 u : Component of ship speed in x-axis direction
 v' : v / U
 \dot{v}' : $\partial v' / \partial t'$
 v_s' : Dimensionless steady-state lateral speed
 X : Total x-direction force
 Y : Total lateral force
 Y' : Dimensionless total lateral force [= $Y / \frac{1}{2} \rho L T U^2$]
 $Y_{r'}$: $\partial Y' / \partial r'$
 $Y_{v'}$: $\partial Y' / \partial v'$ [= $-Y_\beta$]
 $Y_{\dot{v}'}$: $\partial Y' / \partial \dot{v}'$
 Y_δ' : $\partial Y' / \partial \delta$, Dimensionless lateral force derivative with respect to rudder angle
 β : drift angle [= $-\sin^{-1} \frac{v}{U}$]
 δ : Rudder angle
 ρ : Density of water
 σ : Stability index
 ϕ : Yaw angle
 ξ_p : Distance from C. G. to pivoting point
 ξ_p' : Dimensionless distance of pivoting point from C. G. [= ξ_p / L]

1. 序 論

港灣內, 狹水路等의 制限水路에서는 船舶의 安全運航이 매우 重要視되어 왔으며, 特히 最近에는 船舶의 輻輳 및 수많은 海上構造物의 設置로 더욱 重要한 問題가 되고 있다.

船舶이 安全하게 航行하기 위해서는 操舵에 의한 旋回性能의 程度가 問題로 되며, 船體의 旋回와 밀접한 關係가 있는 것이 轉心の 位置이다.

轉心은 船舶이 旋回하는데 있어서 回轉軸이 되는 點이 되며, 그 船舶의 操船者가 自船의 轉心位置를 잘 把握하고 있다면 操船上의 急迫한 危險에 처하게 되더라도 效果的인 旋回를 實施하므로써 그 危險을 避할 수 있을 것이다.

지금까지 世界先進造船國에서 轉心에 관한 研究는 많았으나 操船實務者를 위한 측면에서 研究하였던 結果는 그렇게 많지 않다.

本論文에서는 操船者의 측면에서 轉心位置의 移動에 對하여 考察하여 操船者가 自船의 轉心位置를 把握하여 效果的인 旋回를 行하는데 도움을 줄 수 있도록 하였다.

本論文의 研究方法은 여러가지 船型을 가진 船舶의 轉心位置를, 그 船舶의 流體力微係數를 使用하여 時間의 經過에 따라 數值計算하고, 그 結果에 對하여 方形肥係數, 길이—幅의 比, 길이—吃水의 比, 舵面積比別로 分類하여 考察하였다.

2. 理 論

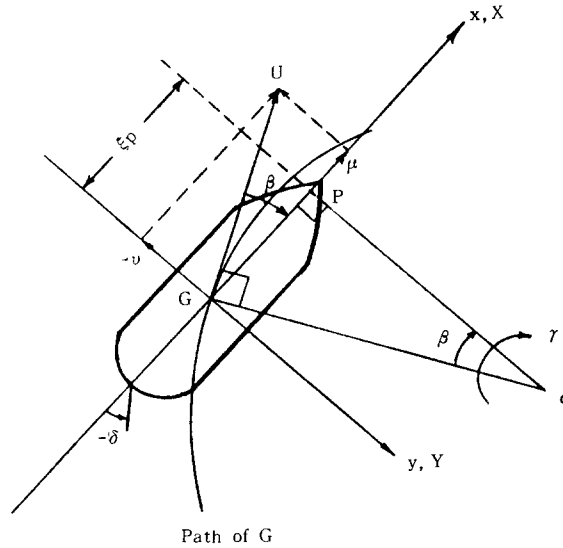


Fig. 2-1 Pivoting Point and Coordinate System

一般的으로 靜水中의 操縱運動을 取扱하기 위하여 船體에 固定된 座標系를 使用하고 있으며, Fig. 2-1은 船體固定座標系를 表示한다.

原點을 重心 G에 固定시키고 船體길이 方向을 x 軸, 左右舷水平方向을 y 軸, 鉛直上下方向을 z 軸으로 잡는다.

또, x, y, z 軸方向의 並進速度成分을 μ, v, w , 角速度成分을 p, q, r 로 表示하고, x, y, z 軸을 慣性主軸으로 가정하여 x, y, z 軸 주위의 船體慣性모멘트를 I_x, I_y, I_z 로 나타낸다. U

는 進行速度, m 은 船體의 質量이며, 모든 回轉은 時計方向을 (+), 反時計方向을 (-)로 잡는다. 그리고, x, y, z 軸方向의 船體에 作用하는 外力을 X, Y, Z , 모멘트를 K, M, N 으로 표시한다.

Fig. 2-1 에서 偏角 β 는

$$\beta = -\sin^{-1} \frac{v}{U} \cong -\frac{v}{U} \text{로 표시할 수 있고, 無次元化시키면}$$

$$\beta' \cong -v' \dots\dots\dots(2-1)$$

로 표시할 수 있다.

또, 回頭角速度 $r'(t')$ 은

$$r'(t') = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d\Psi}{dt} \cdot \frac{dt}{dt'} = \frac{U}{K} \cdot \frac{L}{U} = \frac{L}{R} \dots\dots\dots(2-2)$$

단, $t' = \frac{tU}{L}$, $dt' = \frac{U}{L} dt$, $\frac{d\Psi}{dt} = r = \frac{U}{R}$, $U \cong \mu$ 로 表示할 수 있으며, 重心 G 로부터 轉心 P 까지의 거리 ξ_p 는 $R\beta$ 로 표시할 수 있고 無次元化한 값은 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$\xi_p' = \frac{\xi_p}{L} = \frac{R\beta}{L} = \frac{\beta}{L/R} = -\frac{v'}{r'} \dots\dots\dots(2-3)$$

한편, 靜水中에서 一定한 速度로 運動하고 있는 船舶의 線形操縱運動方程式은 다음과 같이 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} Y_{av} \text{ 運動} : n_z' \dot{r}' - N_r' r' - N_v' v &= N_\delta' \delta \\ S_{u_{ay}} \text{ 運動} : m_y' \dot{v}' - (Y_r' - m') r' - Y_v' v &= Y_\delta' \delta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-4)$$

(2-4) 式의 解를 求하기 위하여 右邊을 零으로 놓으면

$$\left. \begin{aligned} n_z' \dot{r}' - N_r' r' - N_v' v &= 0 \\ m_y' \dot{v}' - (Y_r' - m') r' - Y_v' v &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-5)$$

(2-5) 式은 齊次微分方程式이며 一般的으로 解는

$$\left. \begin{aligned} v' &= V_1' e^{\sigma_1' t'} + V_2' e^{\sigma_2' t'} \\ r' &= R_1' e^{\sigma_1' t'} + R_2' e^{\sigma_2' t'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-6)$$

形式으로 表示된다.

또, 直進하고 있는 船舶에 舵角 δ_1 을 주어 定常旋回를 하게 되면 \dot{r}' , \dot{v}' 은 零이 되며, 定常旋回時의 回頭角速度 r_s' 및 橫方向速度 v_s' 는 一定하게 되므로 (2-4) 式은

$$\left. \begin{aligned} -N_r' r_s' - N_v' v_s' &= N_\delta' \delta_1 \\ -(Y_r' - m') r_s' - Y_v' v_s' &= Y_\delta' \delta_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-7)$$

으로 쓸 수 있다.

(2-7) 式을 r_s' , v_s' 에 關하여 整理하면 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} r_s' &= \frac{-Y_v' N_\delta' + Y_\delta' N_v'}{Y_v' N_r' - N_v' (Y_r' - m')} \cdot \delta_1 \\ v_s' &= \frac{-N_r' Y_\delta + N_\delta' (Y_r' - m)}{Y_v' N_r' - N_v' (Y_r' - m')} \cdot \delta_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-8)$$

따라서 (2-4)식의 解는 다음과 같이 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} r'(t') &= R_1' e^{\sigma_1' t'} + R_2' e^{\sigma_2' t'} + r_s' \\ v'(t') &= V_1' e^{\sigma_1' t'} + V_2' e^{\sigma_2' t'} + v_s' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-9)$$

한편, (2-5)식에서 解는 $v' = V'e^{\sigma' t'}$, $r' = R'e^{\sigma' t'}$ 의 形式으로 表示되므로 이것을 (2-5)식에 代入하여 整理하면 다음 식이 된다.

$$\left. \begin{aligned} (m_y' \sigma' - Y_v') V' - (Y_r' - m') R' &= 0 \\ -N_v' V' + (N_r' \sigma' - N_r') R' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-10)$$

(2-10)식이 解(non-trivial solution)을 가지기 위해서는 V' , R' 의 係數의 行列式이 零이 되어야 하며, 行列式을 풀면 σ' 에 對한 2次方程式이 된다.

$$A\sigma'^2 + B\sigma' + C = 0 \dots\dots\dots(2-11)$$

$$\begin{aligned} \text{단, } A &= m_y' n_z' \\ B &= -N_r' m_y' - Y_v' n_z' \\ C &= Y_v' N_r' + N_v' (m' - Y_r') \end{aligned}$$

따라서, (2-11)식의 解는 다음과 같다.

$$\sigma_1', \sigma_2' = \frac{-B \pm (B^2 - 4AC)^{\frac{1}{2}}}{2A} \dots\dots\dots(2-12)$$

여기에서, (2-9)식을 利用하여 時間이 경과함에 따르는 $r'(t')$ 및 $v'(t')$ 의 값을 求할 수 있다.

먼저 $t'=0$ 에서는 $r'(0)=0$, $v'(0)=0$ 이므로 (2-9)식은

$$\left. \begin{aligned} R_1' + R_2' + r_s' &= 0 \\ V_1' + V_2' + v_s' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-13)$$

으로 表示할 수 있다. 또, 初期條件을 (2-4)식에 代入하여 整理하면

$$\left. \begin{aligned} \dot{r}'_{(0)} &= \frac{N_\delta' \delta_{(0)}}{n_z'} \\ \dot{v}'_{(0)} &= \frac{Y_\delta' \delta_{(0)}}{m_y'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-14)$$

이 된다. (2-9)식을 微分하면

$$\left. \begin{aligned} \dot{r}'(t') &= \sigma_1' R_1' e^{\sigma_1' t'} + \sigma_2' R_2' e^{\sigma_2' t'} \\ \dot{v}'(t') &= \sigma_1' V_1' e^{\sigma_1' t'} + \sigma_2' V_2' e^{\sigma_2' t'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-15)$$

이 된다.

따라서, (2-14)식의 初期條件을 ((2-15)식에 적용시켜 初期條件의 값을 計算하면

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1'R_1' + \sigma_2'R_2' &= \dot{r}'_{(a)} \\ \sigma_1'V_1' + \sigma_2'V_2' &= \dot{r}'_{(a)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2-16)$$

이 되며, (2-13)式과 (2-16)式을 풀면 R_1', R_2', V_1', V_2' 의 값을 求할 수 있다. 그러므로, 重心 G 에서 轉心 P 까지의 거리 $\xi_p'(t')$ 의 式은 다음과 같이 表示될 수 있다.

$$\xi_p'(t') = -\frac{v'(t')}{r'(t')} = -\frac{V_1'e^{\sigma_1't'} + V_2'e^{\sigma_2't'} + r_s'}{R_1'e^{-\sigma_1't'} + R_2'e^{-\sigma_2't'} - v_s'} \dots\dots\dots(2-17)$$

3. 轉心位置의 數值計算

一定한 速度로 直進하고 있는 船舶에 임의의 舵角을 주었을 때 轉心이 重心으로부터 얼마만큼 移動하는가를 前述한 理論式에 各模型船의 流體力微係數를 使用하여 數值計算하였다.

各模型船들의 特性은 Table 3-1에 表示되고 있으며 Table 3-2는 各模型船들의 流體力微係數를 나열하였다. 이 表는 美國의 Davidson 研究所에서 實驗하여 측정한 結果이다. 단, n_z', m_y' 는 다음과 같이 計算하여 表示하였다.

$$\left. \begin{aligned} m_y' &= m' - Y_0' \cong 2m' \\ n_z' &= I_z' - N_1' = 2I_z' = 2 \times (0.25)^2 \times m' = \frac{1}{8} \cdot m' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3-1)$$

Table 3-1의 橫模型船中에서, $C_b=0.6, L/B=7.0, L/T=18.75$ 로 타면적비=0.016인 標準型的 商船모델인 M211에 대하여 重心으로부터 轉心까지의 거리 및 旋回徑을 數值計算하여 Fig. 3-1에 그래프로 나타내었다.

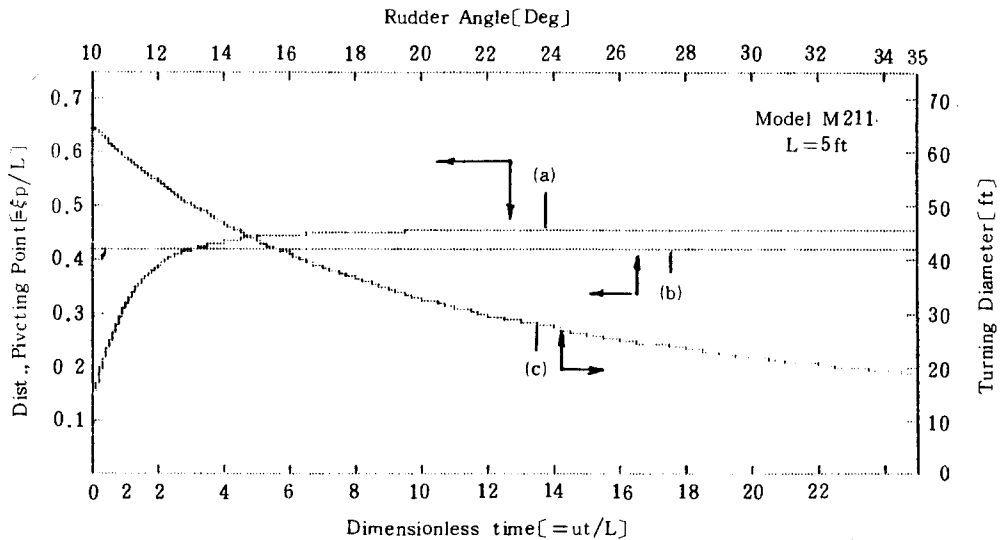


Fig. 3-1 Variation of Distances from C.G. to pivoting point of M211 (a) by 16° rudder angle, (b) by various rudder angles (10°~35°) and $t'=3$, (c) steady state turning diameter by various rudder angles (10°~35°)

Table 3-1 Pertinent characteristics of Model Hulls

Characteristics	Model	M111	M211	M212	M213	M311	M411	M511	M611	M711	M811	T 80
Length, L, (ft)		5.0										5.16
Beam, B, (ft)		0.667	0.714			0.833	0.625	0.714				0.806
Draft, T, (ft)		0.267						0.2175	0.345	0.267		0.311
Prismatic Coefficient, Cp		0.614						0.616	0.614	0.713	0.807	0.834
Block Coefficient, Cb		0.600								0.700	0.800	0.830
L/B		7.5	7.0			6.0	8.0	7.0				6.4
L/T		18.75						23.00	14.50	18.75		16.6
B/T		2.5	2.68			3.12	2.34	3.28	2.07	2.68		2.59
Rudder, span, (ft)		0.200						0.164	0.258	0.200		0.253
" chord, (ft)		0.105		0.167	0.080							0.108
" aspect ratio		1.90		1.20	2.50	1.90		1.56	2.46	1.90		2.34
" area ratio		0.016		0.025	0.012	0.016						0.017

Table 3-2 Hydro dynamic Derivatives of Model ships

모델 미계수	M111	M211	M212	M213	M311	M411	M511	M611	M711	M811	T80
Y_v'	-0.270	-0.305	-0.311	-0.293	-0.308	-0.283	-0.260	-0.349	-0.324	-0.354	-0.01650
N_v'	-0.108	-0.035	-0.031	-0.100	-0.089	-0.091	-0.075	-0.133	-0.104	-0.086	-0.00600
Y_r'	0.088	0.090	0.096	0.082	0.089	0.088	0.094	0.099	0.083	0.085	0.00395
N_r'	-0.067	-0.070	-0.076	-0.073	-0.075	-0.066	-0.057	-0.081	-0.068	-0.060	-0.00310
m'	0.160	0.171	0.171	0.171	0.200	0.150	0.171	0.171	0.200	0.229	0.01370
n_z'	0.020	0.021	0.021	0.021	0.025	0.019	0.021	0.021	0.025	0.029	0.00152
m_y'	0.320	0.342	0.342	0.342	0.400	0.300	0.342	0.342	0.400	0.458	0.02460
Y_δ'	0.046	0.050	0.050	0.037	0.038	0.038	0.031	0.045	0.052	0.065	0.00305
N_δ'	-0.022	-0.024	-0.031	-0.018	-0.019	-0.019	-0.015	-0.023	-0.025	-0.035	-0.0014

(a)의 그래프는 舵角을 10度 주었을 때 t' 가 증가함에 따라 轉心の 位置가 變化하는 값을 數值計算하여 그래프로 그린 것이다. 旋回를 막 시작할 때 ($t'=0$)의 轉心の 位置는 0.128이며 $t'=4$ 에서 0.44, $t'=6.5$ 에서 거의 一定한 位置, 0.45 부근에 이르게 된다.

그래프(b)는 $t'=3$ 일 때 舵角을 10°에서 35°까지 變化시킬 때 轉心の 位置變化를 計算한 그래프이며 (c)는 旋回徑의 變化를 나타내고 있다.

(b) 및 (c)의 그래프에서 考察해 보면 舵角을 크게 하는 경우 旋回徑은 적어지나 轉心の 位置가 變化하는 過程은 同一하다는 事實을 알 수 있다.

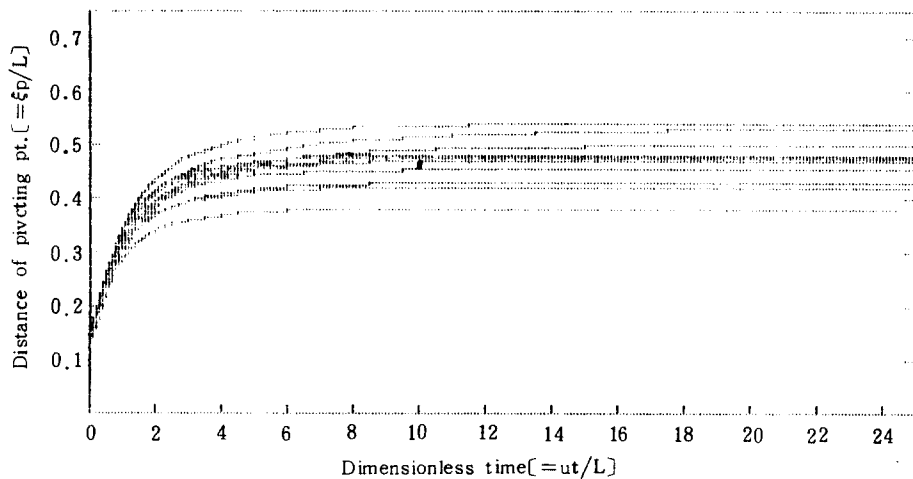


Fig. 3-2 Variation of Distances from C. G. to pivoting point of various models by 10° rudder angle

따라서, 舵角의 變化에 따른 轉心의 位置變化는 같으므로 各모델에 대하여 舵角 10° 를 주었을 때의 轉心位置의 變化를 Fig.3-2에 나타내었다.

대체적으로, 初期의 轉心位置는 0.119에서 0.135까지의 값을 가지며 $t'=4\sim6$ 이 될 때까지는 빠르게 變化하고 그 이후는 거의 一定한 位置에 이르고 있다.

대부분의 船舶의 최종값은 0.4~0.5이며, 최대 0.53에서 最小 0.38까지의 幅을 갖는다.

자주 變針을 해야 할 경우를 考察해 볼 때, 짧은 時間($t'=0.5\sim1.0$)마다 旋回가 이루어지므로 그때의 轉心의 位置는 $t'=0.5$ 일 때 0.22~0.25, $t'=1.0$ 일 때 0.28~0.33의 값을 가진다.

4. 結果에 對한 考察

前述하였던 數值計算結果를 方形肥瘠係數, 길이幅의 比, 길이一吃水의 比, 舵面積比의 크기別로 分類하여 轉心의 位置에 對하여 考察하였다.

4.1 方形肥瘠係數의 크기가 轉心의 位置變化에 미치는 影響

Fig.4-1을 보면 方形肥瘠係數의 차이에 의하여 時間이 變化할 때 轉心의 位置도 變化하는데 차이가 있음을 알 수 있다.

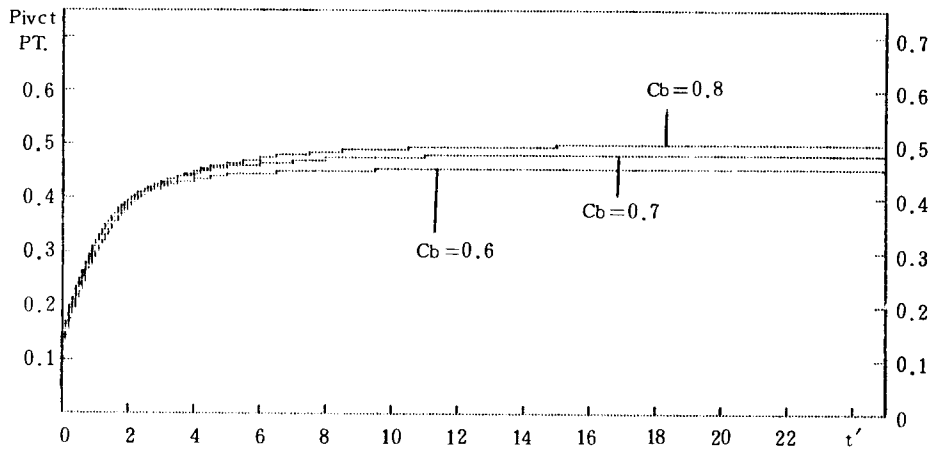


Fig. 4-1 Comparison of pivoting points as per time, t' by rudder angle, 10° in accordance with the magnitude of Block Coefficient, C_b .

初期의 轉心位置는 0.13 정도의 부근이지만 t' 가 증가함에 따라 $C_b=0.6$ 인 高速商船은 $t'=9.5$ 에서 0.45의 값을 가지며, $C_b=0.7$ 인 一般貨物船은 $t'=11$ 에서 0.48의 값을 갖고, $C_b=0.8$ 인 肥大船은 $t'=15$ 에서 0.5의 값을 가진다.

一般的으로, $t'=3$ 일 때까지는 轉心의 移動이 매우 빠르며 그 이후는 方形肥瘠係數가 증가함에 따라 轉心이 船首쪽으로 더 移動하고 있다.

특히 $C_b=0.8$ 인 肥大船은 $t'=5$ 에서 0.46의 값을 가지며 $t'=10$ 에서 0.49, $t'=15$ 에서 0.5의 값을 가지게 되어 轉心은 船首에 位置하고 있다.

4.2 船體의 길이—幅의 比가 크기가 轉心의 位置變化에 미치는 影響

Fig. 4-2는 船體의 길이—幅의 比가 變함에 따라 轉心位置의 變化에도 影響을 미치고 있다는 事實을 나타내고 있다.

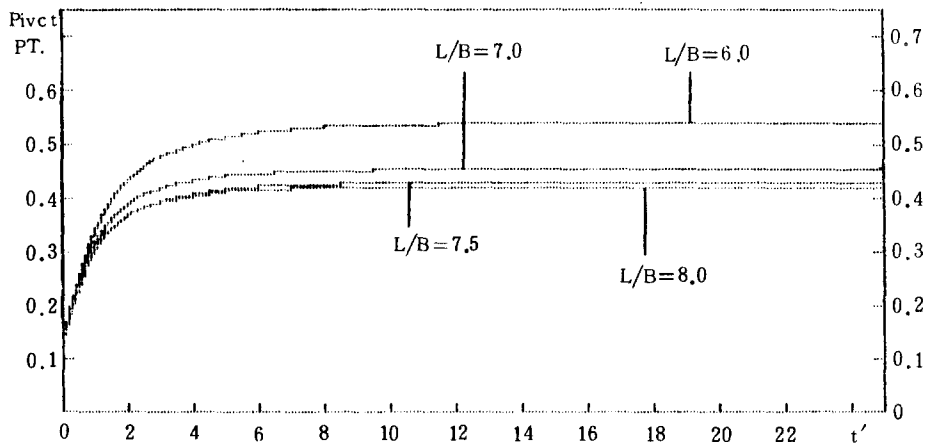


Fig. 4-2 Comparison of variation of pivoting points by 10° of rudder angle as per dimension less time, t' in accordance with the magnitude of length-beam ratio

初期($t'=0$)의 轉心의 位置는 L/B 가 6.0인 船舶은 0.125, L/B 가 7.0인 船舶은 0.128, L/B 가 7.5인 船舶은 0.131, 8.0인 船舶은 0.127로서 대체로 L/B 가 큰 船舶이 0.13 부근, L/B 가 작은 선박은 0.125 부근에 위치한다.

Fig. 4-2 그래프를 考察해 보면 L/B 의 크기가 증가하면 轉心의 位置는 더욱 船首쪽으로 移動하는 事實을 알 수 있다. 普通 $L/B=6.0$ 은 肥大船에서 많이 볼 수 있는 값으로 肥大船의 旋回徑이 普通의 船舶보다 작은 事實과 잘 부합된다.

4.3 船體길이—吃水의 比의 크기가 轉心의 位置變化에 미치는 影響

普通, 標準型의 船舶은 L/T 가 18程度이며 轉心의 位置는 0.45 정도의 값을 갖는다.

Fig. 4-3은 舵角 10度를 주었을 때 길이—吃水의 比가 크고 작음에 따라 轉心의 位置移動에 어떠한 變化가 있는지를 나타내는 그래프이다.

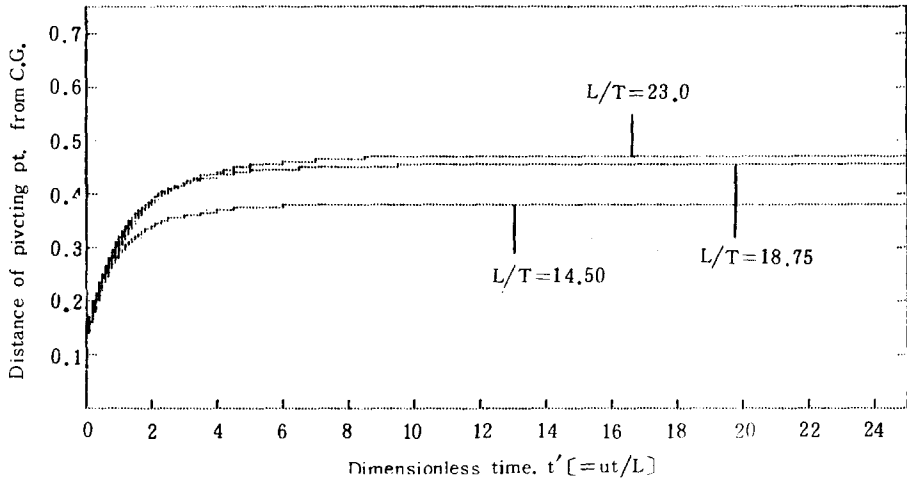


Fig. 4-3 Comparison of pivoting point distances from Center of gravity by 10° rudder angles in accordance with the magnitude of ship's Length-Draft ratio, L/T

L/T 의 값이 標準船보다 커질 때는 轉心의 位置變化가 크지 않지만 L/T 값이 標準船보다 작아지면 轉心의 位置는 標準船에 比하여 船首쪽으로 덜 이동한다.

4.4 舵面積比의 크기가 轉心位置의 變化에 미치는 影響

Fig. 4-4 는 舵面積比(水面下 측면적에 對한 舵面積比)의 크기가 달라지면 轉心位置의 時間에 따른 變化가 어떻게 되는가를 表示하고 있다.

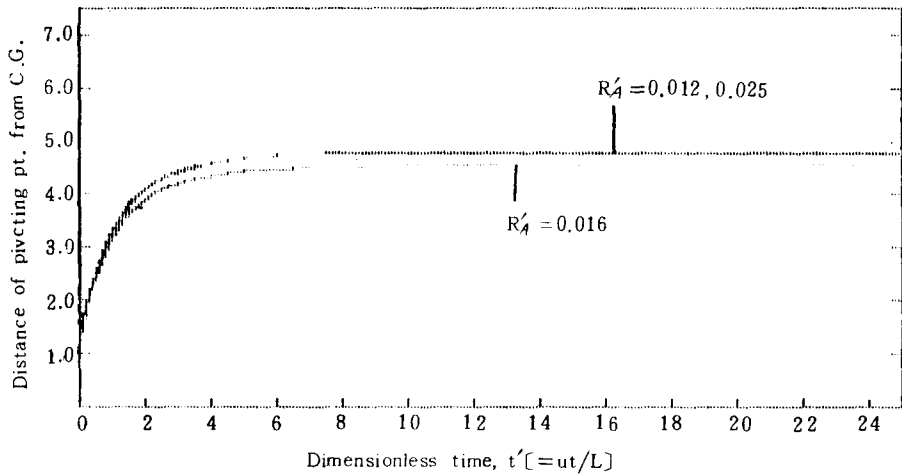


Fig. 4-4 Comparison of pivoting point distances from C. G. by 10° rudder angle in accordance with the magnitude of rudder area ratio, R_A' [= Rudder area/LT]

대체적으로 舵面積比의 增減에 의한 轉心位置의 變化에는 規則的인 關係는 없으며 거의 영향을 미치지 않는다는 事實을 發見할 수 있다.

5. 結 論

여러가지 船型의 船舶에 對하여 轉心の 時間의 變化에 따른 移動을 數值計算하였던 結果를 綜合하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

- (1) 旋回時 舵角에 變化를 주면 旋回徑의 크기는 달라지지만 轉心の 位置가 變化하는 過程은 同一하다.
- (2) 旋回中 轉心の 位置는 方形肥楮係數, 船幅, 吃水의 크기에 따라 差異가 있으며 舵面積比의 影響은 거의 없다.
- (3) 港內操船에 있어서는 通常 大角度 旋回를 하지 않으므로 轉心の 位置는 0.2~0.3L 程度에 있는 것으로 생각하고 操船하여야 할 것이다.
- (4) 方形肥楮係數가 0.8 以上이며 길이一幅의 比가 6.5 以下인 巨大型船이나 Container feeder 船에 있어서, 定常旋回時 轉心은 船首前方에 位置한다.
- (5) 船首前方에 있는 浮標와 같은 海上構造物을 피하고자 할 경우, 轉心이 空船時에는 船首가까이에, 滿載時에는 重心가까이에 位置한다는 점을 고려하여 操船하여야 할 것이다.

以上과 같은 結論이 操船實務者에게 도움을 줄 수 있으리라 생각하며, 狀況에 따라서는 風壓의 影響으로 인하여 轉心の 位置가 달라질 수도 있으므로 차후 研究되어야 할 課題로 思料된다.

參 考 文 獻

- 1) 尹点東 : 船舶運用的 理論과 實務, 第一文化社, 釜山, p. 33~56(1982)
- 2) 尹点東 : 巨大型船操船論, 亞成出版社, 釜山, p. 4~21(1983)
- 3) 孫景浩 : 船舶操縱運動의 力學的 構造, KTTC 耐航性 및 操縱性分科 第3次 Workshop, 釜山 (1984)
- 4) Philip mandel : Principles of naval architecture, Chapter VIII ship maneuvering and control, SNAME, New York, p. 482~486, 518~529(1967)
- 5) 赤崎繁 : 船體旋回學, 海文堂, 東京, p. 58~70(1975)
- 6) Kenneth S. M. Davidson : Turning and Course Keeping Qualities, transactions, Vol. 54, SNAME, New York(1946)
- 7) Haruzo Eda : Directional Stability and Control of ships in Restricted channels, transactions, Vol. 79. SNAME, New York(1946)

14 韓國航海學會誌 第10卷 第2號, 1986

8) J.D. Yoon : In herent Steering Characteristics Coming from the Configuration of a Vessel, transactions, Vol. 3, Journal of the Korean Institute of Navigation, Pusan(1984)