



Title	練習船による航海記録のシーマージン特性の解析
Author(s)	梶原, 善之; KAJIWARA, Yoshiyuki; 蛇沼, 俊二 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 46(1), 11-17
Issue Date	1995-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24147
Type	departmental bulletin paper
File Information	46(1)_P11-17.pdf



練習船による航海記録のシーマージン特性の解析

梶原 善之¹⁾・蛇沼 俊二²⁾・三品 恒美¹⁾・佐相 大²⁾

Sea Margin Analysis of Seagoing Data Obtained
during Navigation by a Training Ship

Yoshiyuki KAJIWARA¹⁾, Syunji JANUMA²⁾, Tunemi MISHINA¹⁾
and Masaru SASO²⁾

Abstract

The purpose of this paper is to analyze seagoing data to describe the sea margin. Seagoing data was collected every hour during navigation by a training ship from October to December 1994. The sea margin under the operating governor of the main engine was derived from analysis of these data. The decrease of ship speed, increase of horsepower and increase of fuel consumption due to wind are presented. The influence on speed loss by the relative wind direction to the heading angle are discussed. It becomes clear that a large number of data from extensive sea conditions (wind speed, wind direction etc.) and maneuvering conditions (revolutions, propeller pitch angle etc.) are very useful for sea margin analysis.

Key Words : Sea margin, Full scale test, Fuel efficiency

結 言

船の運航者にとって、船舶のシーマージンは実用的に興味のある推進性能の一つである。船舶の最適運航計画のために風浪等の影響による自船のシーマージン特性を十分に把握しておくことが重要である。また、激しい風浪に遭遇した船舶は主機回転数、可変ピッチプロペラのピッチ角、変針などの操船条件の変更を求められる。このような場合に備え操船者は荒天時の操船判断の資料として自船のシーマージンと耐航性能を熟知していることが必要である。この風浪中の推進性能としてのシーマージン特性は、現在では船舶の設計建造時に推定できる(山崎・坂本, 1972; 山崎, 1982)。この推定されたシーマージンは実船の航海実績によるシーマージンによって確認される必要があるが、他方、航海実績によるシーマージンはそれ自身極めて有用である。

実船試験は模型試験と異なり得られるデータには多くの実験要因が含まれる。この要因の中から目的とする成分とそれ以外の成分を分離しなければならない。実船実験のデータを用いる場合、この解析を適切に行う必要がある。

本論文では練習船によるインド洋方面の実習航海において、シーマージン解析を目的としデータを記録し、その統計解析からシーマージンの推定を試みた。シーマージン特性は風、波の反射、

1) 北海道大学水産学部練習船おしよろ丸
(*Training Ship Oshoro-maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

2) 北海道大学水産学部漁船工学講座
(*Laboratory of Engineering of Fishing Boat, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

船体動揺による造波，推進効率の悪化などの複数の原因によって変わる。本論文ではこの原因を総合的にとらえ，それらの原因を風速で代表することで船速低下，軸馬力の増加，燃料消費量の増加について解析を行った。

一般的にシーマージンは取り扱うデータの範囲によって二種類が定義される（内藤・菅，1984；細田・高橋，1984）。その一つが純粋に風波の増強による船速低下あるいは所要馬力の増加を表すもので，自然減速（Nominal speed loss）と呼ばれる。もう一つは操船者の操船条件の変更による意識的減速（Deliberate speed loss）であり主機回転，プロペラ回転数，針路等の変更による操船者の人為的減速が含まれる。

本論文の供試船の主機にはガバナが装備されている。したがって本研究で得られたシーマージンは人為的減速は含まないものの，主機回転数を一定に保つためのガバナによる主機の燃料投入の制御過程が含まれている。

実習航海概要および航海データ

北海道大学練習船おしよる丸の練習航海において必要な航海データを収集した。本航海では1993年10月から同年12月の期間，函館を出港し鹿児島，南シナ海を通過してジャカルタへ入港し，後にジャカルタとインド洋の漁場を往復して，バリ，セレベスおよびミンダナオ島の東海を通過して函館に帰港した。全航海日数は65日間である。その期間中の港内停泊日，漁労実習日などの通常航海以外の日を除いた31日間の記録を収集した。

船速は1時間ごとのGPSによる実測船位から求めこれを実測船速とした。電磁ログによる対水船速を記録しこれを推測船速とした。実測船速と推測船速の差からおおよその自船の海域の潮流の速さが推定できる。軸馬力計は中間軸のねじれによるトルクと中間軸の回転数の積から軸馬力を求めるもので，船橋あるいは機関室のデジタル馬力表示器より1時間ごとに目視平均を行って求めた。消費燃料量は主機燃料流量計の積算値を4時間ごとに読み取った。本船マスト最頂部に設置された超音波式風向風速計により真風向，真風速を計測した。本船の通常航行時の主機回転数は220 rpmであり前述のようにこの主機回転数はガバナにより一定回転数に制御されている。本船はCPPプロペラを装備し通常はプロペラピッチ角が18度である。

本論文では自然減速のシーマージン解析を目的とするために，主機回転数220 rpm，プロペラピッチ角18度の通常航行状態のデータを解析した。

喫水等船体状態の変化

Table 1 におしよる丸の船体，主機の主要目および航行時の船体喫水状態を示す。本船は計測時の載貨状態を任意に変えることはほとんど不可能である。本船は通常航行時に毎時約270 kgの燃料を消費するため，これにより船体が軽量化し喫水が刻々変化していると思われる。また本船が寄港地で燃料，清水の補給を行い平均喫水，トリムが変化した。本論文のデータは，平均喫水が4.10 mから4.65 m，トリムは0.70 mから1.60 mの範囲で得られたものである。喫水変化による船体抵抗の増減は無視出来ないが，喫水変化による抵抗の変動を他のシーマージン要因によるものから分離することは困難であり，本論文では長期航海に伴う本船の喫水変化をデータのばらつきの要因の一つとして扱った。その他，シーマージン特性に影響するプロペラや船底汚損の進行，主機—プロペラ軸系の性能劣化等からみると，2カ月という本航海期間は比較的短期であり，これらの要因による影響は少ないとした。

Table 1. Principal particulars and conditions of OSHORO-MARU.

Items	Dimensions and Conditions
Length between p.p.	66.00 m
Breadth molded	12.60 m
Depth molded	5.70 m
Gross tonnage	1,383 ton
Max. continuous output	3,200 ps×240 rpm
Number of blads	4
Survice speed	13.4 Kt
Mean draft	4.10 m-4.65 m
Trim	0.70 m-1.60 m

記録データの統計

Fig. 1 に本船が本航海中に遭遇した真風速のヒストグラムを示した。真風速はビューフォート階級 3 から 7 に広く分布している。このときの真風向は北東から南東の風が卓越していた。これは今回の実習航海が行われた海域の季節的特性によると思われる。Fig. 2 に船速のヒストグラムを示す。航行条件が主機回転数 220 rpm, プロペラピッチ角度 18 度と限られているにもかかわらず、船速は 6.5 m/s を最頻値として 4.5 m/s から 9.5 m/s の範囲にばらついて分布する。これは風向、風速、潮流、波高等の海象と喫水変化によるものである。Fig. 3 に軸馬力データのヒストグラムを示す。1,800 馬力を最頻値として分布し、遭遇した海象による軸馬力の変化が分かる。Fig. 4 に主機燃料消費量と軸馬力の関係を示したが、両者には強い相関関係がある。

船速に与える潮流の影響

潮流が存在する海面を航行する場合、ある風速の下で流速によって種々の対水船速を取りうる

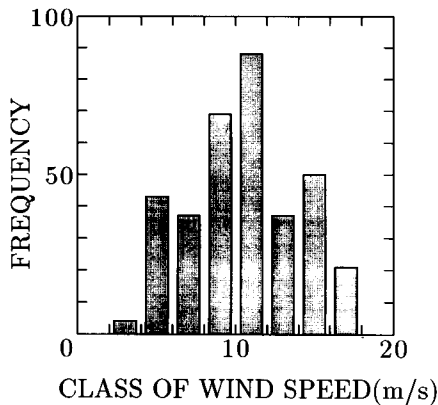


Fig. 1. Histogram of true wind speed.

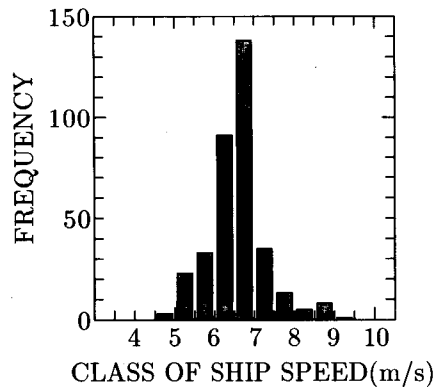


Fig. 2. Histogram of ship speed.

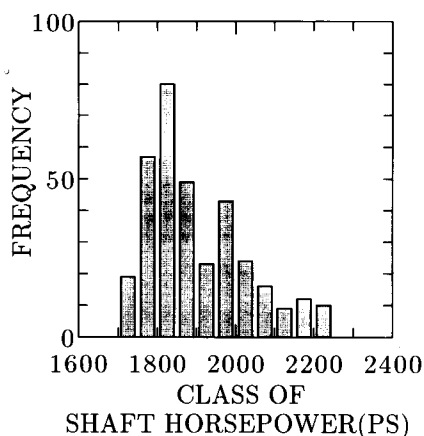


Fig. 3. Histogram of shaft horsepower.

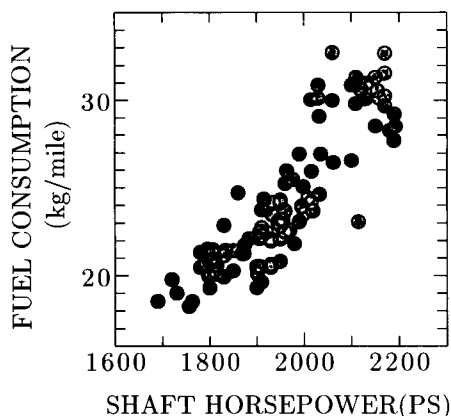


Fig. 4. Relation between fuel consumption and shaft horsepower. Tidal current speed is within 0.9 knot.

ため、風速と船速の関係はまよりの悪いものとなる。本船の航海速度が約 6.5 m/s であるのに対して、Fig. 2 のヒストグラムで示したように記録された実測速度は約 5 m/s から 9 m/s の間に分布している。

以下に真風速と船速低下の関係について述べる。相対風向によって風速が船速に与える影響が異なるため、相対風向条件を限定し船首から左右舷 30 度以内の船首方向の風向条件の下で潮流影響の解析を行った。潮流の流速は GPS による実測船速と推測船速の差を求め、これを船首尾線方向の流速の推定値とした。Fig. 5 に航行海域の潮流が速い場合の計測データも含めすべての流速条件の下で真風速と船速低下の関係を示した。船速はちらばり、この図から風速と船速低下の関係を求めることは困難である。一方、Fig. 6 は実測と推測の船速の差がプラス 0.46 m/s からマイナ

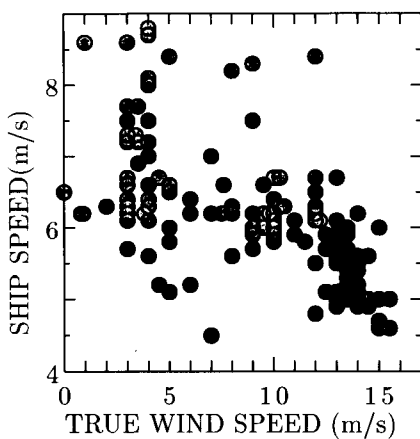


Fig. 5. Ship speed sea margin in head wind with tidal current.

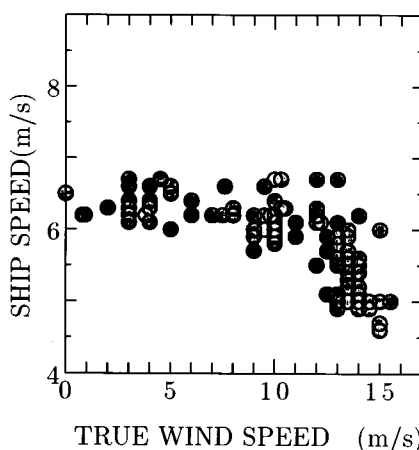


Fig. 6. Ship speed sea margin in head wind. Tidal current speed is within 0.9 knot.

ス 0.46 m/s の海域の計測データ，すなわち潮流のおそい海域における計測データを示した。Fig. 5 に比べてデータのばらつきが小さく風速の増大による船速低下の様子が明瞭である。船速データのばらつき主要な原因が潮流であり，実船による船速低下の解析において，潮流の正確な計測とその影響の排除が不可欠であることが分かる。無風状態における船速を約 6.5 m/s とすると，風速が約 10 m/s から船速は低下し風速が 15 m/s において約 30% の低下となる。

このような方法によって船速低下への潮流の影響をできる限り取り除き以降の解析を行った。

軸馬力，燃料消費量に与える風速の影響

Fig. 7 に真風速と軸馬力増加の関係を示した。相対風向の条件は向い風である。真風速が 6 m/s 付近から軸馬力の増加が見られる。無風状態における必要馬力を 1,800 馬力とすると，風速 15 m/s では約 2,200 馬力の軸馬力が必要となり，約 22% の軸馬力増加となる。真風速が約 10 m/s から船速が低下するが (Fig. 6)，軸馬力の増加はこれよりおそい風速約 6 m/s で現われる。

Fig. 8 に向い風における真風速と主機燃料消費量の増加の関係を示した。風速 10 m/s 付近から燃料消費量の増加が見られ，風速 15 m/s では無風時に比べ 65% の増加が見られる。

風の増強によって風圧力抵抗，波浪抵抗の増加に伴い船速が低下し，これによるプロペラ負荷の増加，プロペラ回転数の減少，ガバナの作動による投入燃料の増加といった船体抵抗変化と主機回転数制御の一連の作動の結果が見られる。

船速に与える相対風向の影響

前述の船速，軸馬力，燃料消費に関する解析において相対風向の条件を船首方向に制限した。ここでは以下のように相対風向を分類し，相対風向別に風向と船速の関係を解析した。なお左舷からの風と右舷からのものとの区別は行っていない。

向い風 (Head wind)	0 度～ 30 度
斜め向い風 (Bow wind)	30 度～ 60 度
横風 (Beam wind)	60 度～120 度

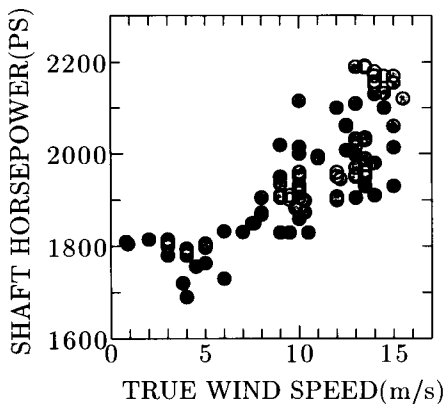


Fig. 7. Increase of shaft horsepower due to true wind in head wind. Tidal current speed is within 0.9 knot.

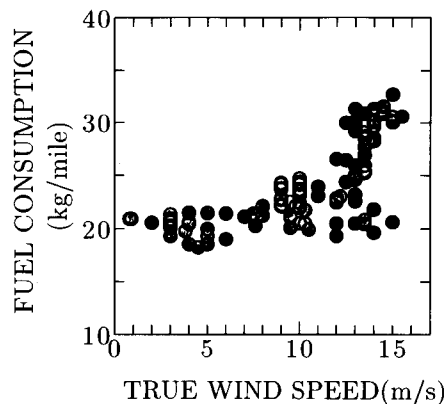


Fig. 8. Increase of fuel consumption due to true wind in head wind. Tidal current speed is within 0.9 knot.

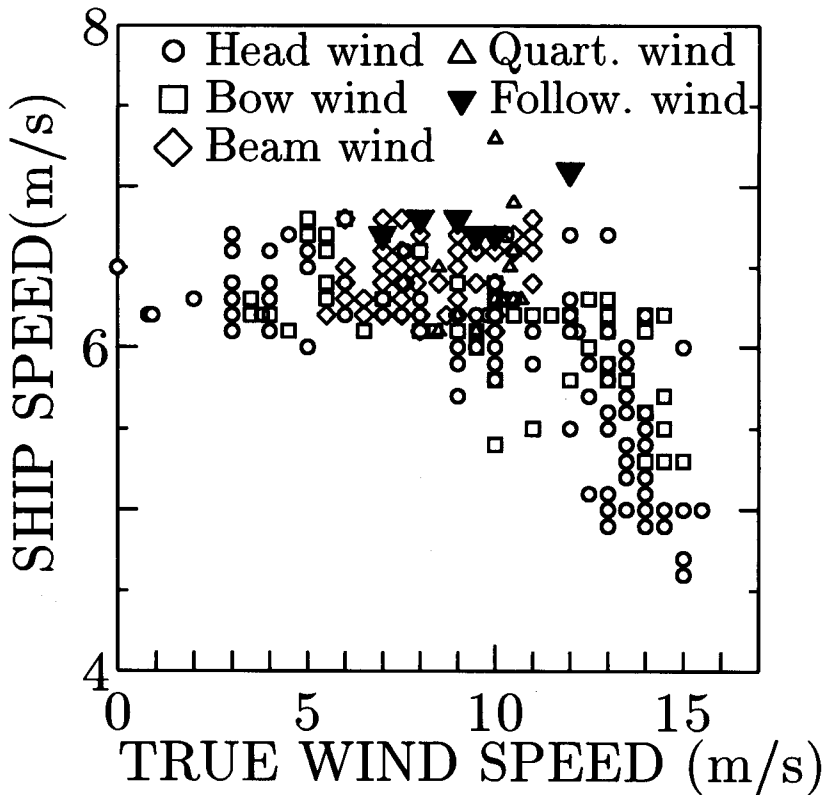


Fig. 9. Relation between speed loss and relative wind direction to heading angle. Tidal current speed is within 0.9 knot.

斜め追い風 (Quartering wind)	120度～150度
追い風 (Following wind)	150度～180度

本船の船速によって相対風向のデータ分布は船首前方および船尾方向に偏る。相対風向別に航海記録を分類すると、向い風、斜め向い風のデータが多く斜め追い風、追い風状態のデータは少なくなる。

Fig. 9に相対風向別に船速低下の様子を示した。追い風条件下では、向い風で見られる真風速10 m/s前後からの船速低下の現象が現われないが(▼印)、この追い風状態のデータの数は十分とは言えない。

要 約

練習船の航海記録をもとに、主機ガバナの機能を含んだ自然減速としてシーマージン特性を求めた。その結果は以下のように要約できる。

- 1) 向い風において船速低下が現われるのは風速が約10 m/s以上であり、無風状態に比べ真風速が約15 m/sでは船速はほぼ30%減少する。
- 2) 軸馬力、燃料消費量は風速5 m/s前後から増加しはじめ、真風速が約15 m/sでは無風状態

に比べ軸馬力が22%増加し、燃料消費量は65%増加した。

3) 向い風, 斜め向い風状態では風速の増大に伴って船速低下, 軸馬力増加, 燃料量増加が顕著である。追い風状態記録データ数が四個と少なく, 特に今回得られなかった風速12 m/s以上の強い追い風状態について不明な部分が残った。

謝 辞

本研究は北海道大学練習船おしよろ丸において実施された。航海中の毎時のデータ記録には本船の船長・士官をはじめとして甲板部員, 機関部員の皆さんおよび航海実習学生諸君に多くの協力をいただいた。また, 平成6年度特設専攻科学生の卯野晋之, 大井直子, 川瀬 純, 西野岩土の諸君には多大な協力をいただいた。深謝する。

文 献

- 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, 日本造船学会, 東京.
- 細田龍介・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, 波浪中推進性能と波浪荷重, 日本造船学会, 東京.
- 山崎芳嗣・坂本 衛 (1972). 航海速力の研究. 日本造船学会論文集, 164, 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.