

長崎丸が装備するスラスターの旋回性能

内田 淳, 清水健一, 八木光晴, 下田真子, 青島 隆, 兼原壽生

Turning Performance of Bow and Stern Thrusters Equipped
on the Training Ship Nagasaki MaruJun UCHIDA, Kenichi SHIMIZU, Mitsuharu YAGI, Masako SHIMODA,
Takashi AOSHIMA and Hisao KANEHARA

Abstract

Instruments for determining ship position (e.g., DGPS) have been made progress on precision of positioning and measurement. Due to these improvements, accurate ship handling more requires. In this study, moving distance and turning rate by thruster drive equipped on the training ship “Nagasaki Maru”, Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Japan, were determined. Maximum moving distance was recorded with stern thruster, and increased threefold as compared to that with both thrusters. Minimum turning rate was also recorded with stern thruster, and halved as compared to that with both thrusters. Among levorotation and dextrorotation, there were no differences in turning rate, but differences in moving distance owing to directions of wind and discharge of thrusters. These information should lead to improve watermanship skills of crews.

Key Words : スラスター Thruster, 旋回角速度 Turning rate, 移動量 Moving distance

海洋観測では、目的とする調査点に調査船を位置せたり、観測目的や多様な観測機器類の使用特性に応じて調査船の向きを変更あるいは維持するなど緻密な操船が求められることが多い。また船舶に搭載されている船位測定機器（DGPS等）は技術の進歩により測位精度、計測精度が格段に向上している。^{1, 2)} このように必要とされる緻密な操船とそれを検証する測位精度の向上は、調査船の船舶としての性能とこれを操船する者の技量の向上を要求している。これらの背景より、船舶の挙動に関する基礎的な情報、特に調査船においては目標とする位置に定位するための移動や旋回などの運動性能は、操船者の操船技術に影響を与えるので、把握しておくことが望ましい。また、こうした運動性能は調査・航海計画の立案と使用する観測機器性能の選定と設置位置の決定などにおいて不可欠なものと考えられる。

そこで本研究では、長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」（以下、長崎丸と記載）において、船首と船尾に装備するスラスターだけを作動させた場合における船体の挙動を計

測し、視覚化することにより、今後操船の際に必要なとされる船舶性能について検討するとともに、操船者の操船技術の向上への一助となる情報の収集を目的とした。

材料と方法

長崎丸の船体、前部及び後部スラスターの諸元をTable 1に、船体構造及びスラスター設置位置をFig. 1に示した。前部スラスターは船体中央から23.0m、喫水線から2.5mの位置に装備されており、前部スラスターの出力は200kWで最大推力は3トンである。同様に後部スラスターは船体中央から23.3m、喫水線から1.8mの位置に装備されており、出力165kW、最大推力2.5トンと前部スラスターよりも推力が小さいものが装備されている。³⁾ 静水域でこの前部と後部のスラスターをいくつかの条件で作動させ、長崎丸の旋回性能と定点を保持する特性を計測・評価した。

計測海域はできる限り波浪や潮流及び風の影響が少なくな

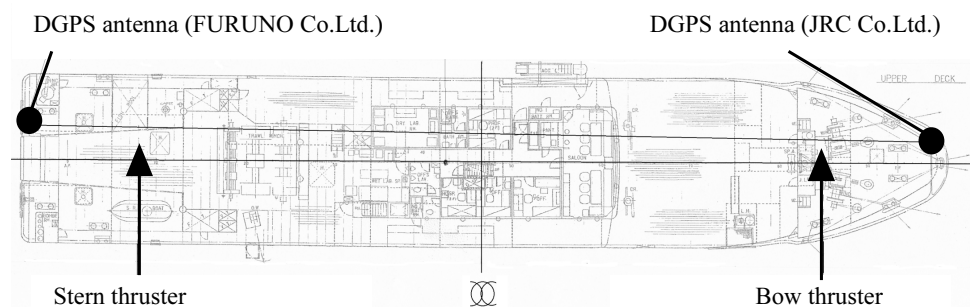


Fig. 1 Placement of thrusters and DGPS antennae on Nagasaki Maru

Table 1 Principal particulars of Nagasaki Maru

Particulars	Items
Length over all	62.87m
Length register	58.03m
Length between perpendiculars	56.00m
Breadth (molded)	11.40m
Depth (molded)	7.10m
Draft designed (molded)	4.50m
Gross tonnage	842ton
Main engine	2,800PS (2059.4KW)
Bow thruster	3.0t×200KW
Stern thruster	2.5t×165KW

ることを考慮し、航海途中の山口県油谷湾近海の静穏な海域とした。計測海域をFig. 2に示す。

計測条件は、船体が静止した状態から、前部スラスターのみを利用した左旋回（以下、Bow-P）、右旋回（以下、Bow-S）、後部スラスターのみを利用した左旋回（以下、Stern-P）、右旋回（以下、Stern-S）、前後スラスターを同時に作動させた左旋回（以下、Both-P）、そして同様に前後スラスターを作動させた右旋回（以下、Both-S）とした。さらに、これらの旋回を行う際のプロペラ翼角は前部及び後部ス

ラスターのみを利用した計測では 15° 、前後スラスターを同時に利用した計測においては 15° 及び 10° に設定した。すなわち本研究における計測条件は8種類であった。翼角の設定を 10° または 15° とした理由は、本船操船時において最も利用頻度が高く、常用の翼角であることから採用した。ここで、左右の旋回方向を計測条件とした理由は、船体が受ける主な外力である風の影響を評価するためである。また、プロペラ翼角はスラスターの吐出流量に影響し、その結果、旋回性能に影響を与えることが知られている。

各計測条件において船体が 810° （2旋回+ 90° ）旋回する間に船首と船尾に設置したDGPS装置（古野電気株式会社製；測位誤差1～5 m、日本無線株式会社製；測位誤差1～5 m）を用いて1秒毎に記録するとともに、船体の挙動に影響を与えると考えられる潮流、風向・風速を10秒毎に記録した。なお、潮流は古野電機株式会社製（CI-30）のドップラー流向・流速計、風向・風速は光進電気工業株式会社製（KA-101型）により計測した。そして船首と船尾の位置データから船体の旋回時の位置と方向を求めた。ここで、DGPS装置は、船体の長さ方向の中心線上では無く、Fig. 1に示すように左舷方向に1 m離れた位置に設置したが、船体の最大幅11.4mと比較すると船体の中心線からそれほど離れていないと考えた。また、船体前後のDGPSアンテナを結ぶ直線は船体の中心線と平行なので、これらのアンテナを結ぶ直線の方角を船体の旋回方向とした。アンテナの位置は、船首端および船尾端であったので、アンテナを結ぶ線長を船体の長さとした。

本研究では計測条件ごとに、船体の位置と向きを上記の船体を近似する直線により視覚化して示すこととした。時刻ごとの船体の位置は、船首のDGPSにより測位された緯度と経度とした。また、船体の向きは船首と船尾、両方のDGPSにより測位された緯度と経度の情報に基づき漸長緯度航法に従い求めた。海洋観測においては、定められた点において船体が旋回することだけを求められる場合もある。そこで本研究では、旋回の開始時と終了時、すなわち 810° 回転したときの船体の位置が移動した距離を算出して、この距離を移動量と定義した。また、スラスターを作動させた後、船体が旋回をはじめ、一定時間が経過した後に旋回角速度が一定となった状態を定常旋回状態とした。また、5秒毎の船首方位の変化から船体の平均旋回角速度を求めた。

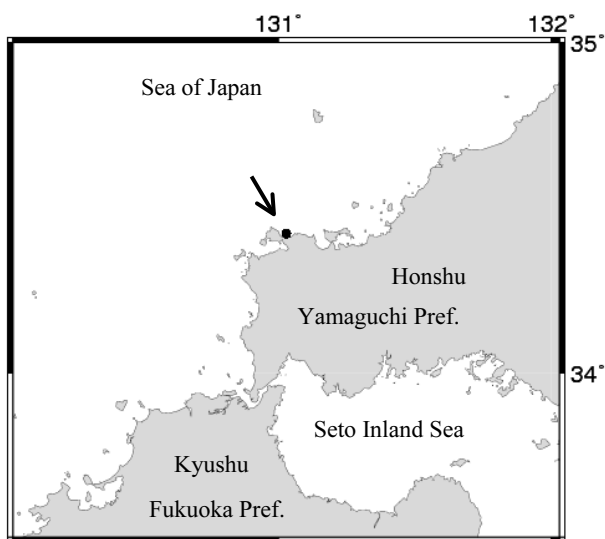


Fig. 2 Map of the bay Yuyawan at Yamaguchi Prefecture, Japan for the trial experiment. Arrow indicates the bay.

結果と考察

移動傾向

旋回運動に伴う船体の移動を視覚化するため、各スラスターの使用状態での定常旋回状態での船首方位000°～000°までの1回転分の船体の動きをFigs. 3～10に示した。旋回中の回転中心位置は、全てのスラスター使用状態で船体の中心位置に近かった。両スラスターを同時に使用すると北北東方向へと移動していた (Figs. 3～6)。一方、船首と船尾のスラスターのどちらか一方を作動させた場合には、船体が西側に向かって回頭するときよりも東側に向かって回頭するときの方がより東方向に引き延ばされたような形状の軌跡となった

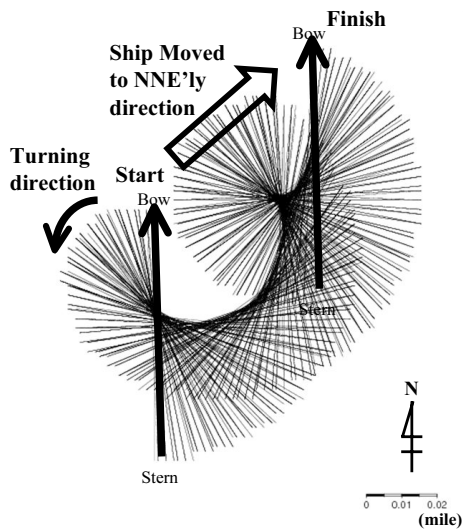


Fig. 3 Tuning motion per second of the hull during 360° left side turning by using both thrusters with propeller pitch both 10° (referred as “Both-P10°” in the text)

た (Figs. 7～10)。これらの軌跡はスラスターの水流吐出方向 (Fig.11) と実験時の風向が影響していると考えられる。すなわち、計測時の風向は西南西方向で風速は8ノット (風力3) であり、両スラスターを使用した場合には船体はこの風のため北北東方向への移動が顕著になったと考えられる。一方、BowとSternのスラスターのどちらかのみを作動させた場合には、スラスターによる推力が船を回頭させる以外に、水流吐出方向と反対方向に横移動させたと考えられた。このため、片方のスラスターのみを使用すると西寄りの風が強い場合水流吐出方向が西方向になると風の外力が加わることで船体の東側への横移動量が増加したものと考えられる。

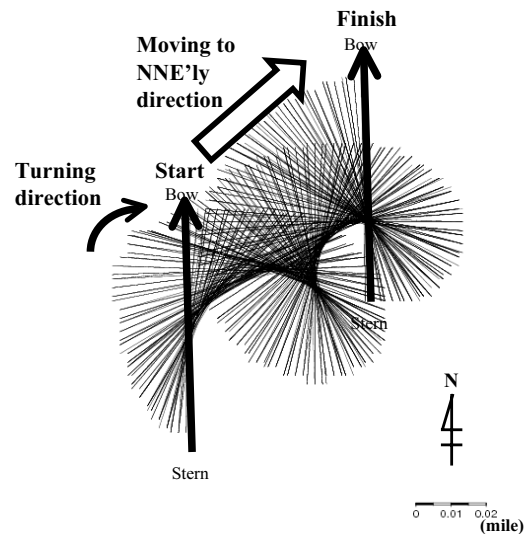


Fig. 4 Tuning motion per second of the hull during 360° right side turning by using both thrusters with propeller pitch both 10° (referred as “Both-S10°” in the text)

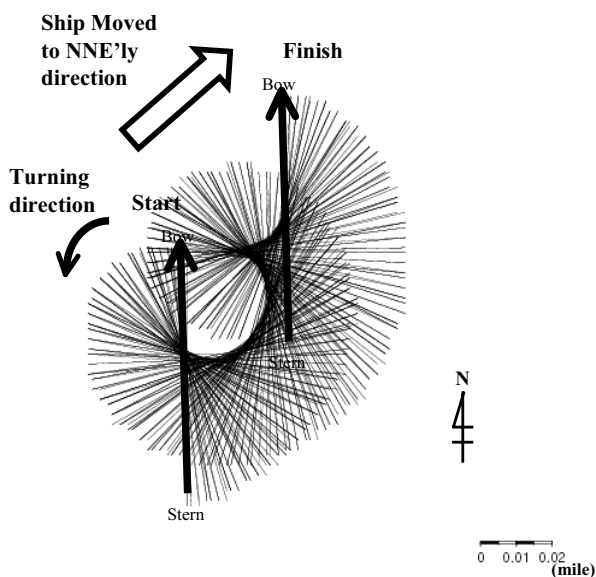


Fig. 5 Tuning motion per second of the hull during 360° left side turning by using both thrusters with propeller pitch both 15° (referred as “Both-P15°” in the text)

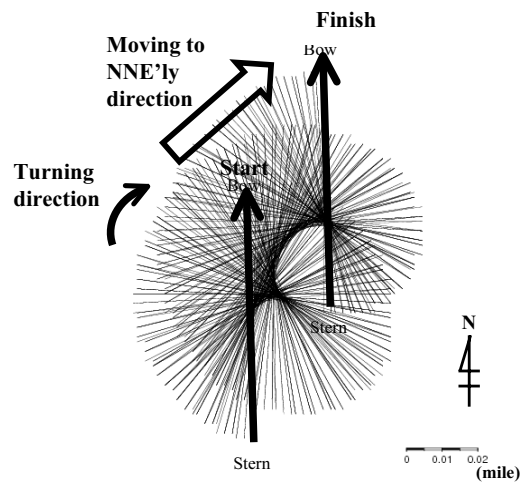


Fig. 6 Tuning motion per second of the hull during 360° right side turning by using both thrusters with propeller pitch both 15° (referred as “Both-S15°” in the text)

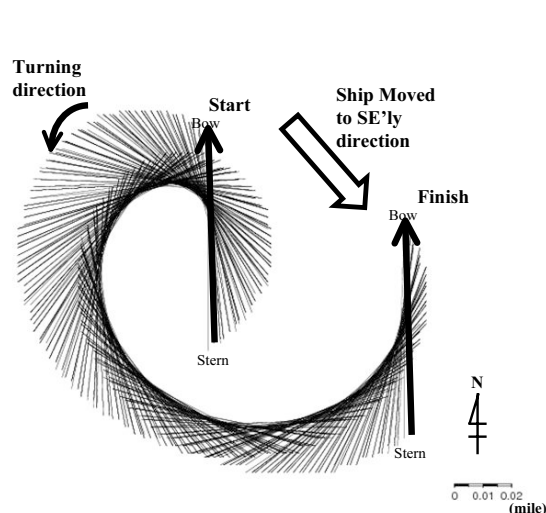


Fig. 7 Tuning motion per second of the hull during 360 ° left side turning by using bow thruster with propeller pitch both 15° (referred as “ Bow-P15° ” in the text)

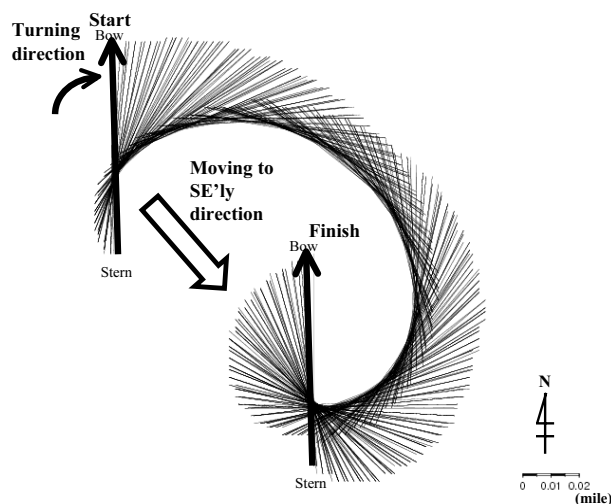


Fig. 8 Tuning motion per second of the hull during 360 ° left side turning by using bow thruster with propeller pitch both 15° (referred as “ Bow-S15° ” in the text)

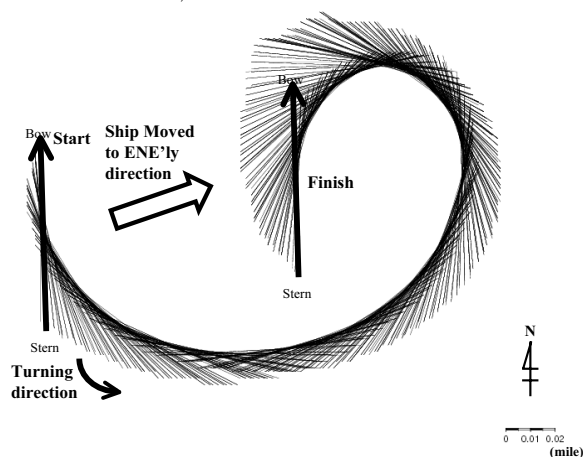


Fig. 9 Tuning motion per second of the hull during 360 ° left side turning by using stern thruster with propeller pitch both 15° (referred as “ Stern-P15° ” in the text)

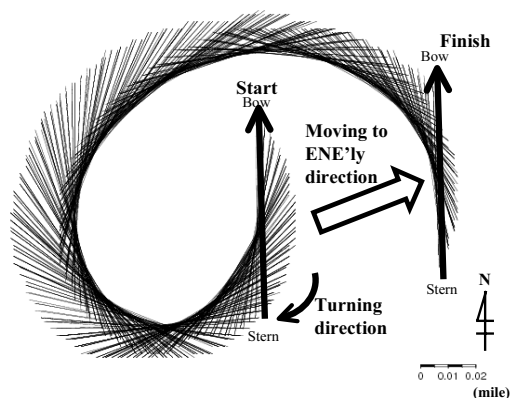


Fig.10 Tuning motion per second of the hull during 360 ° right side turning by using stern thruster with propeller pitch both 15° (referred as “ Stern-S15° ” in the text)

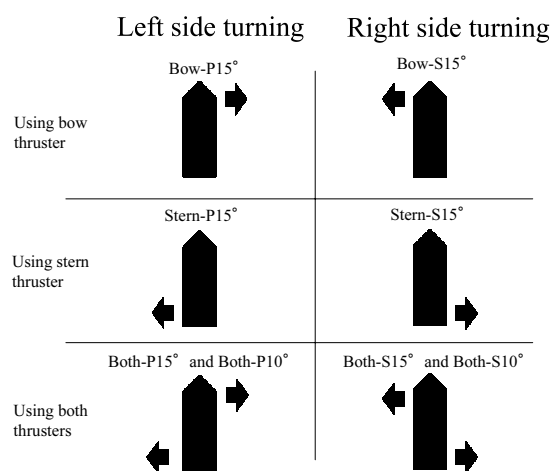


Fig.11 Relationships between direction of turning and discharge flow by thrusters. Arrows indicate direction of discharge flow.

移動量

各スラスターの使用状態における船首方位000°～000°までの1旋回分の開始点から旋回終了点までの移動量をFig.12に示した。Both-P及びSで旋回を行った場合、プロペラ翼角

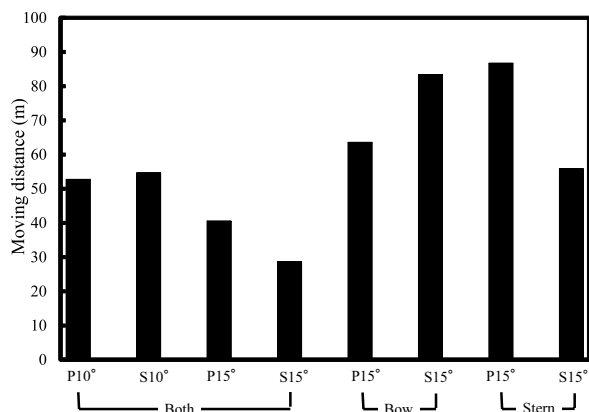


Fig.12 Moving distances under various conditions

により、約30～55mであった (Fig.12)。一方、Bow-PとS、及びStern-PとSの旋回では53m～87mとなり、両スラスターを同時に使用したときと比較するとその移動量は大きかった (Fig.12)。移動量の最小はBoth-S15°のときで約30m、そして最大はStern-P15°のときで約90mとおおよそ3倍であった (Fig.12)。こうした船体の旋回に伴う移動をより詳細に明らかにするためには、今後、各スラスターの推力と風などの外力に対する船体の運動について力学的な検討を行う必要がある。

旋回角速度

各スラスターの使用状態での定常旋回時の平均旋回角速度 (Degree/Second) をFig.13に、1旋回に要した時間 (s) をTable 2に示した。旋回開始から定常旋回状態となるまでに要する時間は、各スラスターの使用状態で異なり150～300秒程度であった。例えば、Bow-P15°ではおおよそ200秒程度で定常旋回状態となった (Fig.14)。Both-P及びSのどちらかを使用するとプロペラ翼角に関わらず150～200秒程度で定常旋回状態に達した。しかし、Bow-P及びSは200～300秒前後かかり、Stern-P及びSでは、はっきりと定常旋回状態に達したかは不明であった。一方、Stern-P及びSでは定常旋回状態に達したかは不明であったが、旋回中の平均旋回角速度はBoth-P15°及びS15°の約1/2程度と小さかった (Fig.13)。また、Both-P10°とBoth-S10°の旋回角速度は、Bow-P15°とBow-S15°の時とほぼ同じであった (Fig.13)。これは、Sternスラスターの推力がBowスラスターの推力と比較して

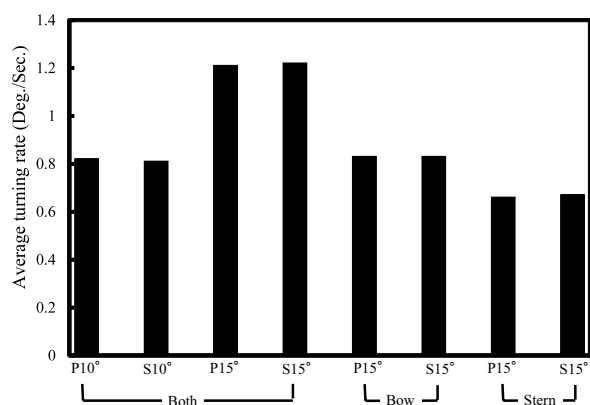


Fig.13 Mean turning rates (Deg./Sec.) during turning under various setting conditions

Table 2 Time required for a turning with thrusters under various conditions

Setting condition	Time (Sec.)
Both-P10	439
Both-S10	450
Both-P15	300
Both-S15	293
Bow-P15	423
Bow-S15	435
Stern-P15	557
Stern-S15	561

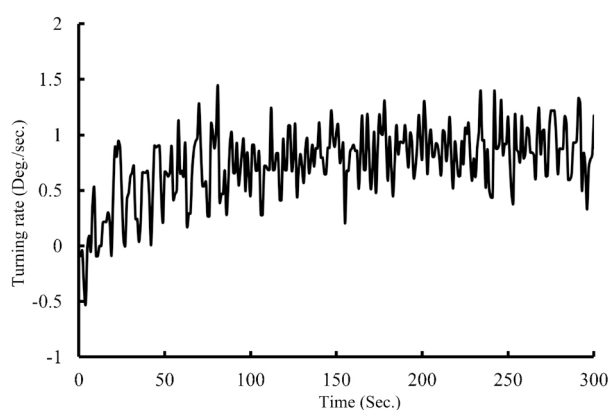


Fig.14 Example for mean of turning rate in the course of the trial "Bow-P15°"

小さいためだと考えられる。後部スラスターのみで旋回を行うことは、明らかに他の旋回に比べて不向きであろう。

まとめ

本研究では、長崎丸において、船首と船尾のスラスターをさまざまに作動させ、DGPSの軌跡から船体の挙動を視覚化することにより、回頭性能の把握と操船者へ操船の目安となる情報の提供を目的とした。その結果、BowもしくはSternスラスターのみを使用すると旋回方向の違いで移動量に大きな差が生じること、両スラスターを使用すると短い時間で旋回し移動量も小さくなることがわかった。スラスターは出入港時や海洋観測時に多く利用される。特に出入港時は着岸岸壁と対岸までの距離が200～300m程度という港は少なくない。こうした狭い港では、旋回に要する移動量は小さい方が望ましいことから、両スラスターの同時利用が安全上望ましいと考えられた。また、海洋観測の場面でも同様であろう。さらに、長崎丸くらいの規模の船舶では、スラスター室と乗組員居住区とを大きく隔離することは物理的に困難である。スラスターの稼働に伴う船内騒音や振動は、スラスターの翼角が大きくなるのに伴い大きくなる傾向にある。この点からも片方みのスラスターを大きな翼角で使用するのではなく、両スラスターを使用し小さな翼角で利用することが望ましい。今回の結果でも操船への一助になるデータは収集できたと考えられるが、船体挙動に関するさらなる計測を行うことが必要である。

要 旨

近年、船舶に搭載されているDGPSなどの船位測定機器の性能は技術の進歩により測位・計測精度が格段に向上している。この精度向上に伴い船舶は、緻密な操船が求められている。本研究は、長崎大学水産学部付属練習船「長崎丸」に装備されているスラスターを使用した時の船体の挙動を明らかにした。その結果、移動量は後部スラスターのみを利用した時に最大となり、両スラスターを同時に使用した時と比べて

3 倍程度大きくなった。旋回角速度は、後部スラスターを利用した時に最少になり、前後スラスターを同時に使用した時と比べ約半分になっていた。左旋回と右旋回では旋回角速度に差はみられなかったものの移動量は異なり、風向きとスラスターの水流の吐出方向との関連性が示唆された。これらの知見は、操船者の操船技術の向上への一助となる。

謝 辞

本研究において、データの収集および解析に於きまして附属練習船長崎丸の乗組員の方々には多大なご助力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山中有一，松野保久：鹿児島大学水産学部紀要，39，pp.13-19，1990.
- 2) 奥田邦晴：航海，94，pp.39-43，1987.
- 3) 矢田殖朗，高木保昌，兼原壽生，久野俊行，山路光徹，西ノ首英之，古山裕喜：航海，96，pp.26-38，1987.