

「若潮丸」の操縦性能について I

橋本心太郎*, 横井 幸治*

The Maneuvering Performance of the “Wakashio Maru” – I

Shintaro HASHIMOTO, Koji YOKOI

Abstract

Various maneuvering performance tests of the training ship “Wakashio Maru” were executed, and the changes were compared with the initial trial run. When the data was measured this time, it turns out that the influence the wind has on the maneuvering performance of the “Wakashio Maru” is great. Also, at low speeds with the engine off the maneuvering ability of the ship becomes unstable. This paper will analyze these tests and hopefully be useful for “Wakashio Maru” in the navigation.

1. はじめに

本校練習船若潮丸が建造され約10年が経過する。その間、船体のペイントによる厚み（毎年入渠）、プロペラ、舵の形状の微妙な変化、そして長期右舷付けによる船体の歪みや凹みによる左右抵抗差の変化等が存在すると考えられる。このような様々な要因が操縦性能に与える影響を確認するため各種試験を実施した。今回の試験で得られたデータを元に、現在の操縦性能を把握することは、他船との緊急時における避航操船、離着岸操船の手助けとなる。操船者にとってこれらの最新の操縦性能を熟知しておくことは重要である。また、本船では以前より機関停止時（可変ピッチプロペラ翼角 0° （以下CPPと記す））において舵中央の状態でも右回頭の傾向がある。そこで、各種試験を行い実際にはどのような動きをするのかを確かめることとした。

2. 試験の種類及び諸条件

2.1 試験の種類

実施した試験の種類を表1に示し、それらの概要は次の通りである。

2.1.1 発動惰力試験

船体停止状態から、主機を前進に発動（CPP翼角指令）し、その出力に相応する速力になるまでの惰力

のことをいい、増速時の針路安定性及び進出距離、機関発動時の船体運動を知ることができる。

2.1.2 停止惰力試験

一定の速力で前進中、機関停止後（CPP翼角 0° ）に、船がある速力に減速するまでの惰力のことで、減速時の針路安定性及び進出距離を知ることができる。

2.1.3 旋回試験

一定の速力で前進中、ある舵角で転舵したときに描く軌跡を旋回圏という。これは舵角、線型、喫水などによって変わり、舵角による旋回径の大きさの違いや、

表1 実施試験項目

試験種類	項目		
発動惰力試験	ストップ→FULL		
	ストップ→HALF		
停止惰力試験	FULL		
	HALF		
旋回試験	FULL	Port	35°
		Stb'd	35°
	HALF	Port	70°
		Stb'd	70°

左舵（以下Portと記す）と右舵（以下Stb'dと記す）との旋回径の左右差を知ることができる。

2. 2 試験方法

船位はGPSによる位置データを利用し、船速は増減速時のドップラソナーの信頼性がよくないため、GPSによるものとした。

実験のデータは1秒間隔で収録したが、グラフ上での船位や増減速をわかりやすくするため、試験開始から10秒間隔でのデータを利用することとした。

得られたデータの試運転時との比較のために同じ状態（主機回転数、CPP翼角等）で実施することが望ましかったが、時間的な理由等により、今回は本船での利用頻度の最も高い、機関全速（以下FULLと記す）の場合では主機回転数320rpm 翼角14.2°、機関半速（以下HALFと記す）では主機回転数320rpm 翼角10.2°として実施した。

また、各種試験のGPS等の各種データは本船の若潮丸データ処理システムにより収録した。

2. 2 データ処理システム

本船実験実習室に設置されている装置であり航海や機関、そして、研究機器のデータを収集し、そのデータをディスプレイ表示し記録することができる。また、船体運動や風向風速のグラフ表示、排水量等の各種計算、さらに、本装置からの操船も可能である。

今回、この装置の研究データ収録機能を使用し、CPP指令舵角、CPP実舵角、GPS位置、GPSスピード、ジャイロ方位等のデータを収集した。

2. 3 実験時の諸条件

試験時の海象気象を表2に示す。実験時、うねり、風ともに弱く、実験には最適な海象であった。

表2 実験時の気象

日時	平成17年3月8日
試験海域	富山湾
天候	C
風向	West
風力	2
気温	8.8℃
水温	10.3℃
気圧	1021.2hpa
海水比重	1.021

また、本船のコンディションを表3に示す。本船の排水量、トリムの変化を与えるものとして、清水、燃料の消費（積載）が主であり、実験時はこれらを満載で積載した状態より少し軽荷の状態であった。試運転時は今回の状態よりやや軽いコンディションで行っている。

表3 実験時のコンディション

LOP	53.59m
LPP	46.00m
B	10.00m
D	5.40m
Mine engine	6M28BET MCR 1,300ps
df	2.83m
da	3.24m
dm	2.99m
Displacement	708.3t
Propeller immersion	1.80m

3. 試験結果

3. 1 発動情力試験

試験は針路をNorthとSouthの2回行いその平均を取ることににより、風（West）、潮流、うねり等の外力を除去することができると考えた。そして、機関始動時、増速時ともに舵は中央とする。HALFでは船速が約8.0ノット、FULLでは約10.0ノットで計測を終了した。機関始動時の方位をできる限りNorth、Southに近づけたが、スラスタを使用しなかったため方位がずれた。そこで、機関停止時の針路（ジャイロ）の値と、目標針路（000°、180°）との差から針路を修正した航跡が図1である。また、それらの時間と船速そして進出距離（縦距離）の関係を表したのが図2である。

図で確認できるように、機関始動後増速段階において、徐々に針路が右に変位しているのがわかる。また、データとしては掲載しなかったが、機関始動後に若干船首を左偏していた。本船（CPP右回り）の機関発動時における船体運動は、機関始動後、横圧力により船首を左に回頭させ、その後、増速時において放流により船首を右転させることが考えられ、試験ではそれらを説明でき得るデータを得ることができた。HALFでは約420m、150秒、FULLでは約780m、200秒でそれぞれ一定の速力（8.0ノットと10.0ノット）

に達することがわかる。試運転時はこの試験を実施せず、データがないため比較はできなかった。

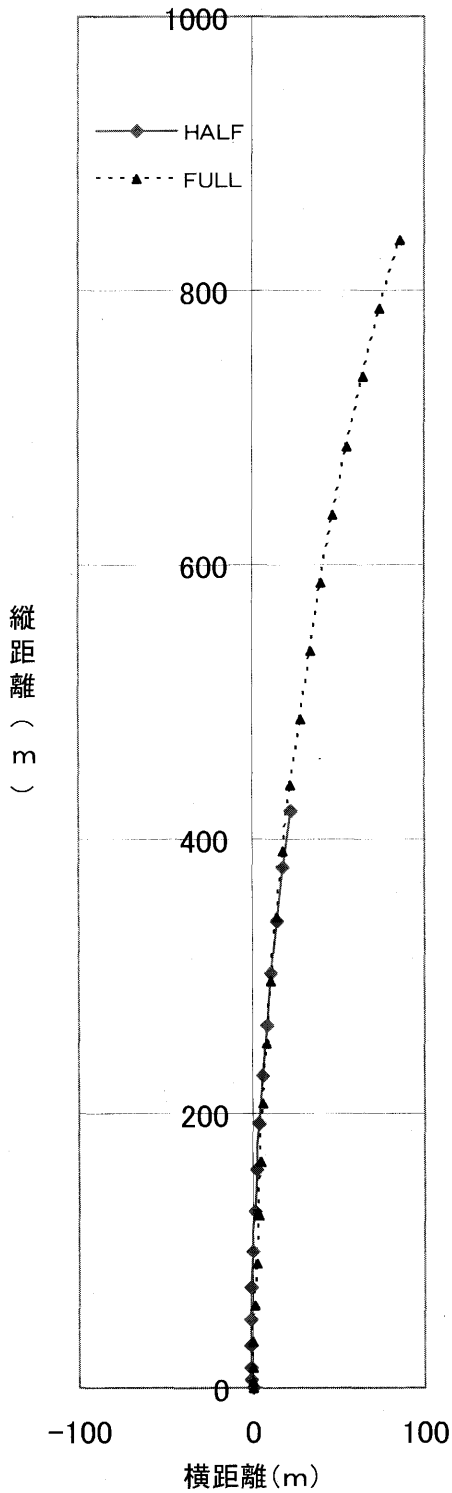


図1 発動惰力

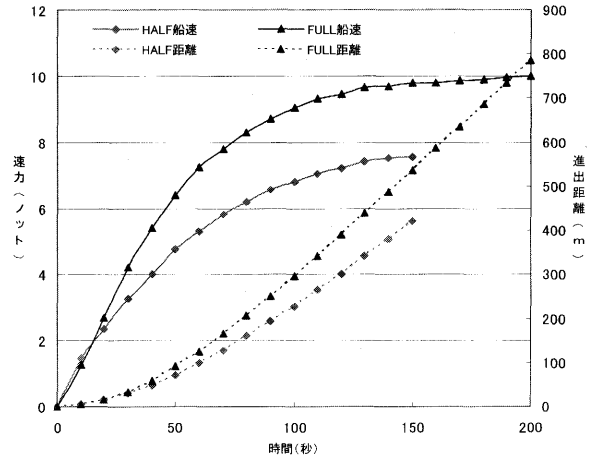


図2 発動時の速力変化及び進出距離

3. 2 停止惰力試験

発動惰力試験の項目で述べた方法と同様に、針路はNorthとSouthの2回行い船速はFULLとHALF、そして舵は中央とする。計測開始時の針路は船が航走しているので定針させることができ、発動惰力試験のような修正は必要ではない。速力が約1.5ノットで計測を終了とし、機関停止はCPP翼角を0にすることにより、クラッチを外さずに行った。停止時のHALF、FULLの航跡を表したものが図3であり、時間と船速、進出距離の関係を表したのが図4である。

HALFでは針路の若干の右偏が見られたものの、進出距離約360m、200秒で速力1.5ノットに減速した。FULLでは、徐々に右回頭の加速度が増加し、そのまま右旋回する形となり、縦方向への進出距離はHALFより70m短く約290mとなったが、右方向への進出距離は約269mとなった。速力は260秒後に1.5ノットに減速した。

試運転時は速力、終了速力ともに違うため（速力14.1ノット、CPP翼角17.6°、3.7ノットで終了）比較することは難しいが、試運転時の場合も3.7ノット以下になると、船は回頭し始めたのではないかと考えられる。

CPP船での停止時は、プロペラは主軸回転数と同じ速さで空転している。従って、吸入流、放出流共に減少する。プロペラが壁となり舵への水流が減少し、働く舵圧力が低下する。そして舵効きが悪くなる。今回の得られたデータにより、テレグラフ停止時のCPP船は舵効きが悪くなり（特に低速時）、針路不安定となりやすいことが確認できる。

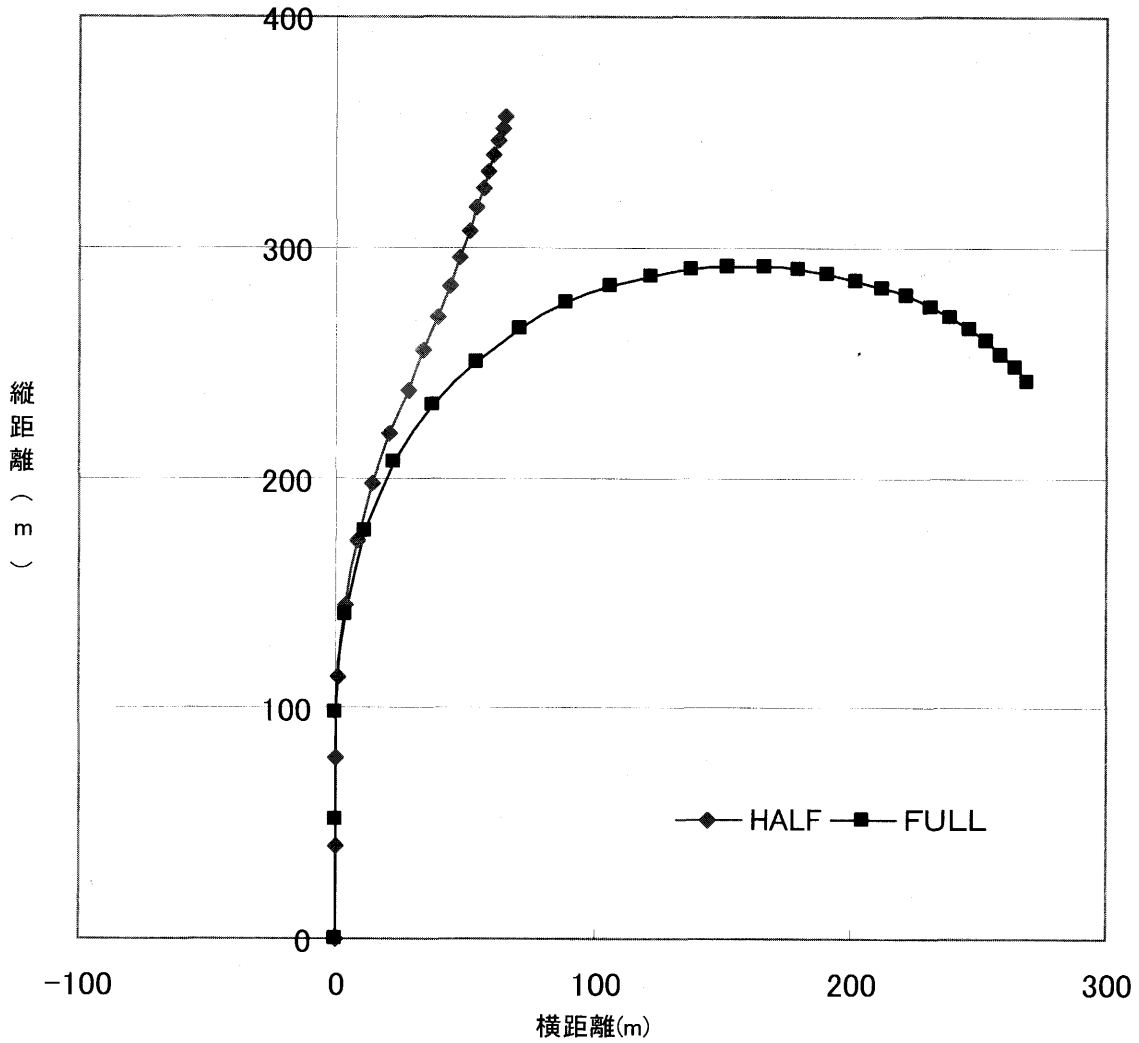


図3 停止惰力

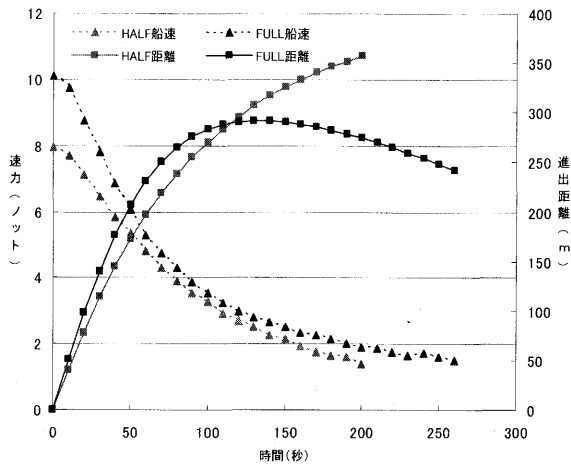


図4 停止時の速度変化及び進出距離

3.3 旋回試験

操船をする上で最も把握しておかなければならない性能であり、出入港時にはこの性能を熟知した上で操船する。また、避航操船においての舵の使用は最も有効な手段であり、旋回径や最大縦距を知っておくことも重要である。今回はFULLでPort35°とStb'd35°、HALFでPort70°とStb'd70°の旋回試験を実施した。本船の舵の種類はシリング舵であるため、最大舵角70°までとることができる。

しかし、FULLの速度で舵角70°を使用すると舵に大きな負担を与え、舵を損傷しかねないと考えため、舵角70°では船速はHALFとした。試運転時についてもこれらを考慮し、FULLの速度での旋回試験は実施していないと考える。

試験方法はNorthに定針させ、船速が定速となっ

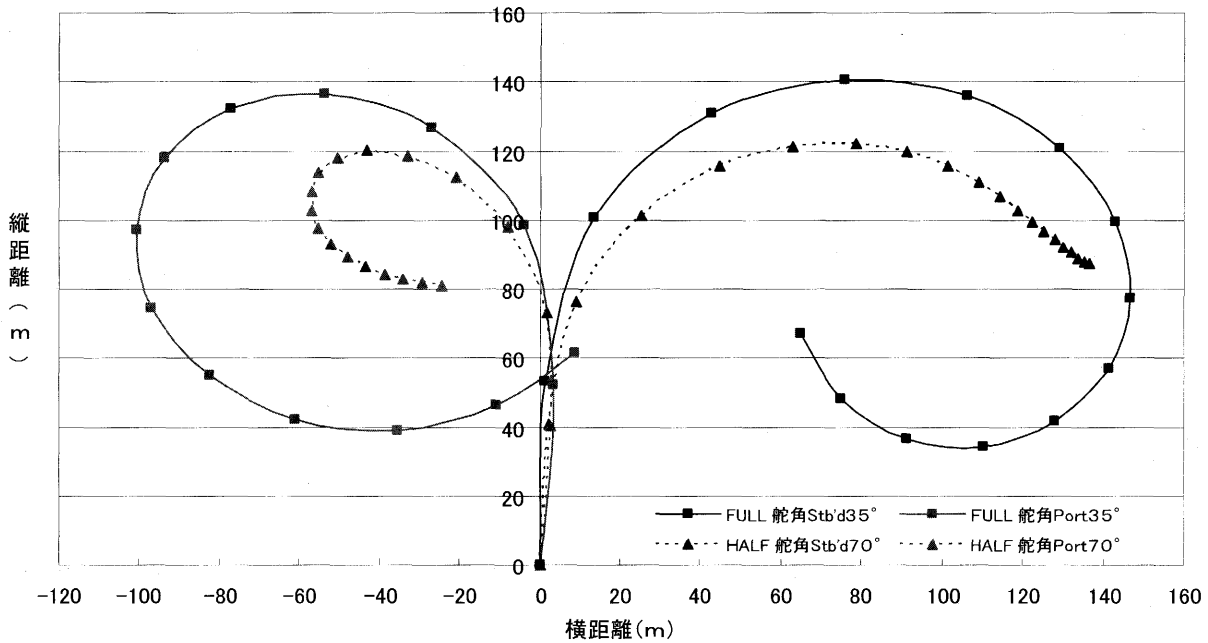


図5 旋回試験の航跡

た状態で各舵角を取る。船首方位が一周したところで終了とした。他の試験と同様に、10秒ごとのGPS船位を使用した。

旋回試験の航跡を図5に示し、時間と船位の関係を図6に示す。

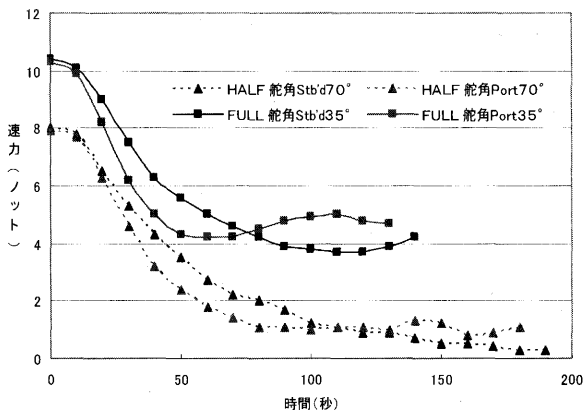


図6 旋回時の速力変化

3.3.1 FULL 舵角35°

右旋回の最大縦距は141m、最大横距は146mとなり、左旋回では最大縦距136m、最大横距101mとなった。左右旋回の性能の違いをしてみると、追従性は左右で大きな違いは見られない。旋回性は右旋回の方が左旋回より若干ではあるが悪いように見える。しかし、船

が反転したところで、旋回性は良くなっている。そして、左右の旋回を比べて見ると、全体的に右側にずれているような軌跡となっている。これには少なからず風等の影響が現れている可能性があると考えられる。試験時は風向 West、風力2であった。

右回り一軸船では右旋回の場合の方が左旋回より旋回性能は悪くなり、旋回径が大きくなると言われている。図を見ると確かに右旋回の旋回径の方が大きいように見えるが風等の影響を考えると、一概に右旋回の方が旋回性は悪くなるとは言えない。船尾キックの影響を見てみると左旋回の際は大きく現れ、右旋回の際は現れていない。これは、風等の影響によるものと考えられる。

このデータを試運転時と比較したいが、試運転時は390rpmで旋回をはじめ、途中360rpmに落とすという旋回試験を行っているため、同条件による比較をすることはできない。参考までにその試運転時との比較を表4に示す。

表4 舵角35° 旋回試験

	右旋回 (m)		左旋回 (m)	
	今回	試運転	今回	試運転
最大縦距	141	121	136	114
最大横距	146	128	101	124

試運転時も今回と同様に右旋回の旋回径が大きく、旋回性が悪い結果を得ている。しかし、試験時の風速は4m/sで風向は記載されていない。従って、どの程度の風等の影響があったのかを知ることはできず、比較することは難しい。今回実施した試験により、速力の変化によりどの程度旋回径が変化するかを確認できた。試験結果は試運転時より速力が少ないため、旋回径は当然大きくなっている。

3. 3. 2 HALF 舵角70°

右旋回の最大縦距は122m、最大横距は136mとなり、左旋回では最大縦距120m、最大横距57mとなった。

旋回径を見て、途中で試験を止めたような軌跡（右旋回）となっていたために疑問に思い、船首方位を確認したが、試験方法通りの一回転したデータであった。

舵角70°では舵の抵抗が大きく、図6でわかるように旋回終盤では速力がなくなりその場回頭の状態となる。右旋回時は旋回径を見ることはできず、その場回頭中に風により流される形となったようである。左旋回も、終盤ではその場回頭となり風に流されている。このように旋回中（特に低速時）には風の影響を受けていると考えられるが、追従性、旋回性を見てみると、舵角35°と同様に追従性での違いは見られないが、旋回途中までの旋回性を比較すると右旋回の方が旋回性は悪いように見える。試運転時もこの試験を行っているが、その左右試験共に旋回径を計測できていない。今回同様に操舵後、急激に速力が減少しその場回頭となったようである。

これらのことから35°、70°共に追従性については極端な左右の変化はなく、操縦性は右旋回の方が悪いが、旋回終盤では右旋回の方が良くなると言える。しかし、左右旋回中の速力の比較をすると、速力は35°、70°共に左旋回の方が右旋回に比べ早く減速するが、最終的な速力の減少は右旋回の方が大きい結果となった。これは左舷から受ける風の影響が大きく表れた結果と考える。

右旋回ではWestの風により船首方位が180°になるまで追い風となるため速力が減少しない。船首方位が180°を超えると向かい風となるので速力は減少する。左旋回では逆のことが言える。

4. おわりに

発動惰力及び停止惰力の試験は針路を2方向行うことにより風の影響を除去できると考え実施したが、旋回試験も同様に風の方向を考慮しNorthとSouthで行えば、風の影響を無視できる結果を得られたのでは

ないかと思う。若潮丸では今回得たデータから分かるように、風が与える影響が非常に大きい。試験時の風力は2であったが、この程度の軽風であっても操縦性能に影響を与えることを考慮し操船する必要があることが分かる。

今後、各種操縦試験を継続的に実施し、風、波による操縦性能の変化を検証していきたい。今回は発動、停止、そして旋回試験の実施に留まったが、これらの他にも操縦性能を計測する試験は多種あり、次回以降、これらの試験を実施し、海象の与える影響についても検証してみたいと思う。

若潮丸では停止時（クラッチを外さない状態）において低速時に針路不安定となり、その針路不安定時には右回頭の傾向が現れることが分かった。これは、先にも述べたように、長期右舷付けによる船体の歪み、または右舷のフェンダとの接触による凹みなどによる左右舷の抵抗差がそのような回頭をさせると考えている。しかし、今回行った数回の試験で偶然が重なりすべて右回頭となったとも考えられ、この点についても継続的に試験を実施していく必要がある。また、今回の停止ではクラッチを外さずに、プロペラの翼角を0°にして旋回させていたが、可能であればクラッチを外し、プロペラを空転させた場合には舵利き、針路安定性にどのような影響を与えるのかを計測してみたいと思う。

今回の計測には本船の旧データ処理システムを使用しGPSの計測位置はアンテナ位置であった。今年度新替えた新若潮丸データ処理システムでは、GPSポジションのオフセット設定が可能となり、舵や船体中央等のGPSポジションの設定変更が可能となる。この設定を使用することにより、キック等の細かな船体運動データを計測することが可能になり、より細かなデータの収録が期待できる。次回以降はこの新データ処理システムを使用し計測を実施していく予定である。

最後に、試験の実施に際しては、佐々木正機関長をはじめ若潮丸乗組員には多くの御協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- (1) 中谷 俊彦, 遠藤 真, 藤重 良二, 横井 幸治, 松沢 豊, 中沢 裕之: 若潮丸IV世のデータ処理システム, 日本航海学会誌, 第129号, 平成8年9月, pp.77-84
- (2) 野村 士平, 長谷川 和彦: 校内練習船弓削丸の操縦性能について, 昭和53年3月, pp50-62

- (3) 田中 清隆, 豊水 洋一, 小林 弘明: 可変ピッチ・プロペラ装備船の操縦性能に関する研究, 日本航海学会論文集, 第77号, 昭和62年9月, pp 175-183
- (4) 本田 啓之輔: 操船通論, 成山堂, 平成17年3月
- (5) 板谷 毅: 運用読本, 成山堂, 平成2年9月
- (6) 若潮丸完成図書 RESULT OF SEA TRIAL 1995
- (7) 若潮丸完成図書 Stability Information Booklet 1995