

かごしま丸のプロペラ翼換装結果について III : 船体振動・燃料消費量・速力への影響

著者	関岡 幹尚, 田中 久雄, 島里 錠次, 宮原 圭一
雑誌名	鹿児島大学水産学部紀要=Memoirs of Faculty of Fisheries Kagoshima University
巻	40
ページ	157-164
別言語のタイトル	Comparative Study on the Utility of Highly Skewed Propeller in Kagoshima-Maru III : The Effect of Highly Skewed Propeller on Hull Vibrations, Fuel Consumption and Ship-speed
URL	http://hdl.handle.net/10232/14370

かごしま丸のプロペラ翼換装結果について—Ⅲ
— 船体振動・燃料消費量・速力への影響 —

関岡幹尚, 田中久雄, 島里錠次, 宮原圭一

Comparative Study on the Utility of Highly Skewed
Propeller in Kagoshima-Maru — Ⅲ

The Effect of Highly Skewed Propeller on Hull Vibrations,
Fuel Consumption and Ship-speed

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

Keywords : highly skewed propeller blade (HSB), conventional propeller blade (CB)
hull vibration, fuel consumption, ship-speed

Abstract

In order to confirm the effect of Highly Skewed Propeller Blade, long term tests were carried out to investigate changes on hull vibrations, fuel consumption, and ship-speed, not only at a cruising speed, but also at various speed, by replacing propeller blades.

The results of the replacement are as follows:

- 1) Vertical vibrations are effectively reduced at the stern part of the hull.
- 2) Fuel consumption of the main engine was reduced by about four percent.
- 3) Ship-speed was slightly raised so that sailing distance per day was slightly pro-longed.

船体振動の軽減に顕著な効果のある Highly skewed propeller は、近年、採用実績が着実に増え、実船による conventional propeller との比較実験の報告¹⁻⁴⁾もなされているが、実験の期間や海域が限られ、また長期間にわたる実験の報告例がない。

かごしま丸は、1987年にプロペラ翼を conventional blade (CB) から Highly skewed blade (HSB) に換装し、それぞれの船体振動を計測し比較した⁵⁾。さらに、主機関の燃料消

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

費量（以下燃料消費量という）と速力についても計測比較を行った。

その後1989年に HSB から CB に換装し、さらに1年後には、再び CB から HSB への換装を行い、通常航海時の船体振動、燃料消費量および速力の比較実験を行ったので報告する。

船体振動の比較について、前回の実験では、CB から HSB に換装する直前、および換装した直後に計測したが、今回は、CB および HSB で、それぞれ1年間にわたり計測データを採取した。また、燃料消費量と速力は、前回の実験では海域を特定し、24時間ごと5日分のデータで比較したが、今回は、海域の特定はせず、1時間ごとの計測を行った。

以上のように、今回の実験では、前回の実験に比べて多数のデータを採取し、またその精度を上げる方法も採用して、過去2回の実験より信頼性の高い数値を求めることを目的とした。

実験概要

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、プロペラの要目を Table 2 に示す。

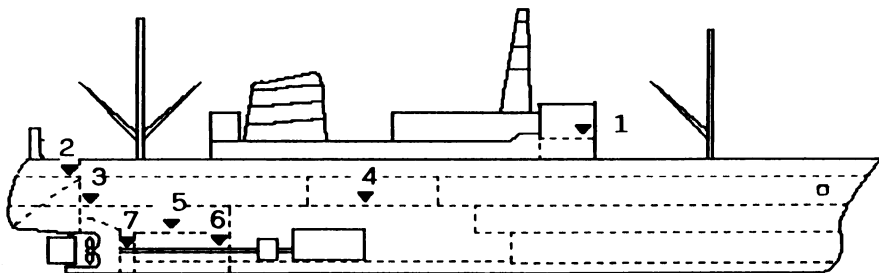
(1) 計測器

振動計	リオン	FFT シグナルアナライザ	SA-77
		振動ピックアップ	PV-57
燃料流量計	トキコ	FRAB835BAJ	ルーツ式
速力計	北辰電機	電磁ログ	EML-12
軸馬力計	赤坂鉄工	MTP-250S	

(2) 計測方法

振動は、Fig. 1 に示す計測場所において垂直方向の加速度（平均値）を周波数領域で0～100 Hz の範囲を測定した。また、統計検定のために、95%信頼区間を求めた。

燃料消費量は1時間あたりの流量を計測し、燃料弁からの戻り油量を差引き、容積



1, Wheel house; 2, Trawl ramp; 3, Steering engine room; 4, Officer's mess room; 5, Crew's quarter; 6, Engine room bulkhead; 7, Stern tube

Fig. 1. Locations where hull vibration was measured.

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 cylinders	6
Diameter of cylinder	320 mm
Length of stroke	640 mm
Maximum continuous output	2,200 ps× 280 rpm
Normal output	1,870 ps× 265 rpm
Reduction gear ratio	1 : 1.37

Table 2. Principal specifications of propellers examined

	CB	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°

換算および比重換算を行って求めた。また、CB および HSB による燃料消費量についてt検定を行った。

速力(対水)は電磁ログの1時間あたりの積算値から算出した。また、CB および HSB による速力についてt検定を行った。

(3) 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、既報⁵⁻⁶⁾と同様下記の項目について考慮した。

- 1) プロペラ軸回転数, 翼角
- 2) プロペラおよび船底の汚損の状態
- 3) 海象

(4) 計測日

- 1) 海上試運転時 CB 装備 1985年10月12日, 1986年 2月17日, 1989年11月 8日
 HSB 装備 1987年10月 3日, 1988年10月22日, 1990年11月 2日
- 2) 通常航海時 CB 装備 1989年11月~1990年11月
 HSB 装備 1988年10月~1989年10月, 1990年11月~1991年 7月

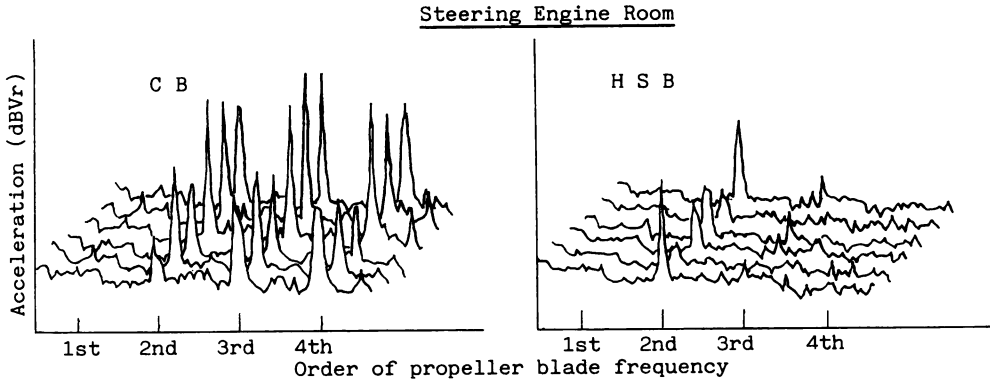


Fig. 2-1. Hull vibrations in the direction of vertical

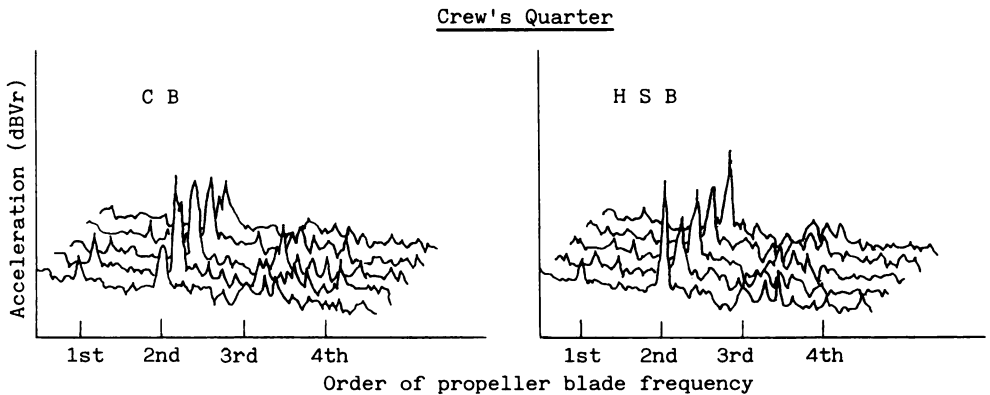


Fig. 2-2. Hull vibrations in the direction of vertical

結果および考察

Fig. 2 は, 全速前進時の船体振動加速度のスペクトル図で, 操舵機室と部員居住区について例示する。縦軸は振動加速度で, 横軸はプロペラ翼による起振周波数の次数で4次までのデータを示す。

プロペラ翼と主機関の起振周波数は, きわめて近いところにあり, 各次数のピーク値は, 両起振力の合成となるが, CB および HSB の計測時における軸出力がほぼ同じであるため, 振動加速度の変化はプロペラの起振力の増減によるものといえる。

Table 3 は, Fig. 1 に示す7個所の計測点において, 全速前進時に採取した5~8回のデータをプロペラ翼起振周波数の1~8次について平均し, CB と HSB について比較したもので

Table 3. Hull vibrations in the direction of vertical and measured points

	1. Wheel House			2. Trawl Ramp			3. Steering Eng. Room			4. Officer's Mess Room			
	CB	HSB	dif.	CB	HSB	dif.	CB	HSB	dif.	CB	HSB	dif.	
Order of propeller blade frequency	1st	-51.0	-52.4	1.4	-51.1	-53.0	1.9	-52.1	-53.2	1.1	-46.7	-46.9	0.2
	2nd	-52.7	-52.4	-0.3	-45.2	-49.7	4.5	-45.1	-49.1	4.0	-38.8	-38.5	-0.3
	3rd	-53.9	-54.1	0.2	-41.6	-52.4	10.8	-43.2	-52.8	9.6	-43.5	-44.2	0.7
	4th	-56.6	-56.5	-0.1	-40.2	-52.5	12.3	-46.4	-55.0	8.6	-53.9	-53.9	0
	5th	-56.7	-56.1	-0.6	-40.0	-50.8	10.8	-46.4	-55.5	9.1	-54.8	-55.2	0.4
	6th	-58.8	-59.3	0.5	-47.6	-53.3	5.7	-48.3	-57.1	8.8	-58.2	-59.0	0.8
	7th	-58.1	-58.1	0	-39.8	-52.0	12.2	-40.9	-54.6	13.7	-56.6	-56.6	0
	8th	-57.3	-57.3	0	-51.1	-52.5	1.4	-48.5	-52.9	4.4	-57.4	-57.1	-0.3
Average			0.138			7.450			7.413			0.188	
C. I.			-0.368 ~ 0.644			3.609 ~ 11.291			4.083 ~ 10.743			-0.162 ~ 0.538	

	5. Crew's Quarter			6. Eng. Room Bulkhead			7. Stern Tube			Measured			
	CB	HSB	dif.	CB	HSB	dif.	CB	HSB	dif.	Point	Deck	Frame No.	
Order of propeller blade frequency	1st	-51.6	-52.1	0.5	-48.3	-52.1	3.8	-51.0	-51.5	0.5	1	W/House	72-73
	2nd	-48.3	-48.1	-0.2	-51.6	-51.1	-0.5	-48.6	-46.8	-1.8	2	Trawl	2
	3rd	-52.8	-53.9	0.1	-53.4	-54.0	0.6	-46.5	-47.7	1.2	3	Upper	0
	4th	-54.5	-55.4	0.9	-55.4	-55.3	-0.1	-46.8	-54.2	7.4	4	Upper	47
	5th	-54.5	-55.9	1.4	-55.7	-56.0	0.3	-46.5	-53.9	7.4	5	Second	23-24
	6th	-58.6	-58.9	0.3	-59.1	-59.0	-0.1	-46.5	-54.2	7.7	6	Shaft	33
	7th	-57.4	-57.5	0.1	-58.0	-58.0	0	-45.5	-52.7	7.2	7	Shaft	8-9
	8th	-57.4	-57.2	-0.2	-57.2	-57.3	0.1	-48.8	-63.7	14.9			
Average			0.363			0.513			5.563				
C. I.			-0.101 ~ 0.827			0.629 ~ 1.655			1.093 ~ 10.033				

Note : Unit - dBVr C. I. - Confidence Interval

ある。なお、計測場所については、甲板名とフレーム番号*を示す。右端の数値は、HSB による振動加速度がCBよりいくらか減少したかを示し、-符号のついたものは、増加したことを示す。また、下段に全次数における平均値とC.I.を示す。船尾部の3か所（トロールランプ、操舵機室、船尾管）では、一部の次数を除いて振動加速度が大きく減少している。しかし、船橋、士官食堂、部員居住区、機関室水密隔壁の差は統計的に有意ではなかった。

Fig. 3に検査入渠時の海上試運転における速力と燃料消費量の関係をCBとHSBについて示す。HSBへの換装により各負荷における燃料消費量は減少し、速力もわずかに減少している。

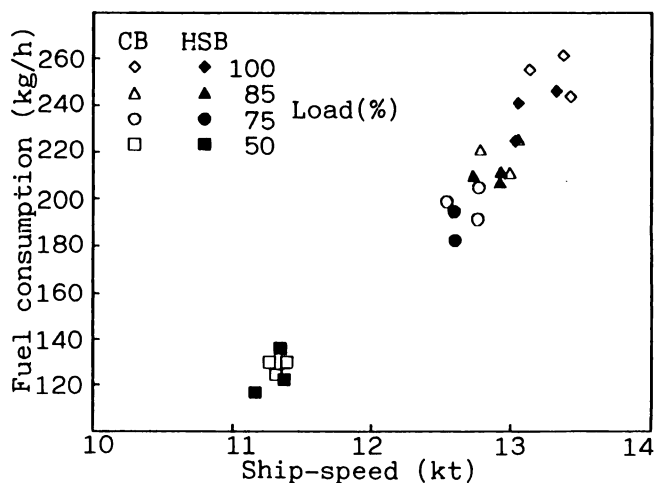


Fig. 3. Fuel consumption and Ship-speed at sea trial

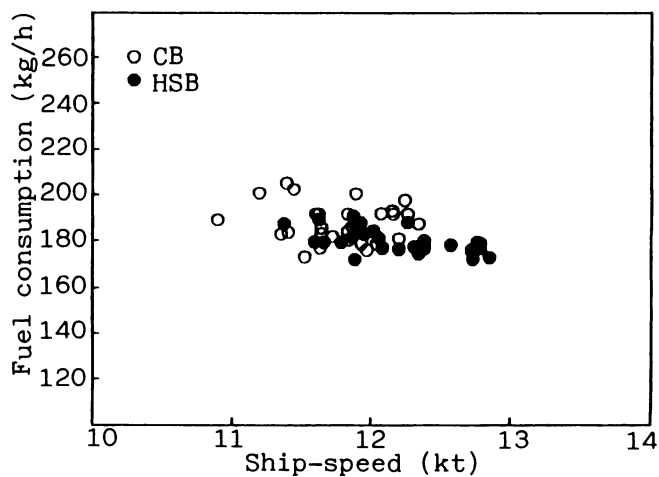


Fig. 4. Fuel consumption and Ship-speed at cruising

* フレーム番号「0」は舵軸位置を示し、その間隔は0.6m

Fig. 4 は, 通常航海 (全速前進時) における燃料消費量と速力の関係を示し, Table 4 は, その時の周辺データを示す。

縦軸は燃料消費量, 横軸は速力を示す。HSB の燃料消費量は, CB に比較して平均値で 7.79kg/h 減少し, その割合は 4.15% である ($t = 5.135$, $d.f. = 55$, $0.001 > P$)。この中に HSB の燃料消費量が CB より多い個所が数点あるが, この時は風が船首方向から吹いており, その影響によるものと考えられる。

つぎに速力は, HSB の方が CB よりわずかに増加 (0.41kt) している ($t = 4.992$, $d.f. = 55$, $0.001 > P$)。これは, HSB に海象の特に穏やかであった南支那海のデータが多いためである。

Table 4. Experimental results for the cruising Kagoshima-Maru

No.	Shaft revolution (rpm)		Blade angle (deg.)		Shaft horse power (PS)		Wind direction -force (m/s)		Displacement (ton)	
	left	right	left	right	left	right	left	right	left	right
1	182.8	183.8	18.60	18.60	1326	1266	5S- 3	70S- 6	2002	1945
2	183.9	183.8	18.60	18.60	1440	1264	0 - 4	60P- 2	1990	1932
3	183.9	184.1	18.60	18.55	1445	1357	20S- 7	35S- 2	1990	1971
4	183.2	184.1	18.60	18.50	1269	1253	30P- 3	70S- 7	1990	2020
5	184.1	184.1	18.60	18.50	1311	1276	5S- 3	60S- 8	1932	2008
6	184.1	184.0	18.55	18.50	1470	1289	30P-10	120P- 4	1902	1971
7	184.3	184.1	18.55	18.50	1371	1323	0 -10	60S- 9	1840	1959
8	183.6	183.8	18.55	18.50	1231	1273	15P- 5	10S-11	1996	1934
9	185.5	183.3	18.55	18.50	1279	1273	0 - 5	5P- 8	1996	1990
10	185.6	183.6	18.55	18.50	1428	1284	50S-10	0 - 6	1940	1990
11	184.0	184.3	18.50	18.50	1364	1276	30P- 4	30P-12	1951	1974
12	183.8	184.3	18.50	18.50	1344	1274	15S- 5	30P-12	1974	1974
13	183.7	184.1	18.50	18.50	1315	1246	80S- 7	10S- 3	1965	1957
14	182.5	183.7	18.50	18.50	1250	1266	60P- 5	20S-10	2032	1896
15	183.6	184.1	18.50	18.50	1271	1297	40S- 3	15P-14	2024	1879
16	183.3	183.9	18.50	18.50	1391	1308	45S- 5	20S-13	2081	1879
17	183.5	184.1	18.50	18.50	1302	1323	5S- 5	25P-10	2076	1835
18	183.7	184.7	18.50	18.50	1379	1345	40S- 5	20P-15	2012	1817
19	184.1	184.1	18.50	18.50	1326	1257	10S- 7	70S- 4	1949	1967
20	184.5	184.1	18.50	18.50	1357	1254	150P- 7	90S- 7	1932	1967
21	184.0	184.3	18.50	18.50	1355	1291	45S- 5	60S- 6	1926	1949
22	184.0	184.3	18.50	18.50	1320	1279	30P- 1	10P- 5	1946	1926
23	183.9	184.4	18.50	18.50	1277	1293	120P- 7	10P- 8	1913	1926
24	183.5	184.3	18.50	18.50	1314	1254	170P- 5	30P- 3	1940	1929
25	184.6	184.1	18.50	18.50	1189	1249	5S- 3	60S- 5	1945	1929
26	184.2	184.6	18.50	18.50	1381	1222	30S- 5	180 -10	1977	1914
27	184.2	183.9	18.40	18.40	1283	1260	120S- 7	55S- 8	1911	2020
28	184.4	184.6	18.40	18.40	1273	1262	130S-10	80P- 8	1902	1886
Ave.	183.9	184.1	18.52	18.50	1331	1279	—	—	1966	1941

Note : left - CB right - HSB

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、船体振動と主機関の燃料消費量および船速の変化を計測比較し、次のような結果を得た。

- 1) 船体振動の減少は、船尾部分で顕著であった。
- 2) 主機関燃料消費量は、1時間あたり4.15%減少した。
- 3) 船速は、0.41 (kt) 増加した。

以上の実験結果より、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省エネルギーの点で顕著な効果が再確認できた。

文 献

- 1) 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.
- 2) 凌志浩 (1982): ハイリースキュードプロペラと標準プロペラの実船比較実験. 日本海事協会誌. 180, 186-199.
- 3) 広本豊, 石原泰明, 吉田譲 (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), 169-174.
- 4) 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, 160-170.
- 5) 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.
- 6) 関岡幹尚, 宮原圭一, 田中久雄, 島里錠次 (1990): かごしま丸のプロペラ翼換装結果について— II — 燃料消費量および速力への影響—. 鹿児島大学水産学部紀要. 39, 113-118.