



Title	Comparison of ships fitted with different rudder systems in propulsion and maneuvering characteristics
Author(s)	Vishwanath, Nagarajan
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57475">https://hdl.handle.net/11094/57475</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

[37]

氏 名	Vishwanath Nagarajan ヴィシワナタ ナガラージャン
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学 位 記 番 号	第 23379 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 21 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科地球総合工学専攻
学 位 論 文 名	Comparison of ships fitted with different rudder systems in propulsion and maneuvering characteristics (種類の違う舵を装備した船の推進性能と操縦性能比較)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 長谷川和彦 (副査) 准教授 梅田 直哉 教授 柏木 正 教授 加藤 直三

### 論文内容の要旨

A single-propeller twin-rudder system has been successfully introduced for small coastal ships for improving their maneuverability. In this thesis, the suitability of single-propeller twin-rudder system for large ocean going ships is investigated. A typical large ocean going ship may spend about 80% of its operating time in cruising while 20% in maneuvering. Therefore, when applying single-propeller twin-rudder system to large ocean going ship, their influence on ship's propulsive performance during course keeping needs to be investigated. In this thesis, the following aspects are investigated:

- The influence of twin-rudder's tangential force on ship's propulsion performance is investigated. The tail inboard angle arrangement of twin-rudder system for optimizing its propulsion performance is determined. A method of minimizing speed loss due to rudder motions during course keeping for the twin-rudder system is proposed and compared with that of the single-rudder system.
- The MMG type model for the twin-rudder system developed earlier is validated with different ship types and

the relevant interaction coefficients for the twin-rudder system are identified.

Captive and free running experiments were carried out with a Panamax tanker ship model. The model ship is fitted with a detachable type of stern that can be changed to suit both single-rudder and twin-rudder systems. Four different types of rudders were fabricated for the experiments. The main conclusions of this study are:

- The performances of the mariner Schilling rudder and the mariner rudder under various loading and gusty wind conditions were compared. The superiority of the mariner Schilling rudder over the mariner rudder from the viewpoint of the optimum arrangement and their performance in full-scale conditions was discussed. It was seen that without any external force acting, for the same main engine torque, the speed and the propeller revolutions of ships fitted with mariner rudder and mariner Schilling rudders were same. At constant engine torque, the maneuverability of the ship with a mariner Schilling rudder was superior to that of the ship with a mariner rudder. Additionally, during course-keeping tests at various wind encounter angles and various gusting winds, the fuel efficiency of the ship fitted with the mariner Schilling rudder was higher than that of the ship fitted with the mariner rudder. During course keeping under windy conditions, the ship fitted with a mariner Schilling rudder covered a greater distance per unit amount of fuel consumed: this difference was more prominent for the ballast draft condition. The rudder model developed for the full load condition was also used to compare the performances of the mariner Schilling and mariner rudders in the ballast draft condition. Since existing VLCCs exhibit better maneuverability for ballast draft than for loaded draft, the trend of the results would not be expected to be different if an accurate rudder model were to be developed for the ballast draft condition.
- The scale effect is present on the tangential force of both single and twin rudders. In the case of a ship fitted with a single rudder, because of the low tangential force, the power predicted by either considering or ignoring this scale effect is nearly the same. However, in the case of a ship fitted with a twin rudder, the power predicted by ignoring this scale effect may be about 8-9% (depending on the twin rudder cross-section) higher than the case when the scale effect is considered.
- A new method, the "proposed method", of determining full-scale power of ships is developed, where the rudder tangential force and the model ship resistance are considered separately. It is shown by model and full-scale experiments that the power predicted by the "proposed method" is also suitable for ships fitted with twin rudder system.
- For the "proposed method", the MMG-type model is used for determining rudder inflow velocity. It is shown that the coefficients of MMG-type model for rudder inflow velocity are different for single and twin rudders. The MMG-type model for twin-rudder system is further refined and parameters which may be different for other ship types are identified. The mutual interactions between the twin-rudder are significant and influence the flow-straightening coefficient, so that it becomes asymmetric for starboard and port turns.
- For twin-rudder system, the "tail inboard angle" setting has an influence of about 0.5% on the full-scale ship power. The cost function for tuning autopilot for single and twin-rudder system is different. The ship with single-propeller single rudder system is more unstable than the ship with single-propeller twin-rudder system. Therefore, it is expected that speed loss during course keeping for single-propeller single-rudder system may be higher as compared to single-propeller twin-rudder system. Under external disturbance and optimum autopilot, the speed loss during course keeping of ship fitted with single-propeller single-rudder can be reduced however it may not be made less than that of single-propeller twin-rudder system.

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、従来、沿岸航路を航行する船舶に対してその優れた操縦性能の故に広く使われるようになってきた1軸2舵システムを大型の外洋船へも適用するに当たり、問題となる推進性能に注目し、いくつかの舵の形状を用いて、広範囲な実験を実施し、推進性能および操縦性能の違いを明らかにしようとするものである。

1軸2舵船では、その断面形状の故に、抵抗成分が大きく、従来の推進性能の推定法では、抵抗を過大評価する。

そこで、舵と船体についてそれぞれの Reynold 数で抵抗を評価する推進性能の推定法（以後、提案された方法と呼ぶ）が有効であり、それにより 8-9%馬力推定に影響が出ることを示している。そして、実船実験結果からも、1 軸 1 舵船と 1 軸 2 舵船では従来の推定法で出るほどの馬力や速度に差がないことを示しており、提案された方法が 1 軸 2 舵船では重要であることを示している。さらに、実海域では、風浪の影響により、舵を中央に保ったままで保針できないため、かえって、保針性能の悪い 1 軸 1 舵船では無駄な舵の動きにより抵抗が増して船速が落ちることも示している。

一方、提案された方法をシミュレーションなどで確認するためには、舵への流入速度、流入角を正確に表現できる操縦運動数学モデルを確立する必要がある。また、通常の 1 軸 1 舵システムでは舵はプロペラ軸の中心、すなわち、船尾中央に配置されているため、直進時は、舵中央がもっとも舵の抵抗が少なくなる。しかし、1 軸 2 舵システムでは、プロペラの回転後流の範囲内で左右に配置されているため、船体やプロペラ回転の影響により、必ずしも舵中央が抵抗最小とならず、左右の舵をそれぞれやや内側に取った状態（インボードという）が最小となる。いくつかの舵形状により、その角度がどのように変化するかを実験的に確かめ、さらに、流入速度、流入角度を正確に求めるための操縦運動数学モデル（ここでは、MMG モデルと呼ばれる標準モデルをベースとして）を 1 軸 2 舵船用に拡張し、その式形状および係数を実験により同定している。

以上により組み立てた数学モデルを用いて、操縦運動のシミュレーションを行い、1 軸 2 舵船では 1 軸 1 舵船用の数学モデルでは説明しきれない船体と舵、そして、舵相互の干渉によって起こる左右の舵の流体力の違いなどが説明でき、また、実験結果とよく一致することを示している。

本研究における成果の概要は以下の通りである。

1. 1 軸 1 舵船では無視できる舵の縮尺影響が 1 軸 2 舵船では無視できないオーダーとなる。
2. 提案された推進性能の推定法を用いることによって、実船実験結果がほぼ説明でき、提案された方法を使わないととの差は 8-9% に達する。しかし、それでも、まだ、1 軸 1 舵船に比べ、推進性能はやや劣る。
3. 提案された方法を用いるには船体と舵、舵相互の干渉を考慮した操縦運動数学モデルが必要であり、それを実験結果に基づき同定している。
4. 1 軸 2 舵船では左右の舵をやや内側に取ることによってより抵抗が少ない角度が存在する。その馬力への影響は約 0.5% である。また、実際の航海においては外乱の影響があるため、正しく求めたオートパイロットの評価関数を用いてオートパイロットを最適に調整する必要がある。ただし、操縦性に優れた 1 軸 2 舵船では、1 軸 1 舵船に比べて、実海域では、無駄な舵の動きや船体速度が少なく、より少ない馬力で航行することができることがある。

続いて、審査委員から、

- 1) 最適となる直進時の舵角の縮尺影響（模型船と実船の違い）
- 2) 船型が違ったときの影響
- 3) 実験点のばらつき、そして、傾向があるとすれば、物理的説明
- 4) 実験結果とシミュレーション結果の違い

などについて、質疑がなされ、それぞれに的確な回答が得られた。

以上のように、本論文は 1 軸 2 舵船の推進性能、操縦性を明らかにする研究として学術的価値があるとともに、今後ますます重要となる大型船の省エネルギー化、高安全化に実用的観点からも寄与する研究と言える。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。