

Title	Improvement of Ship Geometry for High Performance in Waves by a Practical Integrated Optimization Method
Author(s)	Tasrief, Muhdar
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/50535">https://doi.org/10.18910/50535</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## Abstract of Thesis

Name ( Muhdar Tasrief )	
Title	Improvement of Ship Geometry for High Performance in Waves by a Practical Integrated Optimization Method (実用的な統合最適化法による優れた波浪中性能を実現するための船型改良に関する研究)
Abstract of Thesis	
<p>When a ship is navigating in a rough weather with winds and waves, its resistance will increase especially due to waves. Such inevitable condition may lead to involuntary reduction of the ship speed and to perilous circumstance accordingly. Moreover, ships to be built from now will be required to be less in the fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission without reducing the ship speed. Namely, the performance of a ship in waves must be enhanced. For that purpose, the ship's hull geometry should be improved with an appropriate optimization method. In the thesis, to make it realize, a practical integrated optimization method is developed and utilized to acquire the improved ship geometry. Namely, the genetic algorithm with binary encoding, the so-called Binary-Coded Genetic Algorithm (BCGA), and the Enhanced Unified Theory (EUT) are integrated together to optimize a basis ship geometry by changing its Sectional Area Curve (SAC).</p> <p>In this thesis, the shape function combined with Lagrangian interpolation is introduced and the parameters in the shape function are optimized using BCGA for generating the new SAC. The position of transverse sections is shifted in longitudinal direction to modify the prismatic coefficient, the longitudinal center of buoyancy and the parallel middle body of the basis ship geometry. As constraint conditions, the principal dimensions i.e. the ship length, breadth and draft are kept constant. Needless to say, the main objective function in this optimization is to minimize the added resistance which is computed by EUT as a core method of computation.</p> <p>A modified Wigley model with blunt-shape coefficients is firstly employed as a basis ship geometry. For this model, an optimization is performed at two different wavelength regions, namely short wavelength region (the ratio of wavelength <math>\lambda</math> to ship-length <math>L</math>: <math>\lambda/L = 0.30\sim 0.80</math>) and middle wavelength region (<math>\lambda/L = 0.80\sim 1.30</math>). Optimization is also performed with an actual container ship SR-108 model used as a basis ship geometry, on the basis of the results of sensitivity study to the added resistance. In this case, the optimization is extended to multi objective functions, namely the pitch motion component will be the primary fitness function followed by the total added resistance as the secondary fitness function. In addition, the steady wave-making resistance is also computed in order to confirm reduction of the total wave resistance of such actual ship.</p> <p>The main conclusions obtained in this thesis are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. For the modified Wigley model at short wavelength region, a finer shape of bow and stern with combination of inserting the parallel middle body (<math>P_{MB}</math>) part to the aft- and fore-bodies of a ship would reduce the added resistance at concerned wavelengths but increase at the region from around its peak to longer wavelengths. At middle wavelengths, a slightly blunter bow shape with inserting the <math>P_{MB}</math> only to the fore-body of a ship would reduce the added resistance around its peak.</li> <li>2. By doing a sensitivity study to the added resistance, especially at its peak, it was found that the pitch motion is the most sensitive to the peak value of the added resistance. Hence it was used as the primary fitness function to optimize SR-108 container ship.</li> <li>3. The best optimized shape of SR-108, in which the <math>P_{MB}</math> was inserted and a blunter bow was acquired, would reduce the added resistance in large amount at middle wavelengths including the peak of added resistance due to reduction of the pitch motion as well as heave motion.</li> <li>4. Removing an eccentric bump shape seen near the stern in the best optimized SR-108 does not increase the steady wave resistance but slightly increases the peak value of the added resistance. Nevertheless, compared to the original basis hull, the amount of reduction of the added resistance is remarkable.</li> <li>5. The bow shape of a ship is the most important part in determining the added resistance followed by the stern part which is also influential in reducing the steady wave resistance.</li> </ol>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Muhdar Tasrief )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	柏 木 正
	副 査	教 授	長谷川 和彦
	副 査	教 授	戸 田 保 幸
	副 査	准教授	箕 浦 宗 彦

## 論文審査の結果の要旨

風や波が存在する荒天中を船舶が航行する際、特に波浪の影響によって、その船舶に働く抵抗は平水中での値より増加する。このような荒天状況下では、必然的に船速低下が起り、船舶は危険な状態に陥ることがある。また国際海事機関による新しい規則により、今後建造される 400 トン以上の船舶は、船速をそれほど落とすことなく燃料消費量や大気中に放出する二酸化炭素の量を少なくすることが求められる。すなわち、波浪中における船舶の推進性能を高めることが求められ、それを実現するためには、何らかの最適化手法を用いた船型改良によって波浪中での船に働く抵抗を小さくすることが必要である。その要求に応えるために、本論文では、波浪中抵抗増加の最小化を目的関数とした船型改良のための実用的な統合最適化手法を提案している。

本論文の前半では、最適化手法としての二進化コードを用いた遺伝的アルゴリズム (BCGA) 並びに波浪中抵抗増加の計算に用いる Enhanced Unified Theory (EUT) について整理し、それらを統合した船型最適化手法の計算手順について述べている。船型の変更方法としては、元の船型の横断面積分布 (SAC) を簡易に変更するために幾つかのパラメータを含んだ形状関数を導入しており、設定した制約条件の下で、それらのパラメータの値を最適化させる遺伝的アルゴリズム BCGA を適用している。元の船型を修正するための形状関数には 4~6 個のパラメータが含まれているが、そのうちの 2 つは横断面積を変化させない船の長手方向位置を指定するものであり、残りのパラメータは SAC における変化量の大きさを指定するものである。本論文の船型最適化法では SAC を船の長手方向に変化させるので、船の主要目 (船長、船幅、喫水) は変化させないが、排水量 (船体方形係数)、水線面積、浮力中心と浮面心の前後方向位置、船体中央付近の平行部の長さなどは一般的には変化する。また形状関数の値、すなわち SAC の変化量の大きさにも制約条件として制限値を設けている。最適化における主要目的関数は、指定した波長域内での波浪中抵抗増加を小さくすることであるが、船体運動が大きくなる波長域では、縦揺れの振幅も目的関数として組み入れられている。また、船型の変更によって平水中での定常造波抵抗がどの程度変化するかについても確認計算をしているが、粘性抵抗の増減量は造波抵抗の増減量に比べて小さいという前提で研究が行われている。

提示した最適化手法を適用する船型として、本論文では、まず肥大度の比較的大きい修正 Wigley モデルを用いている。この船型に対しては、2 つの異なる波長域での最適化を実行している。すなわち、波長 ( $\lambda$ ) と船長 ( $L$ ) との比が  $\lambda/L=0.3\sim 0.8$  の短波長域と船体運動が大きくなる  $\lambda/L=0.8\sim 1.3$  の中間波長域に対して最適化を行い、目的関数は指定した波長域での波浪中抵抗増加の積分量の最小化としている。さらにコンテナ船型である SR-108 モデルに対しても本論文で提示した最適化手法を適用している。この船型に対しては、別途行った抵抗増加計算値への感度解析の結果に基づき、縦揺れ振幅の低減を主要目的関数とし、波浪中抵抗増加の低減を副次目的関数とした複数項目の最適化を実行している。

本研究によって得られた主な結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 短波長域での修正 Wigley モデルに対する船型最適化の結果、船首と船尾は原船型より細くし、船体中央に平行部分を増やした船型が得られた。これは、短波長域で支配的な波浪中抵抗増加が、船首での波の反射によるためである。また中間波長域では、船首部分を若干肥大化させ、船体中央から少し前方まで横断面形状の平行部分を入れた船型で波浪中抵抗増加を小さくできることが示された。これは、中間波長域では船体運動による抵抗増加が支配的であり、得られた船型によって船体運動（特に縦揺れ）を小さくすることができ、結果的に抵抗増加が小さくなったためであることを明らかにした。
- (2) 波浪中抵抗増加に対する成分ごとの感度解析を数値計算によって行い、波浪中抵抗増加が最大となる中間波長域では、船体運動（特に縦揺れの振幅と位相）の変化が抵抗増加の増減に大きく影響することを明らかにした。
- (3) コンテナ船型である SR-108 モデルに対しても、定性的には修正 Wigley モデルの結果と同じく、船体中央から少し前方まで横断面形状の平行部分を入れ、船首部を大きくした最適船型が得られた。この船型では、目的関数とした縦揺れの振幅だけでなく、上下揺れの振幅も小さくなっていることが示された。
- (4) SR-108 モデルを元の船型とした中間波長域での最適船型では、船尾部分の限られた領域で形状関数が急激に大きくなっており、結果的にその部分ではやや非現実的と思われる出っ張った船型となっていた。その出っ張りを人工的に取り除いた修正船型について再計算を行ったところ、定常造波抵抗の値にはほとんど違いは見られないが、波浪中抵抗増加の最大値は最適船型に対する値より若干大きくなるものの、原船型に対する値より著しく小さくなっており、実用的に十分な波浪中抵抗増加の低減が達成されていることが確認された。

以上のように、本論文は、波浪中での抵抗増加低減を達成する最適船型を見出すために、二進化コードを用いた遺伝的アルゴリズムと波浪中抵抗増加を計算するための Enhanced Unified Theory を組み合わせた統合最適化手法を提案し、得られた最適船型と抵抗増加の関係について流体力学的に考察したものであり、実用的な船型の設計や改良に資するものであると評価される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。