

一軸二舵船の舵に取り付けた水平フィンについて

正員 有井俊彦* 正員 細萱和敬*
 正員 長谷川和彦**

Design Practice for the Horizontal Fin of a Single Screw-Twin Rudder System

by Toshihiko Arie, Member

Kazuyoshi Hosogaya, Member

Kazuhiko Hasegawa, Member

Key Words: Single screw-Twin Rudder, Horizontal Fin, Angle of Fin

1. 緒言

一基のプロペラに二枚の高揚力舵（シング舵）を配する構成の“ベクツイン”舵は優れた操船性能を評価されている。このシステムの推進性能を改良するために、二舵の内側に水平フィンをつけて、プロペラ後流を利用して得たフィンの揚力の船首尾方向成分を前進推力として、推進性能を改善するシステムが採用されているが、フィンの平面形状・大きさ・取り付け角などの設計要素について効果的に設計することが重要である。

設計要素の最適化は、回流水槽における舵模型実験、大型水槽での実験、実船の就航データ解析を基に数値計算手法を加えて、個々の船の船尾形状に適したものとするが、本論文では、フィンの取り付け角を決定する手法について述べる。

2. ベクツイン舵の概要

Fig.1 は小型船舶に採用されているベクツイン舵の例である。

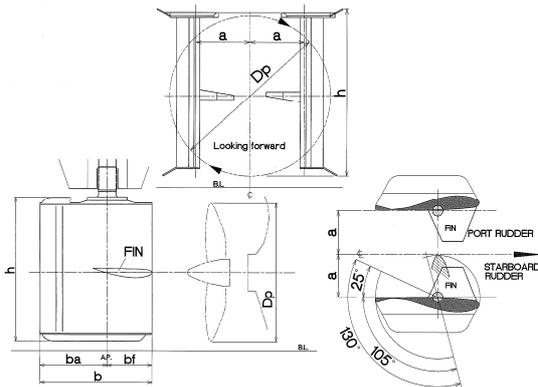


Fig. 1 Arrangement of VecTwin rudder

二枚の舵の角度を組み合わせることによって、プロペラは前進回転のまま船体の定点保持・前後進・その場回頭を含めたいろいろなパターンの操船が可能である。

* ジャパンハムワージ(株)

** 大阪大学大学院工学研究科

原稿受付 平成 24 年 4 月 6 日

春季講演会において講演 平成 24 年 5 月 17, 18 日

©日本船舶海洋工学会

Table 1 Miscellaneous dimension of rudder

舵高さ h	(Dp + about 0.2) (m)
舵幅 b	(0.75~0.83)*Dp (m)
A.P.~舵前縁の距離 bf	0.40*b (m)
プロペラ軸心~舵軸中心の距離 a	(Bf + 0.04~0.05) (m)

舵の寸法は、Table 1 に示す標準で決められるが、後述のフィンの寸法は、上記の舵寸法の条件の中で決定される。ベクツイン舵の推進性能を改良するために、二舵の内側に水平フィンをつけて、プロペラ後流を利用して、フィンの揚力を前進推力に利用して、推進性能を改善することが提案された¹⁾。プロペラの回転によって生じるプロペラ後流は、プロペラの回転方向に旋回しながら後に流れ、左右のフィンに流入する。このとき、左右のフィンはプロペラの後方において、ほぼプロペラ軸線上に位置するので、一方のフィンに対する水流が後方に向かって上向きの角度をもって入射し、他方のフィンに対する水流が後方に向かって下向きの角度をもって入射し、船の前進方向に分力を持つ揚力を発生して船の推進効率が上がる。プロペラの回転方向が、船尾方向より見て、前進時に右回りする場合は、左舷側につくフィンは翼先端~後端ラインに対して上方にキャンバーを有するものとし、右舷側のフィンはその逆で、下方にキャンバーを有するものとする。Fig.2 に左舷側フィンの場合の、フィン角度、流入角とフィンによる推力の模式図を示す。フィン翼は NACA4415 とし、翼弦長は、フィンへの回転流の迎角の大きい翼根部で大きく、流入迎角の小さい翼端部で小さくして、翼面からの剥離を防止して、推力成分を増加させるようにしている。フィンの平面形状を表すパラメーターを Fig.3 に示す。Table 2 には本論文でとりあげる船の舵形状と合わせてフィンパラメーターを示している。

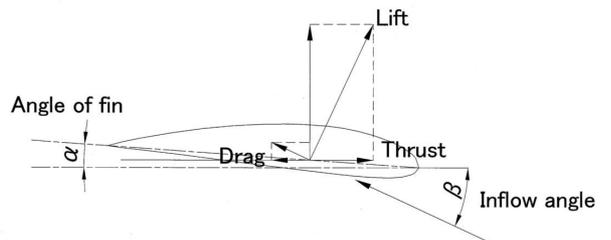


Fig.2 Fin force and its components

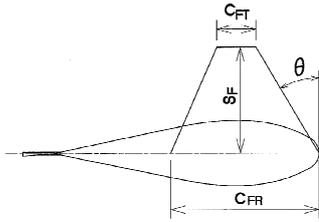


Fig.3 Parameter of fin shape

3. 最適フィン角

3.1 水槽試験による最適値設定

フィン角の最適値を設定するには、水槽試験による方法が基本的である。水槽試験は、次のような試験を行う。例として Table 2 の A 船の場合をとりあげる。左舷側のフィン角度を 4 度とし、右舷側のフィンを -8 度、-4 度、0 度、4 度として計画速度で自航試験を行う。模型船の全推進効率 η の値で良否を判断するものとし、Fig.4 において、左舷側の角度 4 度に固定したとき、右舷側は -1.4 度が最適となる。次に右舷側を -1.4 度にして左舷側の角度を 0 度、4 度、8 度、14 度に変えて自航試験を行い、左舷側は 6 度が最適となる。フィン角を左舷を 6 度、右舷を -1.4 度として、以降の抵抗試験・自航試験を実施することになる。

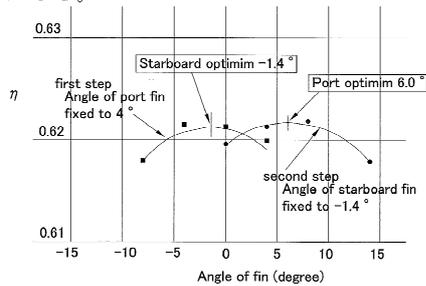


Fig.4 Optimum fin angle for A ship

Table 2 Miscellaneous dimension of rudder

船型	A (Cargo)	B (VLCC)
Lpp (m)	7.80	7.08
Dp (m)	0.25	0.215
Rudder height h (m)	0.261	0.419
breadth b (m)	0.200	0.112
Fin	s_F (m)	0.075
	c_{FR} (m)	0.106
	c_{FT} (m)	0.040
	θ (deg.)	22
		30

3.2 流場特性とフィン角最適値の関係

フィンを設ける流場の特性を把握して、フィン最適角との相関を調べるため次のような手法を用いた。まず流線計測を実施して、フィンへの流入角を求める。プロペラ軸芯面を挟んだ 3 点 (Z=20mm, 0mm, -20mm; Z は軸芯を原点とする模型ベースの上下方向高さ) での流入角 β を Fig.5 のように示す。横軸 (y) は軸心からの左右方向の距離を表す。

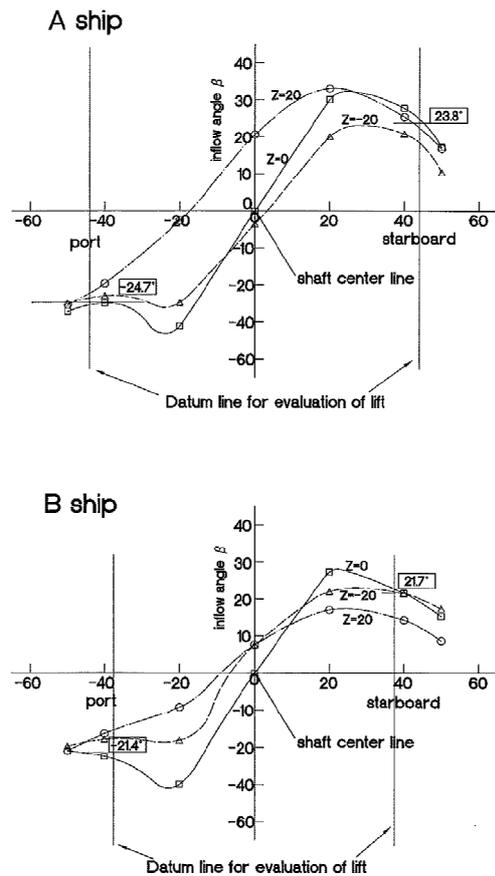


Fig.5 Inflow angle

この分布図はいずれも同様な傾向を示し、Z=0 の場合、軸心からの距離 y が約 20mm 近辺で流入角の極値がある。フィンへの流入角は横軸方向に変化しているのが、本来はこの変化に従ったものとすべきであるが、翼のひねりが入ってくるので、構造的に好ましくない³⁾。従って、フィンの取り付け位置、角度を決定する基準として、代表点である y 値に対しての流入角をもって代表流入角とした。この代表点 y を、フィンの揚力評価基準線と呼び、次のようにして設定した。フィンの揚力は、フィンのスパン方向に渡って変化しているが、矩形フィンの場合の形状を文献²⁾に従って、Fig.6 のように、楕円分布をしていると想定した。さらにフィンのコード長さに対応して翼根から翼端に渡って分布を変化させ、修正分布とする (Fig.6 のフィン形状は A 船の場合を示す)。この修正揚力の平均値 0.734 に相当する横軸の値 0.527 を揚力評価基準線とした。

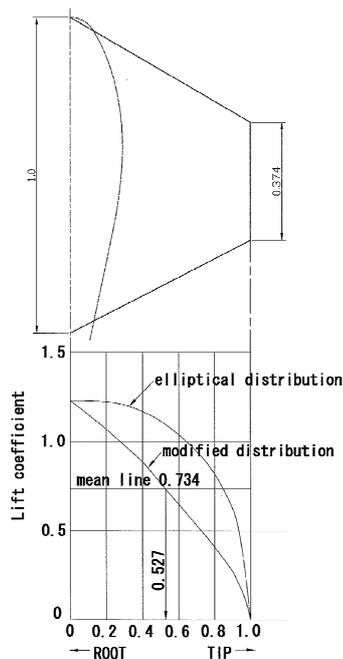


Fig.6 Datum line for evaluation of lift

先の Fig.5 において揚力評価基準線に対応した角度を読み、 $z=0$ での値を Table 3 に示す。

Table 3 Inflow angle

船型	A(Cargo)	B(VLCC)
Inflow angle		
Port (deg.)	-24.7	-21.4
Starboard (deg.)	23.8	21.7
Optimum fin angle		
Port (deg.)	6.0	8.0
Starboard (deg.)	-1.4	-4.0

Table 3 には、水槽試験で得たフィン角の最適値を記載している。 Fig.7 に流入角とフィン角最適値を示した。

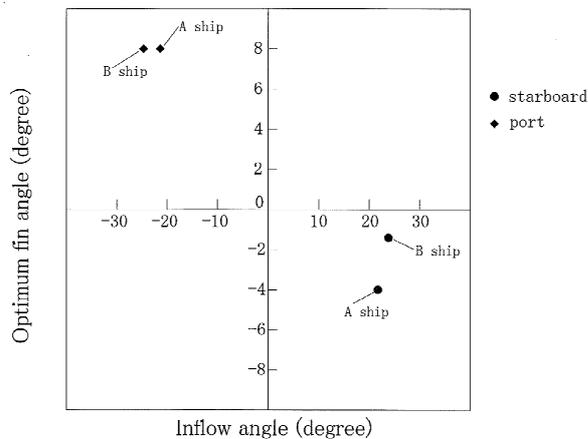


Fig.7 Inflow angle to optimum fin angle

少ない例から結論は出せないが、実例を増やすことにより流入角とフィン角最適角の関係を Fig.7 によりまとめることにより、ある標準が見出される可能性がある。

4. 結論

一軸二舵船の舵に設けるフィンにつき、形状が決定された後、取り付け角をどうすればよいか、水槽試験により決めるのが基本的な方法であるが、流場のパターンが推定できる場合、それを基に最適角を推定する手法につき検討した。フィンの揚力の代表する基準位置として揚力評価線の概念を導出し、流場の流向を推定する方法を提案した。実例データを増やすことにより、本手法の有用性をさらに確認したいと考える。

参考文献

- 1) ピーター・ピンガム、富田幸雄：公開実用新案、実願平 6-6195、1994 年 1 月 25 日。
- 2) S. F. Hoerner, H. V. Borst : Fluid-dynamic lift, 1975, pp.3-2,15-5.
- 3) 岡本幸彦：実用新案公報、実公平 6-35918、1994 年 9 月 21 日