新アドミラルティ係数の提案 *

竹 井 治 雄**

Proposal of New Admiralty Coefficient

By Haruo Takei

As the formula of propulsion performance curves, this paper proposes new coefficient (the author calls it New Admiralty Coefficient) which contains four variables ie. the displacement of the ship (Δ) · the speed of the ship (V) · the output of main engine (Pe) · the revolution of propeller (N).

This New Admiralty Coefficient included logarithmic functions, the idea of which is referred to the report of Mr. Kazuo Ito who worked in Mikado Propeller Corporation. It was confirmed that the error of ship speed based on this coefficient was within 0.82% for 181 vessels.

1. ま え が き

一般商船の排水量 (Δ), 船体速度 (V), 主機関出力 (Pe), プロペラ回転数 (N) の4つの変数を含んだ速力曲線の数式化は, 私の長年にわたり希望する所でありました。

今日ここに発表する機会を得ました事は, 私の最も喜びとする所であります。

ここに発表致します新アドミラルティ係数は従来のアドミラルティ係数に, 「対数的」要素を加味したものであります。新アドミラルティ係数は, ミカドプロペラ株式会社伊藤一男先生のレポート¹⁾を参考にして導きました。

2. 従来のアドミラルティ係数

$$C_{adm} = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{DHP} : \text{アドミラルティ係数}^{3)}$$

ここで

Δ : 排水量 (ton)

V : 船体速度 (knot)

DHP : プロペラ伝達馬力 (ps)

3. 新アドミラルティ係数

新アドミラルティ係数及び関係式を次に示します。

$$\alpha = \frac{\Delta}{Pe} \times 10^{V/\beta} \dots\dots\dots (1)$$

: 新アドミラルティ係数

$$\alpha' = \frac{\Delta}{N^3} \times 10^{V/\beta'} : \text{係数} \dots\dots\dots (2)$$

ここに

Δ : 排水量 (ton)

$$V = \beta \times \log \left(\alpha \times \frac{Pe}{\Delta} \right) \dots\dots\dots (3)$$

: 船体速度 (Knot)

$$V = \beta' \times \log \left(\alpha' \times \frac{N^3}{\Delta} \right) \dots\dots\dots (4)$$

: 船体速度 (Knot)

$$Pe = \frac{\Delta}{\alpha} \times 10^{V/\beta} \dots\dots\dots (5)$$

: 主機関出力 (Ps)

$$N = \left(\frac{\Delta}{\alpha'} \times 10^{V/\beta'} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (6)$$

: プロペラ回転速度 (rpm)

$$\beta = \frac{V_2 - V_1}{\log \{ C (Pe_2 / Pe_1) \}} : \text{係数} \dots\dots (7)$$

$$\beta' = \frac{V_2 - V_1}{\log \{ C (N_2^3 / N_1^3) \}} : \text{係数} \dots\dots (8)$$

$$C \approx 0.98 : \text{係数} \dots\dots\dots (25)$$

注, 対数は10を底とする常用対数。

新アドミラルティ係数は次のようにして導かれました。
海上試験運転成績を解析して, スラスト馬力を求め, 半対数方眼紙の縦軸に $[THP / (\Delta \times L_{WL}^{1/2})]$ を目盛り, 横軸に速長比 $[V / L_{WL}^{1/2}]$ を目盛って置点し

* 原稿受付 昭和63年8月22日

昭和63年春期学術講演 (昭和63年5月18日)

** 正会員 (広島県因島市土生町97-5)

この諸点を最小自乗法で計算の上、直線で近似し、この係数を求めました。(図1, 参照)
直線の方程式 $[y = a \times b^x]$ より(1)式の新アドミラル

図1 $y = a \times b^x$

ちなみに、(9)式に

$$THP = Pe \times \eta_t \times \eta_o \times \eta_r \quad (12)$$

：スラスト馬力 (Ps)

を代入し、両辺の対数を取って整理すると、

$$\log \left(\frac{Pe \times \eta_t \times \eta_o \times \eta_r}{a \times \Delta \times Lwl^{1/2}} \right) = \frac{V}{Lwl^{1/2}} \times \log b \quad (9')$$

ここで (9') 式に

$$\frac{\eta_t \times \eta_o \times \eta_r}{a \times Lwl^{1/2}} = \alpha \quad (13)$$

$$\frac{Lwl^{1/2}}{\log b} = \beta \quad (14)$$

として代入すれば

$$\log \left(\alpha \times \frac{Pe}{\Delta} \right) = \frac{V}{\beta} \quad (15)$$

となります。

一方、(14)式に、(11)式を代入して、

$$\beta = \frac{Lwl^{1/2}}{\log b} = \frac{(x_2 - x_1) \times Lwl^{1/2}}{\log(y_2/y_1)} \quad (16)$$

ここで、(16)式に

$$x_1 = \frac{V_1}{Lwl^{1/2}}, \quad x_2 = \frac{V_2}{Lwl^{1/2}}$$

$$y_1 = \frac{THP_1}{\Delta \times Lwl^{1/2}}, \quad y_2 = \frac{THP_2}{\Delta \times Lwl^{1/2}}$$

$$THP_1 = Pe_1 \times \eta_{t1} \times \eta_{o1} \times \eta_{r1}$$

$$THP_2 = Pe_2 \times \eta_{t2} \times \eta_{o2} \times \eta_{r2}$$

を代入し、

$$\frac{\eta_{t2} \times \eta_{o2} \times \eta_{r2}}{\eta_{t1} \times \eta_{o1} \times \eta_{r1}} = C \quad \text{：係数} \quad (25)$$

とすれば、

$$\beta = \frac{V_2 - V_1}{\log(C \times Pe_2 / Pe_1)} \quad (7)$$

となります。

係数Cは約0.95~1.00なので、暫定的に

C ≒ 0.98 とします。(表1参照)

又、(15)式より、

$$\alpha = \frac{\Delta}{Pe} \times 10^{V/\beta} \quad (1)$$

となり、新アドミラルティ係数として求められます。

主機関出力 (Pe) は、プロペラ回転数 (N) の3乗に比例するものとして(2)式、(4)式、(6)式及び(8)式は、それぞれ(1)式、(3)式、(5)式及び(7)式から求めました。

記号説明

Lwl : 船の喫水線長さ (m) η_t : 軸系伝達効率

η_o : プロペラ単独効率 η_r : プロペラ効率比

4. 新アドミラルティ係数の活用

4.1 速力試験の回数 新造船の標柱間速力試験の回数 (主機関出力の程度) は、2回 (50%及び、常用出力又は定格出力) で良ろしい。

従来の4点計測から、2点計測とする事が出来ます。計測された2点を解析する事により、1つの推進性能曲線を表す式を求める事が出来ます。(図2, 参照)

4.2 保証速度のチェック 速力試験時の排水量 (Δ_T) が仕様書記載排水量 (Δ_S) と若干相違する場合、仕様書記載条件に対する船速 (V_S) は、速力試験時の船

表1 係数 β に係わる効率比: C

$$C = \frac{\eta_{t2} \times \eta_{o2} \times \eta_{r2}}{\eta_{t1} \times \eta_{o1} \times \eta_{r1}}$$

整理番号	船種	駆動状態	L _{WL} (m)	Δ (ton)	ΔxL _{WL} ℓ ²	η _{t2}	η _{o2}	η _{r2}	η _{t1}	η _{o1}	η _{r1}	C	備考
292	油槽	満載	166.64	38,090	492x10 ³	0.9980	0.5085	1.020	0.9970	0.5500	1.020	0.925	
291	油槽	満載	168.34	37,646	488x10 ³	0.9980	0.5335	1.020	0.9970	0.5467	1.020	0.977	
163	フェリー	満載	181.11	15,223	205x10 ³	0.9740	0.6906	0.980	0.9580	0.6963	0.980	1.008	
162	フェリー	満載	181.10	15,198	205x10 ³	0.9720	0.6893	0.980	0.9560	0.7026	0.980	0.997	
159	フェリー	満載	115.40	5,565	60x10 ³	0.9890	0.6972	0.995	0.9720	0.7188	0.995	0.987	
273	油槽	満載	86.00	4,755	44x10 ³	0.9890	0.4540	1.000	0.9720	0.5186	1.000	0.891	除外
152	フェリー	満載	76.00	2,218	19x10 ³	0.9910	0.6487	1.000	0.9840	0.6839	1.000	0.955	
33	鉱石	軽荷	217.00	33,240	490x10 ³	0.9900	0.5105	1.020	0.9900	0.5196	1.020	0.982	
66	PCC	軽荷	171.77	16,964	222x10 ³	0.9982	0.6094	1.030	0.9973	0.6094	1.030	1.001	
12	BC	軽荷	162.10	11,561	147x10 ³	0.9990	0.5817	1.010	0.9980	0.6033	1.010	0.965	
6	貨物	軽荷	149.47	10,670	130x10 ³	0.9986	0.6355	1.030	0.9985	0.6476	1.030	0.981	
129	フェリー	軽荷	127.31	6,712	76x10 ³	0.9920	0.6519	1.000	0.9860	0.6588	1.000	0.996	
123	フェリー	軽荷	116.86	4,243	46x10 ³	0.9890	0.7104	0.995	0.9700	0.7296	0.995	0.993	
332	トロール	軽荷	86.92	2,769	26x10 ³	0.9820	0.5178	1.000	0.9570	0.5407	1.000	0.983	
331	トロール	軽荷	86.92	2,763	26x10 ³	0.9819	0.5178	1.000	0.9580	0.5369	1.000	0.988	
113	フェリー	軽荷	76.37	1,908	17x10 ³	0.9910	0.6535	1.000	0.9840	0.6927	1.000	0.950	
	平均											0.979

図2 新アドミラルティ係数による速力曲線

速を V_T として

排水量 Δ_T の時 $V_T, Pe_T, \alpha_T, \beta_T$
排水量 Δ_S の時 $V_S, Pe_S, \alpha_S, \beta_S$
 $\Delta V = V_S - V_T$

$$= \beta_S \times \log \left(\alpha_S \times \frac{Pe_S}{\Delta_S} \right) - \beta_T \times \log \left(\alpha_T \times \frac{Pe_T}{\Delta_T} \right)$$

ここで、

$\Delta_T \doteq \Delta_S$ 故 $\alpha_S = \alpha_T, \beta_S = \beta_T$ と仮定して

$$\Delta V = V_S - V_T = \beta_T \times \log \left(\frac{Pe_S \times \Delta_T}{Pe_T \times \Delta_S} \right) \quad \dots (17)$$

$$\therefore V_S = V_T + \Delta V = V_T + \beta_T \times \log \left(\frac{Pe_S \times \Delta_T}{Pe_T \times \Delta_S} \right)$$

$$= V_T + \beta_T \times \log \left(\frac{\Delta_T}{\Delta_S} \right)$$

$$+ \beta_T \times \log \left(\frac{Pe_S}{Pe_T} \right) \quad \dots (18)$$

として求められます。

(18)式の右边第2項は、排水量の相違による船体速度の増加分を示し、右边第3項は、主機関出力の相違による船体速度の増加分を示します。

但し、気象条件・海象条件の修正は、ここでは考慮していません。

4.3 $(\beta \times \log \alpha)$ の値 船型別任意の排水量に対する $(\beta \times \log \alpha)$ の値を求める事が出来ます。

各種(排水量型)船舶の海上試運転成績を解析して、両対数方眼紙の縦軸に $(\beta \times \log \alpha)$ を、横軸に排水量 (Δ) を目盛って置点すれば、船型毎に強い相関関係があるので、類似船の推進性能の検討資料として利用する事が出来ます。(表2、図3及び図4、参照)

5. あとがき

新アドミラルティ係数 (α) は、今日造船界にまだかって存在しなかった、速力曲線の数式化を「極めて単純明解な式」として、与えたものであります。

表 2 ($\beta \times \log \alpha$) の範囲

整理 番号	船種	Lpp (m)	載荷 状態	排水量 Δ (ton)	主機定格 出力(合計)	参 考		$\beta \times \log \alpha$	備 考
						α	β		
1 6	貨物 貨物	29.5 152.0	軽荷 軽荷	181 10,670	300 11,200	53.267 97.386	5.036 9.631	8.694 19.152	
11 24	BC BC	164.0 170.0	軽荷 軽荷	11,254 18,462	10,700 11,600	125.383 57.623	8.456 10.950	17.744 19.278	
31 33	鉱石 鉱石	126.0 211.0	軽荷 軽荷	6,975 33,240	7,050 15,000	45.876 161.246	10.672 9.050	17.732 19.977	
41 44	メント メント	66.0 97.0	軽荷 空船	982 4,126	1,400 3,300	74.090 88.278	6.880 7.710	12.865 15.002	CPP・回転数通増
61 66	PCC PCC	102.0 178.0	軽荷 軽荷	4,073 16,964	4,000 15,500	54.633 29.887	9.498 15.088	16.502 22.262	CPP・回転数通増
82 131	フェリー フェリー	35.0 162.0	軽荷 軽荷	414 9,912	950 27,580	22.469 13.436	7.549 16.631	10.203 18.765	
141 162	フェリー フェリー	53.0 174.5	満載 満載	1,124 15,198	3,200 27,580	31.846 20.317	7.923 14.861	11.908 19.436	
171 179	客船 貨客	43.0 92.0	軽荷 軽荷	399 3,221	1,500 7,200	164.698 35.332	5.418 10.253	12.010 15.873	CPP・回転数通増
206 199	巡視 巡視	73.0 73.0	常備 常備	1,251 1,196	7,000 7,000	21.456 274.951	7.859 6.250	10.465 15.245	CPP・回転数通増 CPP・回転数通増
228 225	巡視 巡視	73.0 63.0	常備 常備	1,228 671	7,000 3,000	4.043 25.047	14.809 8.994	8.985 12.581	CPP・翼角通増 CPP・翼角通増
247 249	巡視 巡視	73.0 73.0	常備 常備	1,191 1,243	3,500 3,500	3.100 9.126	15.109 10.496	7.423 10.079	CPP・減軸・翼角通増 CPP・減軸・翼角通増
262 263	油槽 油槽	96.8 92.0	軽荷 軽荷	3,753 6,328	3,800 2,600	106.444 267.128	7.336 6.465	14.871 15.690	CPP・回転数通増
273 291	油槽 油槽	84.0 163.0	満載 満載	4,755 37,646	3,200 11,200	256.237 206.399	6.328 9.029	15.243 20.899	
261 306	硫酸 LAG	48.5 69.0	軽荷 軽荷	515 1,684	650 1,900	245.119 65.198	4.915 7.728	11.743 14.021	
312 315	漁実 漁練	40.0 55.0	軽荷 軽荷	500 1,186	1,000 2,000	61.592 101.511	5.965 6.527	10.674 13.096	CPP・回転数通増 CPP・回転数通増
332 334	トロール トロール	84.0 84.0	軽荷 軽荷	2,769 2,771	4,400 4,760	88.780 123.595	7.317 6.975	14.256 14.591	
343 346	冷蔵 冷蔵	90.0 136.0	軽荷 軽荷	2,853 6,160	5,600 10,700	116.459 21.165	7.115 14.350	14.701 19.022	
352 355	押船 押船	28.5 143.5	単独 バージ	544 8,821	3,200 3,200	9.300 335.122	7.568 5.016	7.330 12.665	「」を示す Δ とLppは、押船とバージの合計値
361 366	揚錨 揚錨	18.5 26.0	- -	125 330	230 800	22.765 72.625	4.789 4.465	6.500 8.310

(3)式の精度について、(1)式の新アドミラルティ係数(α)及び(7)式の係数(β)を用いて計算した場合、船速の誤差率は、

「回転数増進運転」(159隻208例、内CPP船22隻47例)の場合 $\pm 0.67\%$ 、

「翼角増進運転」(CPP船22隻32例)の場合は $\pm 1.81\%$ を得ました。

(合計181隻240例の総平均は $\pm 0.82\%$)

$$V = \beta \times \log \left(\alpha \times \frac{Pe}{\Delta} \right) \quad \text{..... (3)}$$

: 船体速度 (Knot)

$$\alpha = \frac{\Delta}{Pe} \times 10^{v/\beta} \quad \text{..... (1)}$$

: 新アドミラルティ係数

$$\beta = \frac{V2 - V1}{\log (0.98 \times Pe2 / Pe1)} \quad \text{: 係数 (7)}$$

ここで、 α の算定は2点の解析値の算術平均、

$$\alpha = \frac{\alpha1 + \alpha2}{2} \quad \text{..... (26)}$$

$$\alpha1 = \frac{\Delta}{Pe1} \times 10^{v1/\beta}$$

$$\alpha = \frac{D}{Pe^2} \times 10^{v^2/\beta}$$

として、求めて下さい。

なお今後(3)式の精度が±0.3%程度になるように、M E S Jにおかれて研究して下さいようお願い申し上げます。

4.1の標柱間速力試験の回数については、関係機関に於てご検討いただき、現今のコンピューター時代にマッチした方法(2点計測)とされますよう、ご提案申し上げます。

本提案式が些かなりとも、産業界(海運界・造船界・船用機関業界)及び学界に役立つならば、私にとってこの上ない喜びであります。

終りに、ミカドプロペラ御故伊藤一男先生の御霊に深く感謝申し上げると共に、元内海造船設計部村上嘉忠氏には長年にわたり御指導を頂き衷心より感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 伊藤一男, 小型船の試運転成績解析と推進性能の予想法,

ミカドプロペラNo.59, (船の科学Vol.11 No.11所載)。

- 2) 伊藤一男, 小型船の試運転成績を解析して得たTHPに関する報告, ミカドプロペラNo.70, (関西造船協会誌第115号所載)。
- 3) 関西造船協会, 造船設計便覧改訂版, (昭47), 389, 海文堂出版(株)。

〔質 疑 応 答〕

質問者 司会者

【質問】 船型別の $(\beta \times \log \alpha)$ の値の範囲について

【回答】 表2, 図3及び図4をご参照下さい。

なお(3')式の

$$V = (\beta \times \log \alpha) + \beta \times \log (Pe/D)$$

より判断して、同型船の場合 $(\beta \times \log \alpha)$ の大きい方が、推進性能が良い船となります。

又例えば、排水量5,000 tonで、主機関の出力が5,000 psの時は、第2項が0となり、到達船速は $(\beta \times \log \alpha)$ となります。