

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656545

研究課題名（和文）合理的船舶構造設計に関する研究

研究課題名（英文） A Study on the rational design methodology of ship structure

研究代表者

高木 健（TAKAGI KEN）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：90183433

研究成果の概要（和文）：近年、船舶や海洋構造物の機能の定量評価技術の進展がある。本研究ではこのような定量評価技術を用いた、将来の合理的構造設計のあるべき姿について研究をおこなった。その結果、主として GHG 削減要求などにより出現すると予想される新型船型の構造設計において、個別の要素技術が果たす役割の重要性の把握や、あらたなリスク要因の体系化などが行えた。

研究成果の概要（英文）：Recently, technologies for quantitative evaluation on the functional capability of ships and offshore structures have been progressed. In this study, we describe the desirable future direction of the rational design methodology utilizing the quantitative evaluation technologies. Importance of role of elemental technologies in the structural design of new type ships for reducing the GHG emission has been understood, and systematization of new reasons of risk has also been carried out.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：機能要件、GBS、GHG 削減、新型船型

### 1. 研究開始当初の背景

近年、安全性や環境適合性に関する要求の高まりから、船舶や海洋構造物の設計における基準や規則の要求範囲は大きく広がりつつある。また、従来の経験則に基づく仕様要求から機能要求へと移行しつつある。この背景として、船舶や海洋構造物の機能の定量評価技術の進展がある。例えば、船舶の構造設計の分野では、国際海事機関（IMO）で目標（機能要求）指向型の構造基準（GBS）が採択された。しかし、この基準では機能要求が一部で取り入れられているものの、従来型の経験則をベースとした寸法要求等の規定も多く残っており、安全性能の定量評価に基づく合理的指針という観点では完全なものではない。また、近年は温暖化ガス（GHG）削

減の観点や油濁防止の観点などから環境適合性に関する要求も高まっているが、これらを定量的に評価して設計に活かす指針はこのところ存在しない。

申請者らはこのような現状を鑑みて、機能要件を指向した合理的設計法について考察を行い、設計ファクターと規制の範囲や強度評価に関する技術課題などについて概略的なまとめをおこなった。それによれば、従来の船舶構造設計の分野では、要素技術の技術開発が主として行われており、規則や基準の制定までを視野に入れた構造設計全体の体系化を戦略的に行う試みは行われておらず、

① 新型船型（GHG 削減圧力により出現すると予想される大型船型等）出現に備えた設計法

- ② 他分野で進行中の気象・海象予測技術との整合性の確保
  - ③ ライフタイムでの、GHG 削減、経済性向上を目指した設計
- 等が不十分であった。

## 2. 研究の目的

この研究では、前述の考察をベースとして、機能要件を指向した合理的設計法の体系化、即ち、今後、数十年を掛けて進めるべき、合理的設計法確立に必要な技術のロードマップ、技術マップのベースとなる基礎的考察を行うことを目的としている。特に体系化にあたっては、従来の構造設計の考え方では抜け落ちていたか不完全であった前述の①、②、③の項目について焦点を当てることとした。

船舶の構造設計の分野で機能要件を指向した合理的設計法の体系化をおこない、ロードマップ、技術マップを作製すれば、安全性だけではなく、環境適合性も取り入れた合理的な基準や規則の制定に結び付けることができる。また、それらの制定のために必要な技術課題を整理することにより、必要な研究開発を効率的に実施することが可能になる。すなわち、この分野の研究の方向性を正しく示す羅針盤として用いられることも期待できる。

一方、このようなロードマップに基づく、技術開発と国際的な基準・規則の制定を統合的に実施することにより、我が国の海事産業の競争力強化につながる。

## 3. 研究の方法

まず初めに、機能要件を志向した合理的設計法の体系化に向けて国際的に重要と認知され得る機能要件とまたそれを指向した合理的設計法について、業界からのヒヤリング等を含め様々な観点から調査検討し、体系化を試みた。具体的には以下の項目を調査検討対象とした。

- ① 構造基準や規則に係わる現状の調査と技術レベルの判定
- ② 運航に係わる設計要件の調査
- ③ 経済性や環境適合性に係わる実態の調査と将来予測

以上の調査検討結果を取りまとめ、機能要件を指向した合理的設計法の体系とはどのようなものかについて、大凡の姿を検討した。

さらに、上記の体系化に沿って、設計法の実現に向けて必要な具体的要素技術について検討した。必要項目は、様々なことが考えられるが、以下の事項が重点的に検討しなければならない項目と考えた。

- ① 新型船型 (GHG 削減圧力により出現すると予想される大型船型等) 出現に備えた設計法：大型化に伴い船体の弾性変形による流力弾性影響が顕著になると予想される。これら

の影響を流力弾性非線形ストリップ法により数値的に検討を実施した。

② 他分野で進行中の気象・海象予測技術との整合性の確保：近年、海洋波研究の分野ではフリーク波に関する研究が急速に進展している。一方、海洋構造物や船舶の構造研究分野では、フリーク波の危険性を強調する研究成果も発表されている。しかし、今迄に近年の海洋波分野の最新成果と従来から構造設計分野で使われている波浪統計をベースとした方法論との関係について詳しく論じられたことはなく、両者の整合性についても理解が進んでいないのが現状である。これについて、調査検討を実施した。

③ ライフタイムでの、GHG 削減、経済性向上を目指した設計：近年、GHG 削減や燃費削減の要求は非常に高く、船舶の建造時性能だけでなく経済的運航も含めたライフタイムでの経済性向上が求められている。これに対し構造設計は軽量化を達成すれば良いと考えられてきたが、将来的には経済的航路、すなわち荒天避航や低速航行を定量的に考慮した出会い海象の推定が必要になってくる。これらを勘案した設計について調査検討を実施した。

これらの研究を踏まえ、国際会議として第6回 Hydroelasticity in Marine Technology 2012 を主催し、国際的に著名な研究者を集めて議論をおこなった。この国際会議においては、この研究の核となる以下の3項目について議論を行った。

- ① 新型船型出現に備えた設計法
- ② 他分野で進行中の気象・海象予測技術との整合性の確保
- ③ ライフタイムでの、GHG 削減、経済性向上を目指した設計

また、本研究の成果を国際的に問う場ともした。

## 4. 研究成果

機能要件を志向した合理的設計法の体系化については、船舶の生涯におけるリスクの要因とこれらが構成する体系を再検討し、その評価が可能な環境を整備しなければならない。このため、本研究では船舶の生涯におけるリスクの要因を、まずは船舶の安全性確保及び環境保全の観点から整理した。図1はこのような整理の中で使われた社会的要因の整理図である。このような整理のなかで、結果の妥当性の指標の一つとして、船の寿命を目安とすれば良いことが分かった。

例えば図2は板厚の変化と出費・収入の変化がどこでバランスするかを調べた図であるが、現行のルールに従って決めた板厚は、一般に言われている船の寿命とこのバランス点が概ね一致することが分かった。すなわち、このような指標を基準として船の形や運

航の様態が変わった場合も考察すれば現行規則との比較が容易に行えることが分かった。

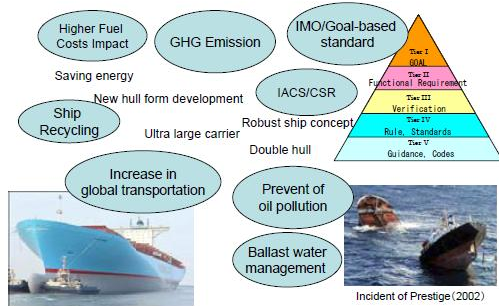


図1 社会的な要因の整理

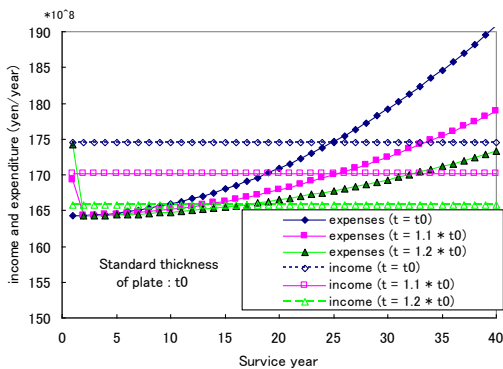
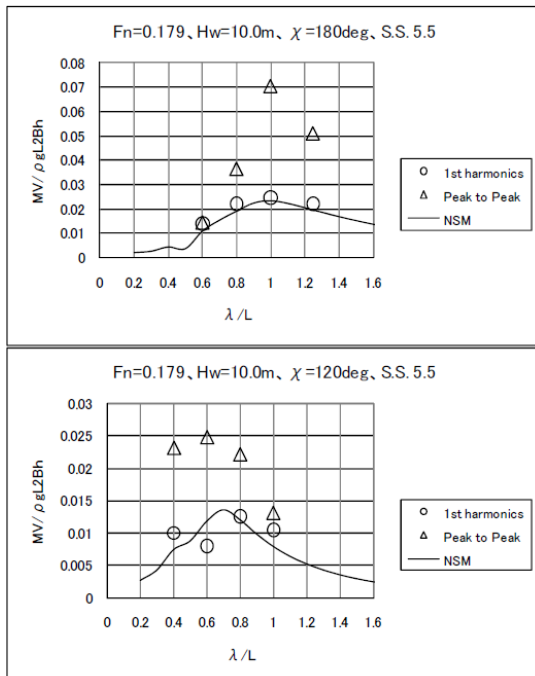


図2 板厚 VS 出費・収入

次に具体的な要素技術の検討結果について述べる。まず、新型船型として直近に考えられる大型船舶に対して、水槽実験と従来設計に良く使われている線形ストリップ法の比較を行った。その結果、ホイッピングなど非線形な流体力による現象により、従来の計算手法では正確な推定が難しいことが分かった。また、実験においては減速や変針の影響により流体力が大きく影響を受けることも分かった。実験結果の一例を図3に示す。次に、流力弾性非線形ストリップ法による



数値計算を実施した。その結果、船体構造設計の観点からは、従来の水槽試験結果や理論計算結果を鵜呑みにして判断するのではなく、得られたデータが実際に即した適切なものであるのかを明らかにした上で、実際の操船や運航状況を考慮した合理的な基準値の設定が必要なが分かった。また、このような基準値や設計値の推定に、流力弾性非線形ストリップ法のような、近年開発された定量的評価技術が役に立つことが分かった。図4にはこの手法による時系列計算の例を示す。

図3 大型コンテナ船の水槽実験と線形計算との比較

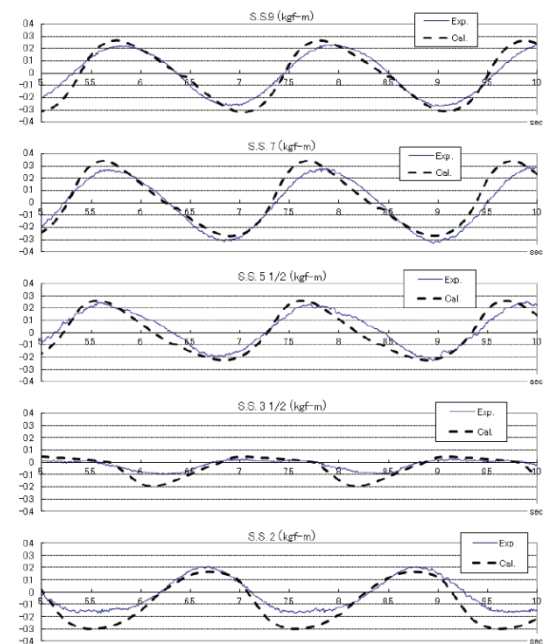
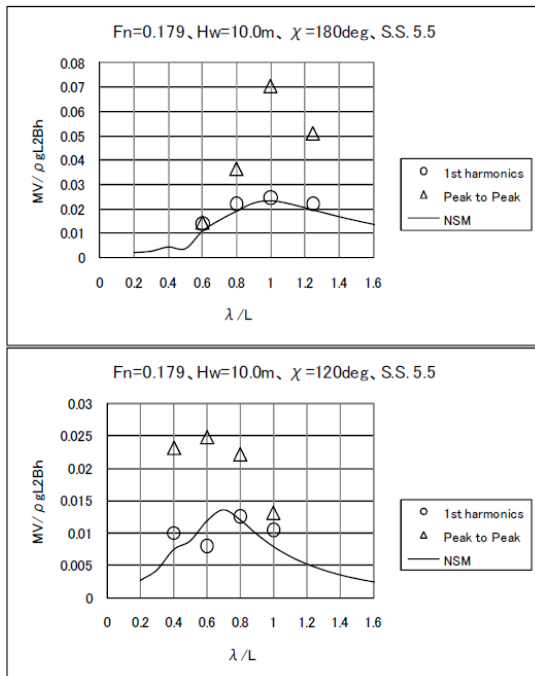


図4 流力弾性非線形ストリップ法の時系列計算例

さらに、出会い海象と運行状況との相互影響に対して俯瞰的な判断基準の設定と評価手法の精度の把握に関する評価を行った。図5はそのような評価の分かり易い例として、大型コンテナ船が短期不規則波中を航行した場合の横揺れについての船速と波向についてのポーラーチャートを示す。



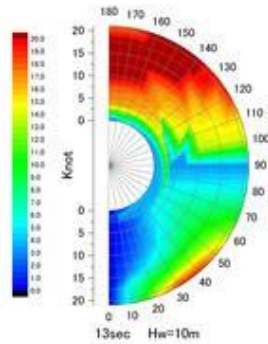


図5 横揺れポーラチャート

当初の予定では、フリーク波など海洋物理の分野で新たな知見が得られている現象についても、考察を行う予定であったが、残念ながら、これに関しては一定の結論を得ることができなかった。

最後に、一般財団法人 日本海事協会の後援のもとに、国際会議 Hydroelasticity 2012 を開催した。本国際学会は総数 95 名の参加を得、当初予定した議論をおこなった。その結果、新船型の出現に備えて、合理的船舶構造設計が益々大切になるとの結論を得た。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

① Ogawa, Y. and Takagi, k. : Study for the Effect of Opelation on Hydroelasticity of Hull, Hydroelasiticity in Marine Technology, Edited by Takagi and Ogawa, pp257-266, 2012. 査読有り

② Oka, M., Takami, T., Ogawa, Y. and Takagi, K. : A study of design loads for fatigue strength utilizing direct calculation under real operational conditions, Advances in Marine Structures, Guedes Soares & Fricke (eds), pp.317-323, 2011. 査読有り

[学会発表] (計 3件)

① 小川剛孝、高木 健、将来のための性能評価技術についての考察、日本船舶海洋工学会講演会論文集第 16 号、掲載予定、2013.

② 小川剛孝、高木健 : 船舶のさらなる安全確保及び環境保全のための船舶の生涯におけるリスク要因とその体系についての研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集第 14 号、pp165-166、2012.

③ 小川剛孝、岡正義、高木健 : 荒天中での非

線形波浪荷重に対する操船影響の検討、日本船舶海洋工学会講演会論文集第 12 号、pp163-164、2011

[図書] (計 1件)

Hydroelasticity in Marine Technology, Edited by Takagi and Ogawa,

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

ホームページ等  
なし

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

高木 健 (TAKAGI KEN)  
東京大学大学院新領域創成科学研究科  
教授  
研究者番号 : 90183433

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

小川剛孝 (OGAWA YOSHITAKA)  
独立行政法人海上技術安全研究所・構造系  
グループ長  
研究者番号 : 50360714

岡 正義 (OKA MASAYOSHI)  
独立行政法人海上技術安全研究所・構造系  
研究員  
研究者番号 : 70450674