

かごしま丸のプロペラ翼換装結果についてーⅡ

燃料消費量および速力への影響

関 岡 幹 尚, 宮 原 圭 一
田 中 久 雄, 島 里 錠 次

Comparative Study on the Utility of Highly Skewed Propeller in Kagoshima-Marū-Ⅱ The Effect of Highly Skewed Propeller on Fuel Consumption and Ship-speed

Mikihisa Sekioka*, Keiichi Miyahara*,
Hisao Tanaka*, and Joji Shimazato*

Keywords: highly skewed propeller blade (HSB), conventional propeller blade (CB), controllable pitch propeller(CPP), blade angle(BA), fuel consumption, ship-speed

Abstract

Tests were carried out to examine changes on fuel consumption and ship-speed when the conventional propeller blades were changed for highly skewed ones, on the bases of the same revolution of the main engine and the same blade angle of the propellers at a cruising speed.

The results of the replacement are as follows:

- 1) Fuel consumption of the main engine was reduced by about five percent per day.
- 2) Ship-speed was slightly dropped so that sailing distance per day was slightly shortened.

Highly Skewed Propeller Blade(HSB)はConventional Propeller Blade(CB)に比較してプロペラによる起振力, ノイズ等を減少させ船体振動の軽減に顕著な効果があるということが数多く報告¹⁻³⁾されており, その使用実績は着実に増えつつある。また最近では, 省エネルギーにもつながる高効率のプロペラとしても強い関心が寄せられている⁴⁾。

プロペラの性能に関する模型実験によれば, HSBおよびCBの推進性能はほぼ同等であるか, あるいはわずかに低下するという報告⁵⁻⁷⁾がある。また逆にHSBの方が向上したという報告^{8,9)}もある。しかしながら実船実験の報告例がほとんどなく, 今のところまだ不明な点

* 鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸 (Training Ship Kagoshima-Marū, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890 Japan)

が多い。

本研究はHSBの性能を実船で知ることを目的とし、前報¹⁰⁾ではプロペラ翼をCBからHSBに換装した、かごしま丸の船体振動を調べ、HSBの採用が船体振動の軽減に有効であるという結果を得た。引き続き、本報では主機関の燃料(A重油)の消費量および船の速力に及ぼすプロペラ翼換装の影響について比較検討した。

実験概要

1. 実験船の主要目

実験船かごしま丸は、1981年に建造された船尾トロール型漁業練習船(中央機関型、一基一軸)で可変ピッチプロペラを装備している。船体および主機関の要目をTable 1に、プロペラの要目および形状をそれぞれTable 2およびFig. 1に示す。

2. 実験方法

遠洋航海の往路、鹿児島、シンガポール間において、通常航海速力で航走中に、連続5日間にわたり主機関の燃料消費量と船の速力(対地)を計測した。CBおよびHSBについてそれぞれ2年分を計測したが、それらの算出方法は以下のとおりである。ただし、1日当たりの航進時間は、時差調整のため24.5時間の日もあり、その場合は、24時間に換算した値を用いた。

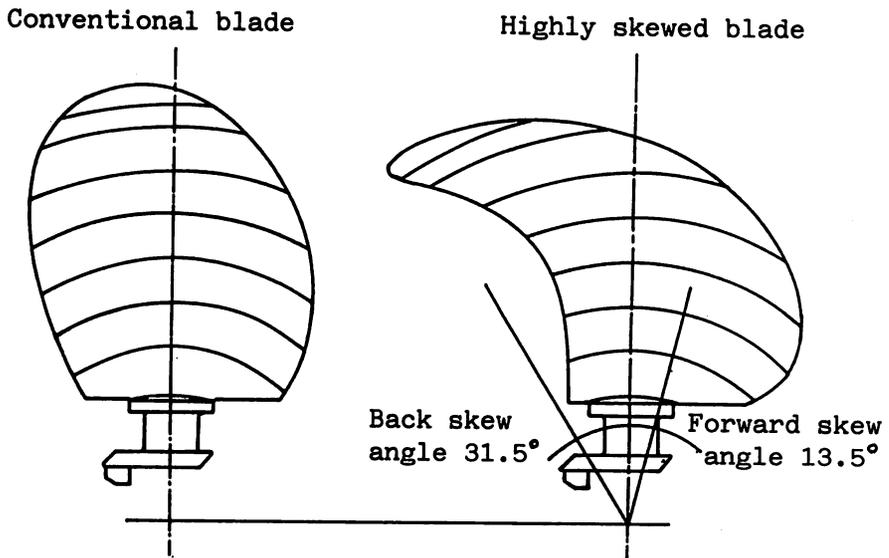


Fig. 1. Blade contour

Table 1. Principal specifications of hull and main engine of the Kagoshima-Maru

HULL	
Class	Fisheries training ship
Length.Breadth.Depth	69.27 × 12.60 × 5.45 m
Designed load draught	4.80
Block coefficient	0.585
Gross tonnage	1,292.75 t
Speed	13.00 kt
MAIN ENGINE	
Type	Single acting 4 stroke cycle geared diesel engine with exhaust gas turbine
Number of cylinder	6
Diameter of cylinder	320 mm
Length of stroke	640 mm
Maximum continuous out put	2,200 ps × 280 rpm
Normal out put	1,870 ps × 265 rpm
Reduction gear ratio	1 : 1.37

Table 2. Principal specifications of propellers examined

	C B	HSB
Diameter	3,100 mm	
Pitch	2,170 mm	
Pitch ratio	0.700	
Disc area	75,477 cm ²	
Expanded area	36,984 cm ²	
Projected area	33,512 cm ²	33,533 cm ²
Expanded area ratio	0.490	
Projected area ratio	0.4440	0.4443
Boss ratio	0.289	
Blade thickness ratio	0.0469	
Number of blades	4	
Rake angle	0°	
Weight	1,456 kg	1,500 kg
Material	KA1BC ₃	
Skew angle	9.3°	45.0°

1) 燃料消費量

燃料油流量計により24時間の流量および平均油温を求め、次式によって容積換算を行い重量で算出した。

$$V_{15} = V \times \nu \quad [l]$$

$$W_{15} = V_{15} \times G_{15} \quad [kg]$$

V_{15} : 15℃における24時間あたりの燃料消費容量 [l]

W_{15} : 15℃における24時間あたりの燃料消費重量 [kg]

V : 24時間あたりの燃料消費量 [l]

ν : 容積換算係数

G_{15} : 15℃における燃料油比重(0.860を用いた)

2) 速力

24時間あたりの航程から次式を用いて算出した。

$$S = M/24h \quad [kt]$$

S : 速力 [kt]

M : G.P.S(衛星による双曲線航法), NNSSまたは実測により求めた24時間あたりの航走距離 [NM=nautical mile]

3. 計測期間および計測条件

1) 計測期間

(CB)

1985年4月26日から4月30日まで(5日間), 1987年5月2日から5月6日まで(5日間)

(HSB)

1988年4月26日から4月30日まで(5日間), 1989年4月26日から4月30日まで(5日間)

2) 計測条件

CBおよびHSBによる計測条件をほぼ同じにするため、下記の項目について考慮した。

(1) プロペラ回転数, 翼角, 排水量

(2) プロペラおよび船底の汚損度

(3) 海象, 気象条件等

プロペラ回転数および翼角を一定とし, さらに燃料油および清水のタンクコンディションをできるだけ等しくして, 排水量がほぼ同じになるように配慮した。

船底は, 毎年1回(10月頃)の入渠時に底洗いおよび防汚塗装を施行し, プロペラについては遠洋航海直前に, 潜水夫による付着生物の除去作業を行った。作業の前後には水中ビデオカメラにより船底およびプロペラの汚損がほとんどないことを確認した。さらに, 主機関の係留運転を行ってプロペラの負荷状況をもチェックした。

また海象, 気象条件等を考慮し, 計測は各年度とも同じ時期に行った。

結果および考察

Table 3に係留運転時の主機関の負荷状態を示す。翼角を推力の生じない -1.5° に固定し, 燃料ハンドルノッチを4段階に変化(航海速力時は8.5ノッチ)させて, プロペラ軸回転数, トルクおよび軸馬力の推移を見たものである。トルクと軸馬力についてCBとHSBを比較すると, 両者ともHSBの方が小さくなっており, そのため, 航海中における燃料消費量も減少することが予測された。

Table 4はCBおよびHSBの航走中における, 翼角, 回転数および排水量を一定にした場合の主機関燃料消費量, 速力, 航走距離および風向, 風力を毎正午に5日間計測したものである(風向, 風力については1日6回計測したものの平均値を示し, 風向は16方位法による)。主機関回転数は積算回転計から求めた数値であり, 軸回転数は主機関回転数を減速比(1.37)で除した数値である。各平均値は, それぞれ5日間の平均である。

またFig. 2に1日あたりの主機関燃料消費量と速力を示す。縦軸は燃料消費量と速力を表し, 横軸は計測日順を示す。計測データがそれぞれの航海において5回づつしかないが, 翼換装後の主機関燃料消費量はあきらかに減少していることがわかる。なお, 船速については

Table 3. Experimental results for the moored Kagoshima-Maru

	C B				HSB			
	1985. 4. 16		1987. 4. 24		1988. 4. 23		1989. 4. 22	
Date								
Blade angle (deg.)	-1.5				-1.5			
Fuel handle	7	8	9	10	7	8	9	10
Propeller shaft revolution (rpm)	169	180	190	200	171	179	190	199
	168	179	190	198	170	181	189	197
Torque (t-m)	0.80	0.90	1.03	1.15	0.64	0.70	0.80	0.89
	0.74	0.87	1.00	1.10	0.60	0.70	0.78	0.87
Shaft horse power (PS)	189	226	273	320	151	173	210	240
	173	217	265	303	142	172	202	233

Table 4. Experimental results for the cruising Kagoshima-Maru

Date	C B						H S B					
	1985. 4. 26 1987. 5. 2	4. 27 5. 3	4. 28 5. 4	4. 29 5. 5	4. 30 4. 6	Average	1988. 4. 26 1989. 4. 26	4. 27	4. 28	4. 29	4. 30	Average
Engine revolution (rpm)	253.9 252.3	254.5 252.1	254.0 252.0	253.8 251.4	253.3 251.3	253.9 251.8	253.1 252.3	252.8 252.1	252.6 252.1	252.5 251.9	252.3 251.9	252.7 252.1
Propeller shaft revolution (rpm)	185.3 184.2	185.8 184.0	185.4 183.9	185.3 183.5	184.9 183.4	185.3 183.8	184.7 184.2	184.5 184.0	184.4 184.0	184.3 183.9	184.2 183.9	184.4 184.0
Blade angle (deg.)	18.5 18.5	18.5 18.4	18.5 18.5	18.5 18.7	18.5 18.6	18.5 18.5	18.5 18.4	18.5 18.5	18.4 18.6	18.4 18.5	18.4 18.5	18.4 18.5
Fuel consumption (kg/day)	4,708 4,610	4,684 4,708	4,601 4,551	4,580 4,468	4,629 4,448	4,636 4,557	4,435 4,326	4,401 4,256	4,405 4,277	4,369 4,246	4,505 4,302	4,423 4,281
Sailing distance (NM)	295.0 287.5	292.1 272.4	285.8 302.6	285.9 285.1	280.5 301.0	287.9 289.7	295.3 278.1	276.7 289.9	280.2 286.9	288.6 289.2	290.4 286.3	286.2 288.1
Ship-speed (kt)	12.3 12.0	12.2 11.4	11.9 12.6	11.9 11.9	11.7 12.5	12.0 12.1	12.3 11.6	11.5 12.1	11.7 12.0	12.0 12.1	12.1 12.3	11.9 12.0
Wind direction/force	15/3.7 1/3.3	16/2.5 16/4.2	15/3.8 6/4.2	14/3.3 16/2.7	14/3.7 15/2.5	--	1/2.4 15/2.5	15/3.8 15/2.6	15/3.5 15/3.5	2/2.7 13/3.0	15/2.3 14/2.0	--
Displacement tonnage (t)	2,044 2,036	2,035 2,016	2,026 2,007	2,013 2,005	2,001 2,006	2,024 2,014	2,039 2,034	2,026 2,027	2,013 2,023	2,018 2,019	2,002 2,008	2,020 2,022

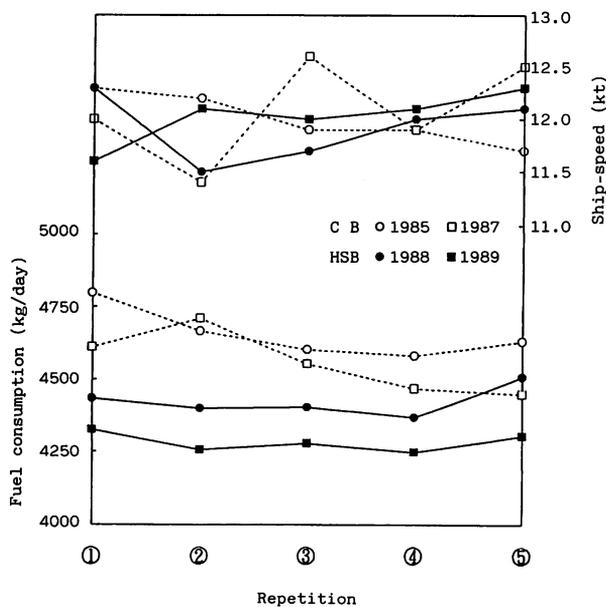


Fig. 2. Fuel consumption and Ship-speed

ばらつきが大きくCBとHSBの比較は困難であるが、平均値をもとめるとHSBの方が0.07 (kt)低下している。なお船速の差の大きな2点(CB1987年5月3日と5月4日)について見てみると、風力は同じで風向が逆になっているのでその影響と思われる。

CBおよびHSBの燃料消費量(平均値)の差は、 $4596.5 - 4352.0 = 244.5$ (kg/day)となり、その減少割合は5.32%である。

また速力は、CBからHSBに換装することによって0.07 (kt)低下したため1日あたりの航走距離が1.63 (NM)減少した。CBおよびHSBによる航走距離は、それぞれ288.79 (NM)および287.16 (NM)であるから、1マイルあたりの燃料消費量は、CBが15.916 (kg/NM)でHSBが15.155 (kg/NM)となり、HSBの方が0.761 (kg/NM)すなわち4.8%減少したことがわかる。ただしCBに比較してHSBの主機関回転数の平均値はごくわずか(0.5rpm)であるが少ないため、これが換装後の燃料消費量および速力に多少は影響をおよぼしているものと思われる。

以上の実験結果から、かごしま丸では、プロペラ翼をHSBに換装したことにより船体振動の軽減とともに、省エネルギーの点でも顕著な効果が得られた。

要 約

プロペラ翼を従来型からハイリースキュード型に換装したことによる、主機関の燃料消費量および船の速力の変化を計測比較し、次のような結果を得た。

- 1) 主機関燃料消費量は1日あたり5.3%減少した。
- 2) 船の速力はごくわずかであるが低下した。したがって1マイルあたりの燃料消費量は4.8%の減少にとどまった。

文 献

- 1) 千葉規胤, 中村直人(1976): Highly Skewed Propeller について. 日本船用機関学会誌. 11(9), 12-17.
- 2) 広本豊, 石原泰明, 吉田穰(1983): スキュードCPP 採用による船体振動の改善. 日本船用機関学会誌. 18(2), 111-116.
- 3) 凌志浩, 住吉茂雄, 城戸口秀典(1985): Highly Skewed Propeller と Conventional Propeller の翼発生応力と船尾振動についての実船比較実験. 日本海事協会誌. 191, 56-66.
- 4) 山崎正三郎, 後藤紀彦, 上森初之, 村田浩司(1988): 高効率KISプロペラの開発. R & D 神戸製鋼技報. 38(4), 81-84.
- 5) 千葉規胤, 中村直人(1979): Highly Skewed Propeller について(続). 日本船用機関学会誌. 15(3), 5-11.
- 6) 中島稔, 菅野博志, 久保博尚, 板谷芳樹(1981): ハイスキュープロペラの系統的模型試験および実船実験. 日本船用機関学会誌. 17(1), 51-60.
- 7) 丸橋亮(1978): 可変ピッチ用「スキュード・プロペラ」について. 日本船用機関学会誌. 13(9), 89-94.
- 8) 林義彦(1984): ハイスキュードプロペラの換装結果について. 船の科学. 37, 63-69.
- 9) 山崎正三郎, 高橋通雄, 奥正光, 伊藤政光(1981): Highly Skewed Propeller の研究(第1報: 推進性能とキャビテーション性能に関する模型実験). 日本造船学会論文集149, 88-99.
- 10) 関岡幹尚, 宮原圭一, 田中久雄, 島里錠次(1988): かごしま丸のプロペラ翼換装結果について-I -船体振動の軽減-. 鹿児島大学水産学部紀要. 37, 127-134.