HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	船底塗装と船底サンドブラストの効果に関する実船試験
Author(s)	蛇沼, 俊二; 三品, 恒美; 梶原, 善之; 烏野, 慶一; 佐々木, 成二
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 48(3), 65-72
Issue Date	1997-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/24163
Type	bulletin (article)
File Information	48(3)_P65-72.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
48(3), 65-72. 1997.

船底塗装と船底サンドブラストの効果に関する実船試験

蛇沼　俊二[1)]・三品　恒美[2)]・梶原　善之[3)]
烏野　慶一[1)]・佐々木成二[4)]

Experimental Studies on the Effects of Hull-bottom Painting and Sandblast

Shunji JANUMA[1)], Tunemi MISHINA[2)], Yoshiyuki KAJIWARA[3)]
Keiich KARASUNO[1)] and Seiji SASAKI[4)]

Abstract

In order to investigate the effects of the hull-bottom painting and sandblast on ship speed performances, seagoing data was collected at intervals of an hour during navigation by a training ship. We surveied three navigations carried out within a year. In this period,the hull-bottom cleaning have done by methods of sandblast and painting respectivly. These seagoing data in three navigations were analyzed and compared each other.

Decrease of ship speed, increase of power and fuel consumption of main engine due to the relative wind are presented. And it is confirmed that the bottom cleaning by method of sandblast has large influence on recovery of ship speed.

Key Words : Ship speed performance, Bottom sandblast, Shaft horse power, Fuel consumption

は じ め に

建造後，船齢が増すにつれ船舶の航海速力は低下する。その原因は 1) 船体・主機関・プロペラの経年影響 2) 船体・プロペラ汚損影響 3) 風・波浪等の季節影響，に分けられることが報告されている (細田・高橋，1984；内藤・菅，1984)。これらの要因の中で，1) および 3) を取り除くことは容易ではないが，2) の原因は汚損によるプロペラ，船体表面粗度の増加によるものであり，これらはプロペラおよび船底の洗浄によって除去できるとされている。これまでにも，就航実績記録に基づく解析から，船底の洗浄・塗装後に 13% 以上の速力の向上が見られたことが報告されている (山崎・坂本，1979；折戸・柿沼，1980；山崎，1982)。また，船底塗装後に船速が速くな

1) 北海道大学水産学部海洋生産システム学科生産工学講座
(*Laboratory of Production Engineering for Fisheries, Depertment of Marine Production System Science, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
2) 北海道大学水産学部練習船おしょろ丸
(*Training ship Oshoro-maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
3) 北海道大学水産学部練習船北星丸
(*Training ship Hokusei-maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
4) 故人 研究当時北海道大学水産学部練習船おしょろ丸
(*the deceased*)

ることは，操船者自身がしばしば実感するところであり，その効果は大きいと言われている。

船舶が船底の洗浄や塗装を行う目的の一つは主機燃料の節約による省エネルギー効果であるが，就航実績のなかで塗装の効果を定量的にとらえ，その経済的効果を把握することは容易ではない。この困難の原因として，航海中の船舶では運航計画の遂行を優先しなければならず，調査に時間がさけない事，計測人員を準備する事が経済的に困難である事，遭遇海象の偶然性のため比較が可能なデータの収集が困難である事，などがある。これに対して，大学所属練習船はこのような就航時の実船試験が比較的容易に実施できる条件の下におかれている。

本研究では，国際トン数 1,779 トンの漁業練習船を供試船として，船底塗装および船底サンドブラスト施工が航海速力性能に与える効果を検討した。ここでは塗装後および船底サンドブラスト施工の 2 回のドック整備をはさんだ，3 回の航海データの記録・解析を行った。この結果から，ドックでの船底整備，特にサンドブラスト施工が船速の向上，燃料節減，航海日数節約などに与える影響について考察した。

供試船および航海記録

Table 1 に本供試船の主要目を示す。ガバナによって本船主機は 220 rpm の回転数を保って航海する。本船は建造後 11 年を経過したため 1994 年に，建造後はじめて船底のサンドブラスト施工を実施した。本研究ではこの時期をとらえ，サンドブラスト施工をはさんだ比較的長期にわたる合計 3 回の遠洋漁業実習航海 (Table 2) を対象とし，その航海データを詳細に計測した。以下，本論文では，これら 3 回の航海をそれぞれ航海 I，航海 II，航海 III とする。各航海の出港直前にドックにおいて実施した船底塗装，プロペラ清掃，船底サンドブラストの実施状況を下にまとめる。

1) 航海 I；プロペラ清掃・船底塗装。

Table 1 Principal dimensions of OSHORO-MARU

Items	Dimensions
Length between p.p.	66.00 m
Breadth molded	12.60 m
Depth molded	5.70 m
Gross tonnage	1,383 ton
Max. Continuous out put	3,200 ps × 240 rpm
Propeller	4-Bladed C.P.P.
Survice speed (85%)	13.4 knots

Table 2 Outlines of three navigations

	I	II	III
Year	1993	1994	1994
Month	Oct. -Dec.	Jun. -Aug.	Oct. -Dec.
Sea	Indian Ocean	Alaska bay	Indian Ocean
Run (miles)	10,065	11,030	11,120
Days	65	74	68

2) 航海II; プロペラ清掃・船底塗装は行わず，船底洗浄を実施。
3) 航海III; プロペラ清掃・船底塗装・船底サンドブラスト施工。

各3回の航海は共にプロペラ清掃後の航海であり，したがってプロペラの清浄さは同程度であったと考えられる。航海IIIは船底サンドブラスト直後であり船底表面の粗度が小さかく，滑らかであったと考えられる。これに対して航海IIは最も汚損が進んでいたと思われる。これら各航海時の船底表面の汚損の程度の違いに応じて，その影響がそれぞれの航海性能に現れることを予測し，この実船試験を実施した。

漁労実習時，海洋観測時および時間調整のための減速航行時などは除き，通常の航行中1時間毎にデータを記録した。船速関係データとして，電磁ログによる対水速力，GPSによる実測位置を記録した。同時に軸馬力，回転数，プロペラ翼角，燃料消費量等の主機関関係データを収集した。また風向，風速，波浪の自然条件データを記録した。航海の日数が増すにつれて起こる排水量変動は速力性能に大きく影響を与えると予想されるが，本船装備の圧力式喫水計の計測精度に若干の問題があったため，航走時の喫水計測できなかった。その結果，排水量変化が船速に及ぼす効果については，データのバラツキに含めて取り扱わざるを得なかった。各航海中，途中の寄港地で喫水マークから読み取った喫水，トリムおよびそれから求めた排水量の変動範囲をTable 3に示した。表中の値は記録値の最大と最小値を表わす。

Table 3 Ship conditions in navigations

Navigations	draft	trim	displacement
I	3.90-4.65 m	0.70-1.80 m	1,920-2,430 ton
II	4.35-4.60 m	0.60-1.70 m	2,220-2,390 ton
III	3.95-4.75 m	0.70-2.00 m	1,950-2,500 ton

解 析 結 果

真風速および風向と速力

船速として，GPSの実測船位から求めた対地速力および電磁ログによる対水速力の2種類の速力を記録した。航海性能を知る上では対水船速が重要であるが，風速と対水船速の関係を求めるとき，潮流の流速成分が誤差となる。一方，GPS船位による対地速力データは精度が高いものの，航行海域の潮流流速と対水船速が重畳したものとして計測される。

本研究ではGPS船速と電磁ログ船速の差を求め，これを潮流流速の推定値とし，この流速が対水船速に与える影響を調べた。これによると，潮流流速が速いほどデータがばらつき，風速と船速の関係が不明瞭となる傾向が見られた。そのため，ここでは流速推定値が1ノット以上を示した海域の記録を事前に排除し，残るデータについて解析を行なった。この方法によりデータが良くまとまることがすでに報告されている（梶原・蛇沼,1995)。

風速と対水船速の関係は，船首方位に対する相対風向によって大きく影響される。ここでは相対風向を5つの方向に分類し，それぞれの相対風向別に風速と船速の関係を整理した。すなわち，向い風（Head Wind；船首から30度までの範囲からの風)，斜め向い風（Bow Wind；30度から60度まで)，横風（Beam Wind；60度から120度まで)，斜め追い風（Quater Wind；120度から150度まで)，追い風（Following Wind；150度から真後ろ）の5分類である。また，左右舷の違いは無いとして，データにおいても区別はしないものとした。

Fig. 1に，向い風状態，すなわち船首方向から左右30度の範囲における真風速と対水速力の関係を，航海I，II，IIIの3航海についてそれぞれ示した。全体として真風速の増加による速力低

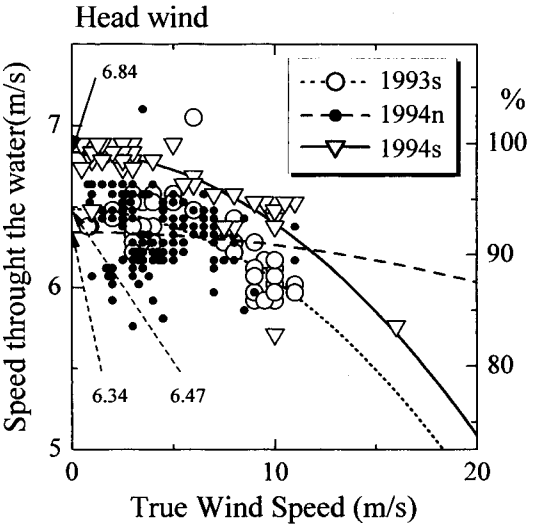

Fig. 1. Relation between true wind speed (m/s) and ship speed throught the water (m/s) in head wind.

下が見られる。本船の航海速力は 6.9 m/s であるが，計測した速力はこれに対して約 6% 速い船速から約 13% 遅い範囲に分散している。この散らばりにもかかわらず，船底サンドブラスト施工後の航海IIIの速力は真風速の全範囲において他の航海の速力を明らかに上回っている。航海 I，II，IIIの速力に対する真風速の関係を真風速の二乗と定数項からなる関数で近似し，それぞれ点線，破線，実線の曲線で示した。関数の定数項すなわちグラフ縦軸切片を無風状態の速力の推定値とみなし，グラフ中にこの値を示した。この値によると，船底サンドブラスト直後の航海IIIの速力は，塗装せず洗浄だけを行なった航海IIの速力に比べて 8% 向上している。同様に塗装直後の航海 I の速力は航海IIに比べて約 2% 向上している。またグラフ右軸に本船の建造時航海速力である 6.9 m/s を 100% とした目盛りを表示した。これより，船底サンドブラストの効果によって，速力はほぼ建造時の航海速力まで回復していることがわかる。

航海 I，IIIと航海IIのグラフ形状から，近似関数の真風速の二次の項に大きな違いが見られる。これは，各航海ごとにそれぞれ得られたデータの風速の範囲の違いに起因するもので，この係数の違いは重要な意味は持たない。この確認のため，各航海ともに比較的データが多く揃った真風速 3.0 m/s 以下の風速範囲について速力の単純平均を求めた。その結果，速力の平均値は航海 I では 6.40 m/s，航海IIでは 6.35 m/s，航海IIIでは 6.83 m/s となり，前述の風速の二次近似の場合の縦軸切片とはわずかに異なった値となったものの，航海の違いよる大小関係は変わらなかった。

そのほか，斜め向い風における真風速と速力の関係を Fig. 2 に示した。縦軸切片で示す各航海の速力の大小関係は Fig. 1 に示した向い風の場合とほとんど同じであり，ここでも船底サンドブラストおよび塗装の効果が現れているものと考えられる。以下同様に風向の異なる，横風 (Fig. 3)，斜め追い風 (Fig.4)，追い風 (Fig.5) の各相対風向別に同様の解析を行った。Fig. 3 から Fig. 5 までのグラフでは記録が風速の狭い範囲に集中したため，2 次曲線近似は意味の無いものとして速力の単純平均を求め点線，破線，実線で示した。いずれの相対風向においても船底サンドブラストおよび塗装の効果は明らかである。なお，航海IIでは斜め追い風，追い風状態での航走記録は得られなかった。

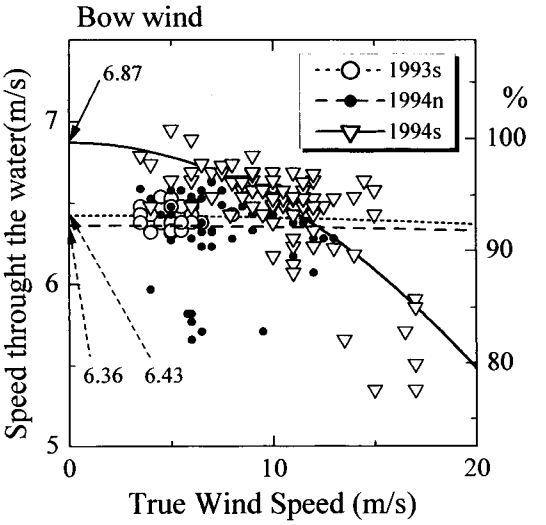

Fig. 2. Relation between true wind speed (m/s) and ship speed throught the water (m/s) in bow wind.

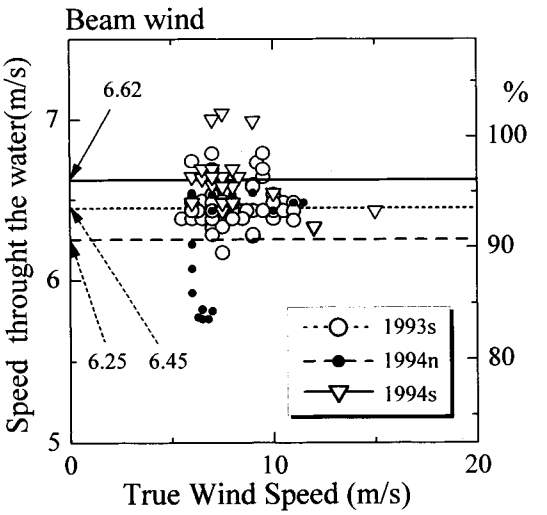

Fig. 3. Relation between true wind speed (m/s) and ship speed throught the water (m/s) in beam wind.

真風速と軸馬力

Fig. 6 に向い風における真風速と軸馬力の関係を示した。このグラフは Fig. 1 に示したデータと同時刻の記録であり，Fig. 1 に示したデータに対応するものである。軸馬力データは速力のデータに比べてバラツキの度合いが大きい。また 3 航海ともに真風速の増大に伴う軸馬力の増加が見

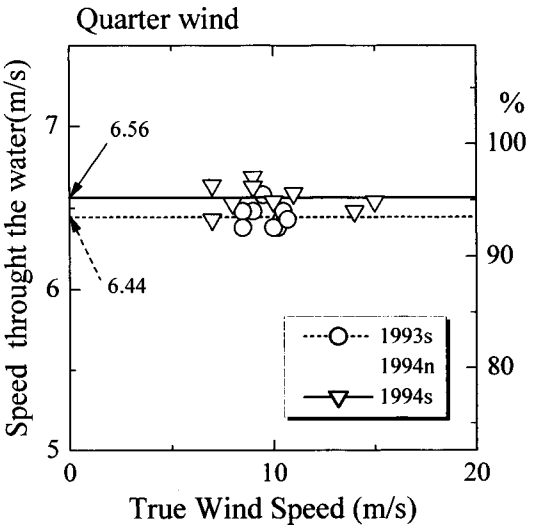

Fig. 4. Relation between true wind speed (m/s) and ship speed throught the water (m/s) in quartering wind.

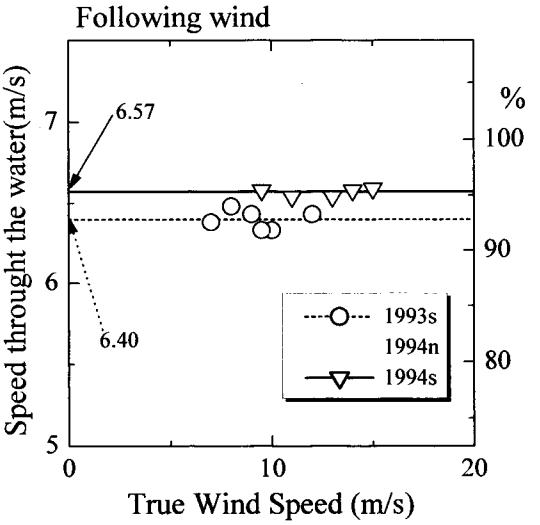

Fig. 5. Relation between true wind speed (m/s) and ship speed throught the water (m/s) in following wind.

られる。船底サンドブラスト後の航海IIIにおける軸馬力は他の航海時の馬力に比べて2ないし3%程度増加している。この傾向は他の相対風向においても同様に見られた。この馬力増加が前述の航海IIIの速力増加に関係している可能性があるが，この馬力の増加量はわずかであり，速力増加への寄与は小さいと考えられる。航海IIIでのこの馬力増加の原因は解明できなかった。向い風以外の他の風向条件においても，向い風とほぼ等しい特徴を示すため，それらのグラフは省略し

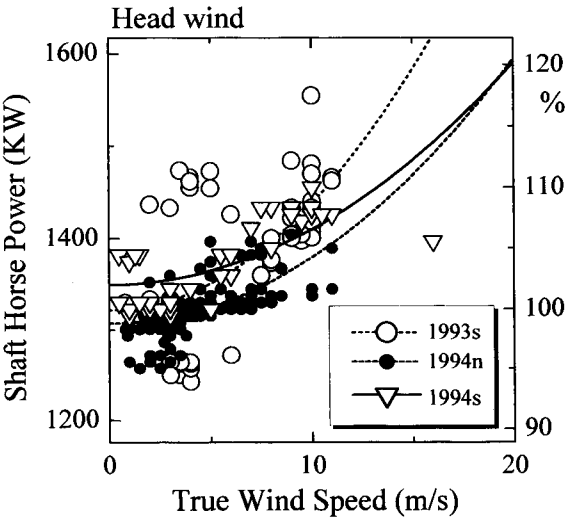

Fig. 6. Relation between true wind speed (m/s) and shaft horse power (kW) in head wind.

た。

真風速と燃料消費量

Fig. 7 に向い風における真風速と 1 馬力 1 時間当りの重量として燃料消費量の関係を示した。これは Fig. 1 の速力, Fig. 6 の軸馬力のデータと同時刻の記録である。燃料消費量のデータは 4 時間毎に記録したため速力や軸馬力と比較してデータ数が少ない。グラフ上データの一部が 0.16

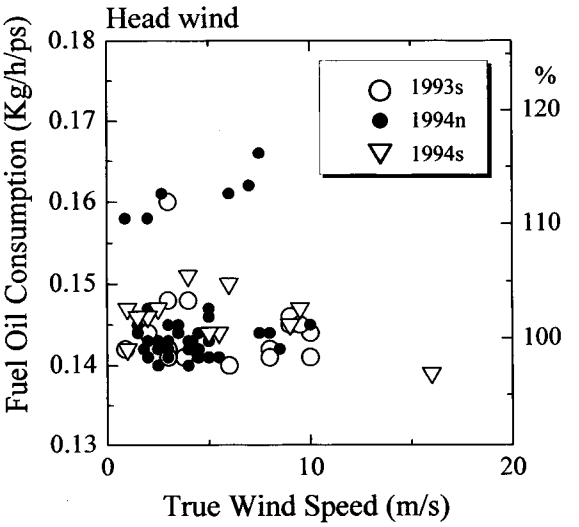

Fig. 7. Relation between true wind speed (m/s) and fuel comsumption of main engine (kg/H/PS) in head wind.

Kg/h/ps 付近に離れているがこの原因は不明である。それ以外のデータは 0.145 Kg/h/ps の近くにほぼ 10% の範囲内にまとまっている。速力，軸馬力の場合と異なり，航海の違いによる燃料消費の差はほとんどは見られなかった。ここでも，向い風以外の風向についてグラフを省略した。

ま と め

以上の結果を航海性能と船底サンドブラスト施工および船底塗装との関係で整理する。

1) 通常の塗装後，本船の速力は塗装を行う以前の航海に比べて 2% 程度向上した。さらに，船底サンドブラスト・船底塗装後の本船の速力は塗装を行う以前の航海速力の約 8%向上した。

2) 本船の場合，船底サンドブラスト・船底塗装によって，本船の速力はほぼ建造時の本来の航海速力まで回復した。

3) 向い風および斜め向い風の中では，真風速が 4 m/s 前後を越えるころから速力の低下および軸馬力の増加が見られた。しかし横風，斜め追い風，追い風ではこのような風の影響は見られなかった。

4) 今回の 3 航海の記録では，軸馬力に若干の差がみられたのに対して，主機関の燃料消費量の差はほとんどなかった。

本供試船において船底サンドブラスト施工が速力増加に与える効果は極めて大きいといえる。本船の年間の航海日数は 160 日前後であり，例年ほぼ同じ航程の航海をおこなっている。単純に計算すると 8 パーセントの速力増加は約 12 日間の日数節約に相当する。もちろん実際の運航のなかでは速力の向上を考慮して航海計画が変更される事はないが，速力の増加分は入港時間調整のための意図的速力低下や停泊時間の増加として現れるものと予想される。本船において減速はプロペラピッチ角によって速度調整を行う。この減速が燃料節約に結び付き船底サンドブラスト施工・船底塗装の経済的効果となっていると推定される。今後，主機関の燃料消費量解析を行い船底塗装・サンドブラスト施工の経済効果について明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究の遂行にあたり北海道大学水産学部練習船おしょろ丸の安間元船長をはじめ本船機関部の皆様には多大の協力を頂いた。また当時本学部特設専攻科学生の卯野晋之君，大井直子君，川瀬 純君，西野岩土君，および当時 4 年目学生の伊藤 真君，高橋浩介君にはデータの記録・解析において協力頂いた。皆様に深謝する。

文 献

梶原善之・蛇沼俊二・三品恒美・佐相 大 (1995). 練習船による航海記録のシーマージン特性の解析. 北海道大学水産学部研究彙報, **46**(1), 11-17.

折戸 博・柿沼 勝 (1980). 船体表面粗度と船速低下について. 日本造船学会誌, **616**, 540-545.

内藤 林・菅 信 (1984). 第 5 章 船速低下の推定法. 81-100, 日本造船学会運動性能研究委員会，波浪中推進性能と波浪荷重シンポジウム，日本造船学会，東京.

細田竜介・高橋 雄 (1984). 第 7 章 シーマージンと就航実績. 121-136, 日本造船学会運動性能研究委員会，波中推進性能と波浪荷重シンポジウム，日本造船学会，東京.

山崎芳嗣・坂本 衛 (1979). 航海速力の研究. 日本造船学会論文集, **146**, 157-164.

山崎芳嗣 (1982). 肥大船の航海速力の推定. 日本造船学会誌, **631**, 11-21.