

2009年度日本財団 助成事業成果

事業ID：2008680086

事業名：造船分野における技術者育成のための教科書編纂

団体名：社団法人 日本船舶海洋工学会

代表者名：会長 角 洋一

事業完了日：2010年3月31日

1. 事業の目的と目標

目的：

高齢化社会を迎えた我が国の造船業の競争力を維持するうえで、技術者・技能者の高齢化への対応策が急務となっている。技能者については、各地に技能センターを設置し、全国的に技能者の後継者教育が進んでいる。しかし、技術者については、企業は大学の船舶海洋工学分野の卒業生の確保に加えて、他の工学分野の卒業生を戦力として確保しているものの、これらの大学での教育、また、入社後の社内教育において使用する教科書が体系的に整備されていないこと、学問の進歩、船舶技術の進歩に十分に追従していないこと等の問題が顕在化してきている。このため、技術者教育を充実し、我が国造船業の競争力を維持するため、基準となる教科書を編纂することを目的とする。

目標：

本事業を実施することにより、造船所の技術者に対して備えるべき知識を体系的に整理され、かつ、近年の船舶技術の進歩を取り入れた教科書を整備して提供する。更に、これらの教科書を大学の学部教育や日本造船工業会・日本中小型造船工業会・日本船舶海洋工学会の3団体が実施している「造船技術者社会人教育」等に使用することにより、我が国造船業が期待する技術者育成に供されること、また、既に造船に関した仕事に従事している技術者の自己研鑽にも有効に使用されることを目標とする。

2. 事業内容

作成する教科書は船舶算法と復原性、船体運動、抵抗・推進、船体構造（構造編）、船体構造（強度編）、船体構造（応答編）、船体艤装、造船工作法、性能設計および海洋開発の10教科を予定し、2009年度は、これらの中から船舶算法と復原性、船体運動、抵抗・推進、船体構造（構造編）の4教科を選定して編纂した。

教科書作成委員会 委員名簿

	委員名	役職	所 属	
大学 基準教科書作成委員会委員長 「船舶算法と復原性」WG主査	池田 良穂	教授	大阪府立大学	大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻海洋システム工学分野
大学	末岡 英利	特任教授	東京大学	大学院工学系研究科システム創成学専攻
大学 「抵抗・推進」WG主査	鈴木 和夫	教授	横浜国立大学	大学院工学研究院システムの創生部門
大学	戸田 保幸	教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
大学	藤本 由紀夫	教授	広島大学	大学院工学研究科 社会環境システム専攻
大学	新開 明二	教授	九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門
大学	慎 燦益	教授	長崎総合科学大学	工学部船舶工学科
「船体構造」WG主査	藤久保 昌彦	教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
「船体運動」WG主査	安川 宏紀	教授	広島大学	大学院工学研究科社会環境システム専攻
学会：編集担当理事	馬場 信弘	教授	大阪府立大学	大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻海洋システム工学分野
学会：研究担当理事	吉川 孝男	教授	九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門
学会：広報担当理事	芳村 康男	教授	北海道大学	水産科学研究院海洋生物資源科学部門
学会：能力開発センター	大和 裕幸	教授	東京大学	大学院新領域創成科学研究科
学会：能力開発センター長	橋本 博之	顧問	三菱重工業(株)	長崎造船所
コーディネーター	内藤 林	名誉教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
コーディネーター	荻原 誠功	事務局長	日本船舶海洋工学会	
事務	前川めぐみ	秘書	大阪府立大学	大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻海洋システム工学分野

3 . 教科書の概要

(1) 「船舶算法と復原性」編

■ 「船舶算法と復原性」執筆ワーキンググループ委員名簿

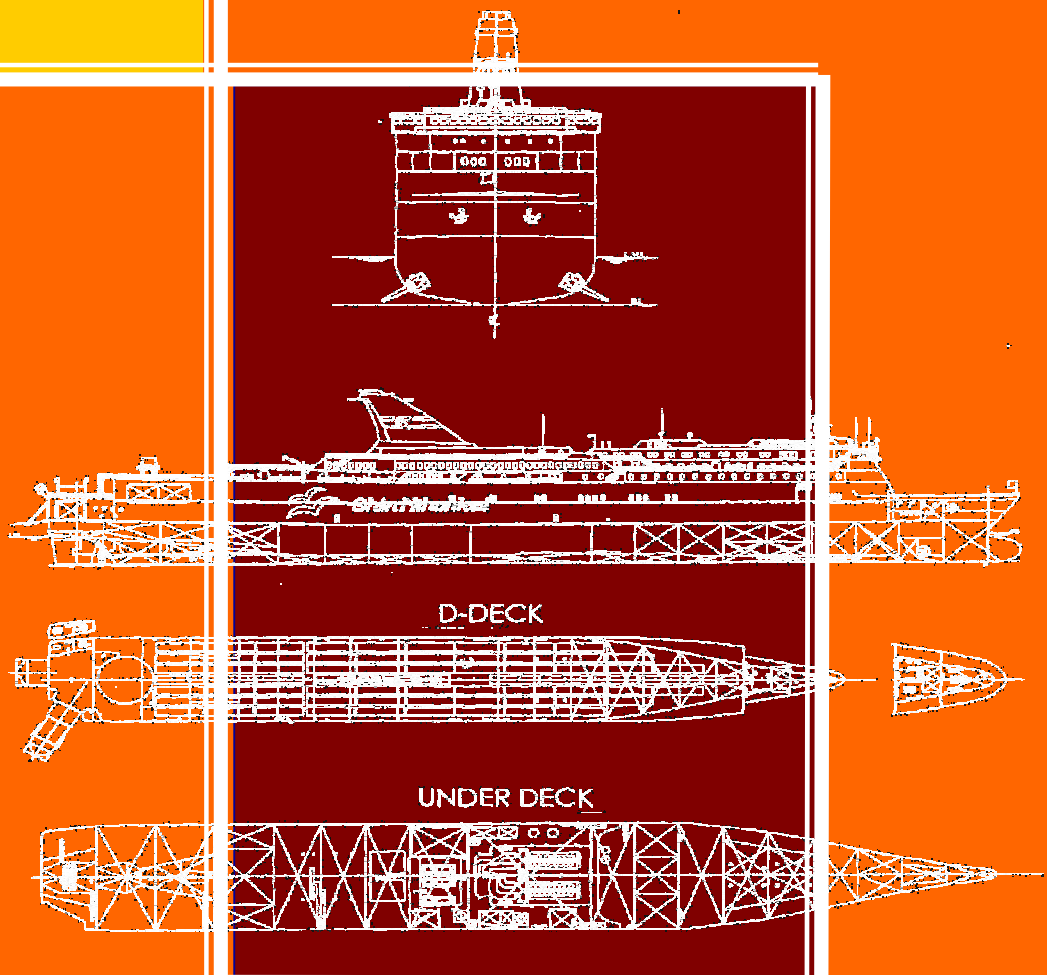
	委員名	職	大学名/会社名	学科/所属
主査	池田 良穂	教授	大阪府立大学	大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻海洋システム工学分野
委員	古川 芳孝	教授	九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門
委員	山口 悟	准教授	九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門
委員	村井 基彦	准教授	横浜国立大学	大学院工学研究院システムの創生部門
委員	片山 徹	准教授	大阪府立大学	大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻海洋システム工学分野
委員	勝井 辰博	准教授	神戸大学	海事科学研究科マリエンジニアリング 講座

概要：

本書の目的は船舶の設計で最も基礎的な知識を習得することである。すなわち、船の種類と用途、船型に係る種々の用語の定義、船型を表し方、船の排水量とその中心位置の計算方法等を解説する。次に、船舶の安全性に最も重要な復原力に関する基礎知識を解説する。船の釣り合いと安定性、復原力曲線の計算法、復原性に影響を及ぼす諸因子を学び、次いで転覆の判定法や損傷時の復原性について解説する。

造船技術基準教科書

船舶算法・復原性 編



日本船舶海洋工学会
能力開発センター

第1章 船舶の基礎知識

1-1 船の種類

客船 / 貨物船 / 作業船 / 調査船 / 漁船 / 軍艦・巡視船艇

1-2 主要目

1-3 諸定義

船型にかかわる用語 / 船の寸法にかかわる定義 / 船の容積にかかわる定義 / 船の重さにかかわる定義 / エンジンにかかわる定義 / 速力にかかわる定義

1-4 単位系

第2章 船型の表現

2-1 主要目比

2-2 肥瘠 (せき) 係数

方形係数 / 中央横断面係数 / 柱形係数 / 水線面積係数 / 縦柱形係数

2-3 オフセット表、線図

2-4 3次元曲面による船型表現

第3章 排水量等計算と曲線図

3-1 排水量曲線図の概要

3-2 水線面積と浮面心

水線面積 / 浮面心

3-3 中央横断面積

3-4 排水量

主部の排水量の計算 / 下方付加部の排水量の計算

3-5 浮力と浮心 48

流体中の物体に作用する浮力 / 浮心 / 主部の浮心位置 / 下方付加部の浮心位置 / Morrish 式による浮心高さの近似計算 / 早瀬の近似式による浮心高さの近似計算

3-6 浸水表面積と外板の排水量

3-7 横メタセンター

3-8 縦メタセンター

3-9 毎センチ排水トン数

3-10 毎センチトリムモーメント

3-11 排水量曲線図を利用した諸計算

船首尾喫水から排水量を求める方法 / 船首尾喫水から重心前後位置を求める方法 / 重心前後位置から船首尾喫水を求める方法

第4章 復原力の基礎

4-1 船の釣り合いとその安定性

4-2 横復原力と縦復原力

横復原力 / 縦復原力

4-3 大横傾斜角時の復原力

4-4 上下方向の重心位置KG の求め方

4-5 復原力の変化を表す図表

復原力曲線 / 復原力交叉曲線

4-6 復原性に影響を及ぼす因子

船体諸元・船型等の影響 / 周囲の環境の影響 / 積載貨物の移動の影響 / 貨物の積載の影響 / 遊動水 (Free water) の影響 / 懸垂貨物 (Suspended cargo) の影響 / 粒状貨物の影響

第5章 復原力の応用 (船舶復原性)

5-1 動復原力

動復原力の考え方 / 具体的に横揺れについて動復原力を考える / 非減衰自由振動系での力の釣り合いとエネルギー保存 / 非減衰自由振動系として扱う場合の釣り合い横傾斜角と最大横傾斜角 / 復原力計算結果を用いた転覆の判定 (非損傷時波浪中復原性 / 非損傷時復原性基準 weather criteria の考え方について / 非損傷時復原性基準 weather criteria の詳細

5-3 損傷時確率論的復原性基準とは

浸水時復原力曲線 / 確率論的考え方 / 確率論的損傷時復原性 (SOLAS CHAPTER II) の要点 / 浸水計算と生存確率 / 区画への浸水発生率の考え方 / 一区画の浸水発生率の算出 / 隣接する複数区画浸水発生率の算出法と特性三角形 / 要求区画指数

第6章 関連する基礎理論と諸定理

6-1 幾何学的諸量の計算

面積 (Area) の計算 / 面積の重心と面積 1 次モーメント / 面積の 2 次モーメント / 体積 / 体積の 1 次モーメント / 体積の重心 / 体積の 2 次モーメント / 面積の移動 (重量の移動) / 面積の付加あるいは除去 (重量の付加あるいは除去) / 曲面積

6-2 数値積分法

補間法 / 近似積分法 / Euler の定理

6-4 Leclert の定理

次元サーフェスの表現法 / Coons Patch / NURBS

(2) 「船体運動」編

■ 「船体運動」執筆ワーキンググループ委員名簿

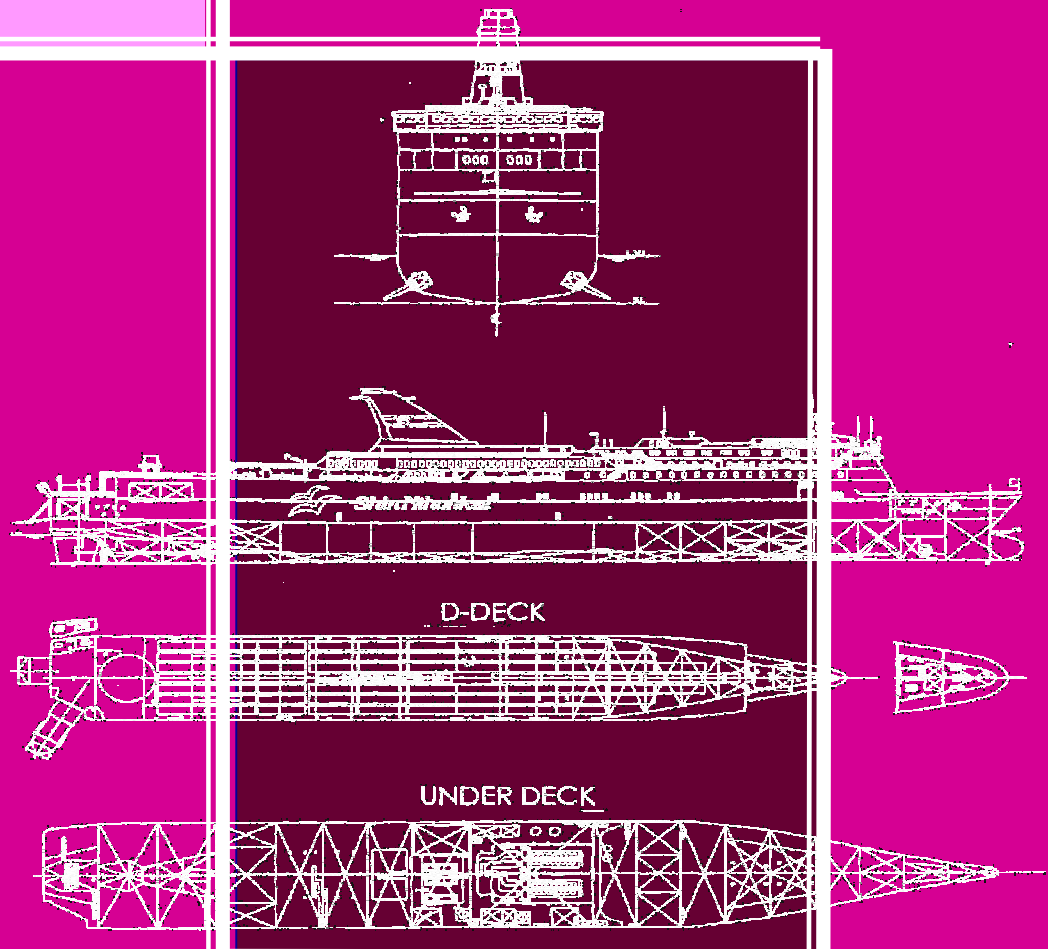
	委員名	職	大学名/会社名	学科/所属
主査	安川 宏紀	教授	広島大学	大学院工学研究科社会環境システム専攻
委員	芳村 康男	教授	北海道大学	水産科学研究院海洋生物資源科学部門
委員	柏木 正	教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
委員	岩下英嗣	教授	広島大学	大学院工学研究科 社会環境システム専攻

概要：

本書は、船の運動性能について述べたものであり、波の中での船体運動を取り扱う耐航性能 と操舵に対する船の運動応答を取り扱う操縦性能の2テーマより構成される。 第I部の第1章から第6章において操縦性を、第II部第1章から第6章において耐航性を取り扱う。船の運動の理解のためには、剛体の力学が基本となり、そのため微分・積分学を理解することから始まり、運動方程式の外力項の大部分は、船体や舵に作用する流体力成分からなるため、そこでは流体力学の知識を必要とする。本書ではこれらの数学や流体力学の基礎的な学問の知識はある程度備わっていることを前提とし、その上で、船の運動をできるだけ統一的に理解できるように整理した。

造船技術基準教科書

船体運動 編



日本船舶海洋工学会
能力開発センター

第 部 操縦編

第1 船の操縦運動方程式1

- 1.1 船の概要.
- 1.2 船の操縦運動の基本
- 1.3 船の運動の呼び方
- 1.4 基礎となる運動方程式

第2 船に作用する力とモーメント8

- 2.1 斜航角変化と船体横力：準定常近似
- 2.2 船に作用する力とモーメントの考え方
- 2.3 付加質量.
円の付加質量の理論 / 船の付加質量.
- 2.4 船に作用する流体力の数学モデル
直進時の船体抵抗 / 斜航・旋回時の船体に作用する流体力 / 干渉流体力係数 / プロペラ推力.
- 2.5 舵力
2次元平板翼の理論 / 3次元平板翼の理論 / 舵直圧力の数学モデル
- 2.6 船に作用する横力と回頭モーメントの線形微係数表示

参考文献

第3 船の操縦運動の基礎理論36

- 3.1 船の操縦運動の基本特性
運動方程式の線形化 / 微小攪乱時の解 / ステップ状操舵時の解 / 正弦操舵時の解
- 3.2 操縦運動の近似モデルとzig-zag 運動
K-T モデル / zig-zag 運動の概要 / zig-zag 運動の理論解
- 3.3 補遺：SR108 コンテナ船の概要

第4 旋回性能

- 4.1 旋回運動発達の概略
- 4.2 旋回運動の基本特性
- 4.3 旋回運動の数値計算法
運動方程式 / 定常旋回特性の計算法 / 旋回運動の時刻歴計算法
- 4.4 旋回運動における横傾斜との連成影響
旋回運動時の横傾斜 / 旋回性能に及ぼす横傾斜の影響
- 4.5 浅水域での旋回性能
流体力係数に及ぼす浅水影響 / 旋回運動に及ぼす浅水影響

第5 針路安定性

- 5.1 運動安定性の理論
- 5.2 平水中における船の針路安定性
船の針路安定性の基礎 / 針路安定性に及ぼす舵の影響 / 船の主要目と針路安定性 / 船尾フィンによる針路安定性の改善
- 5.3 風圧下における船の針路安定性

基礎となる運動方程式 / 風圧力の表示 / 線形化された運動方程式と風圧力微係数 / 風圧下での針路安定性 / 計算例

5.4 補遺：芳村の自動車運搬船の概要

第6 加減速運動とプロペラ逆転停止性能

6.1 プロペラ推力の4象限特性

6.2 基礎となる運動方程式とその解

6.3 直進時の加減速運動

6.4 プロペラ逆転停止性能

プロペラ逆転停止運動の概要 / プロペラ逆転時の理論解 / プロペラ逆転停止運動の時刻歴計算

第 部 運動編

第1章 波浪中での船体運動方程式

1.1 運動方程式の組み立て方

基本仮定 / 座標系と運動モード / 船体に働く力の種類 / 船体に働く力の数式表現 / 船体運動方程式

1.2 復原力が存在しない運動モードの応答特性

一般解の求め方 / 任意外力に対する応答 / 周期的外力に対する応答

1.3 復原力が存在する運動モードの応答特性

自由振動解と任意外力に対する応答 / 周期的外力に対する応答

第2章 線形システムとしての浮体運動128

2.1 フーリエ級数

実関数での表示式 / 複素形式のフーリエ級数

2.2 フーリエ変換

2.3 特殊関数のフーリエ変換

デルタ関数 / ステップ関数 / 符号関数

2.4 フーリエ変換のいくつかの性質

2.5 フーリエ変換を用いた浮体応答の計算法

2.6 線形システム

線形性と時間不変システム / システム関数とインパルス応答

2.7 因果システムと因果律による関係式

2.8 流体力への周波数影響を考慮した浮体の運動方程式

周期的な波浪強制力に対する応答の計算法 / 任意外力に対する応答の計算法 / 流体力に対するメモリー影響とKramers-Kronig の関係

第3章 水波の基礎理論

3.1 自由表面での境界条件

3.2 微小振幅の進行波

位相関数と位相速度 / 進行波の速度ポテンシャル / 分散関係 / 水粒子の軌道

3.3 群速度

3.4 エネルギー保存の原理

3.5 進行波のエネルギーとその伝播速度

3.6 水波における非線形影響

第4章 2次元浮体の造波理論

- 4.1 周期的わき出しによる速度ポテンシャル
- 4.2 グリーンの公式
- 4.3 Kochin 関数
- 4.4 物体表面境界条件式.
- 4.5 Kochin 関数, 進行波の成分分離
- 4.6 流体力の計算式.
- 4.7 反射波, 透過波の計算式.
- 4.8 グリーンの公式適用による各種関係式の導出
- 4.9 左右対称浮体の動揺特性
- 4.10 左右対称浮体固定時の反射波, 透過波
- 4.11 左右対称浮体動揺時の反射波, 透過波
- 4.12 波漂流力
- 4.13 左右対称浮体による消波・波吸収理論
- 4.14 片側波なし浮体による消波・波吸収問題.
- 4.15 左右対称浮体による片側波なし条件
- 4.16 エネルギー吸収理論再考
- 4.17 複数浮体の流体力学的相互作用
各要素浮体の散乱特性 / 複数浮体のdiffraction 問題.
- 4.18 双胴浮体のdiffraction 問題
- 4.19 複数浮体のradiation 問題.
- 4.20 双胴浮体のradiation 問題.

第5章 3次元細長船の耐航性理論

- 5.1 ストリップ法入門
速度ポテンシャルの近似 / 流体力の計算 / 計算式の無次元表示 / 船体運動方程式 / ストリップ法による計算結果
- 5.2 積分指数関数の数値計算
- 5.3 Lewis Form 近似について

第6章 不規則波中での船体運動

- 6.1 海洋波の発生.
規則波 / 節波 / 不規則波 / 方向分布波.
- 6.2 浮体の動揺
浮体の運動方程式 / 慣動半径の計測 / 復原力係数の計測 / 付加質量, 減衰力係数の計測 / フーリエ解析

A 第I部 操縦性: 演習問題の解答

(3) 「抵抗・推進」編

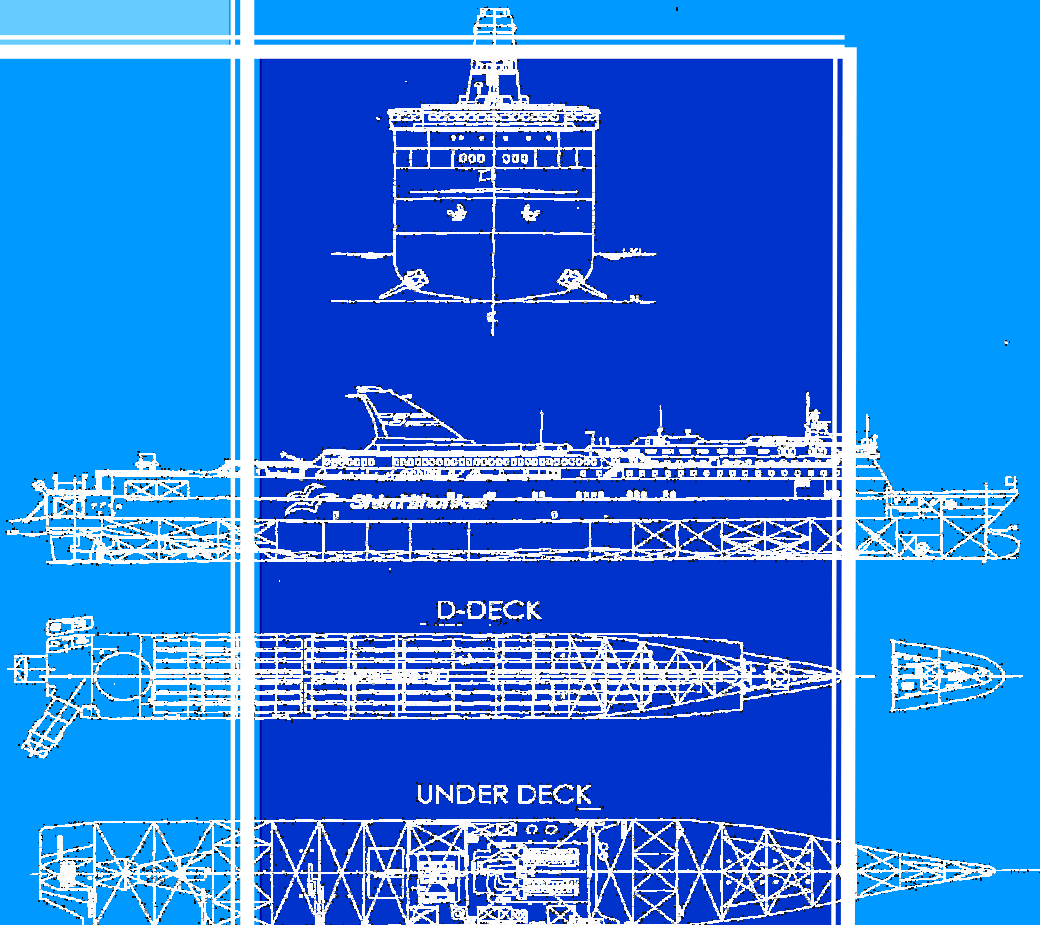
■ 「抵抗・推進」執筆ワーキンググループ委員名簿

	委員名	職	大学名/会社名	学科/所属
主査	鈴木 和夫	教授	横浜国立大学	大学院工学研究院システムの創生部門
委員	佐々木 紀幸	部門長	海上技術安全研究所	流体部門
委員	川村 隆文	准教授	東京大学	大学院工学系研究科システム創成学専攻

概要：

本書は、船舶の最も重要な性能のひとつである船の速力や推進馬力を評価する方法を論じる。まず、船体に働く抵抗に関する基礎的知識を述べ、粘性抵抗や造波抵抗の物理的性質とそれらの推定方法を解説する。また、船体に装着される副部に働く抵抗や風や波浪中の抵抗などの推定方法についても紹介する。さらに船の推進器として最も一般的なスクリュープロペラに関する理論を解説し、推進効率の求め方やその改善方法を紹介する。模型船による水槽試験の方法とその結果から実船の速力と推進馬力を推定する方法について解説する。

造船技術基準教科書 抵抗・推進 編



日本船舶海洋工学会
能力開発センター

第1章 船体抵抗の基礎

1.1 流体抵抗と抵抗係数

1.2 抵抗成分の種類

流体現象に基づく分類 / 船体構成要素による分類

1.3 次元解析と相似則

船体抵抗の次元解析 / 船体抵抗の相似則

1.4 抵抗評価の理論式

応力積分に基づく抵抗評価 / 保存則に基づく抵抗評価

第2章 粘性抵抗

2.1 摩擦抵抗と粘性圧力抵抗

2.2 平板の摩擦抵抗

平滑面の摩擦抵抗理論 / 平板の摩擦抵抗公式 / 粗度抵抗

2.3 船体の粘性抵抗

2.4 粘性抵抗の推定方法

形状影響係数の推定 / 数値計算に基づく方法

2.5 粘性抵抗の低減

摩擦抵抗の低減方法 / 形状抵抗の低減方法

第3章 造波抵抗

3.1 船体の造波現象

3.2 船体の造波抵抗

3.3 造波抵抗の推定方法

水槽試験に基づく方法 / 系統的模型試験結果の利用 / 造波抵抗理論 / 数値計算に基づく方法

3.4 造波抵抗の低減

3.5 碎波抵抗、飛沫抵抗

第4章 船体に働くその他の抵抗

4.1 副部抵抗

誘導抵抗 / 副部に働く粘性抵抗

4.2 空気抵抗

4.3 波浪中抵抗増加

4.4 浅水影響・制限水路影響

第5章 推進器の基礎

5.1 推進器の種類

5.2 推進器の理論

運動量理論 / 翼素理論 / 渦理論

5.3 プロペラ起振力

シャフトフォース / サーフェイスフォース

5.4 相似則と尺度影響

5.5 最適設計

第6章 キャビテーション

6.1 キャビテーションの基礎

キャビテーション / キャビテーションのパターンと分類 / キャビテーションの影響 / キャビテーション数 / 翼型に発生するキャビテーションの例

6.2 プロペラに発生するキャビテーション

6.3 キャビテーションの予測方法

理論計算による予測法 / キャビテーション・チャートによる予測法 / CFD による予測法

6.4 キャビテーション試験

キャビテーション水槽 / プロペラのキャビテーション試験法 / キャビテーション試験の相似則 / 計測法

第7章 推進効率

7.1 推進効率

7.2 自航要素の推定法

7.3 馬力計算

7.4 輸送効率

第8章 模型試験と解析

8.1 抵抗試験と解析

8.2 プロペラ単独試験と解析

8.3 自航試験とその解析

8.4 流場計測

伴流計測 / 波形解析

参考文献

抵抗に関する参考文献

推進に関する参考文献

キャビテーションに関する参考文献

(4) 「船体構造（構造編）」

■ 「船体構造（構造編）」執筆ワーキンググループ委員名簿

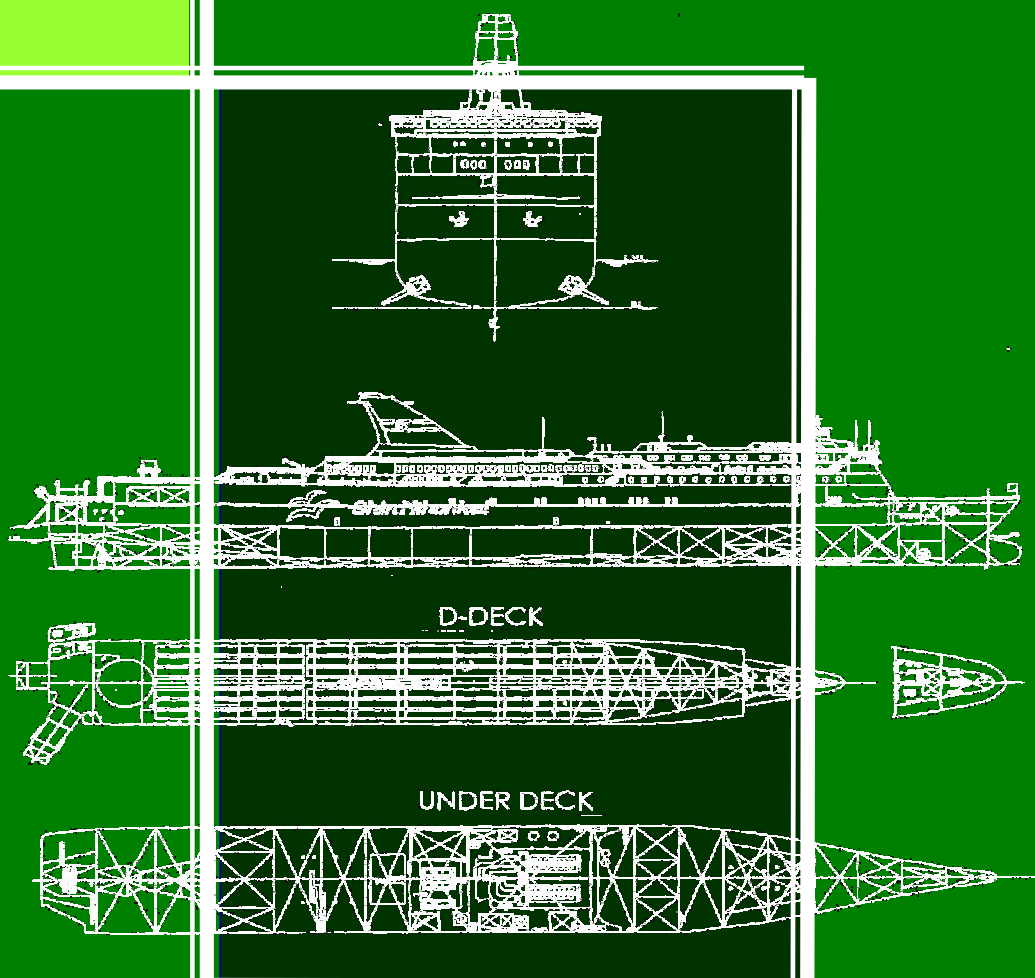
	委員名	職	大学名/会社名	学科/所属
主査	藤久保 昌彦	教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
委員	鈴木 英之	教授	東京大学	大学院新領域創成科学研究科環境学研究系
委員	深沢 塔一	教授	金沢工業大学	工学部機械系航空システム工学科
委員	大沢 直樹	教授	大阪大学	大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門
委員	吉川 孝男	教授	九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門

概要：

本書は、船体構造に関する3つ重要なテーマ（構造、強度、構造応答）の中から2009年度は構造を取り上げる。船の構造に関する基礎的な知識として二重船殻構造等の構造様式とその特徴を解説する。次に船の構造強度と安全性に関する知識として船体構造の事故の事例紹介と構造規則の体系について記述する。さらに、船体構造の設計手順と船体に作用する荷重の性質について述べ、構造部材の強度を計算する方法を解説する。最後に船体構造の破損形態についても紹介する。

造船技術基準教科書

船体構造(構造編)



日本船舶海洋工学会
能力開発センター

「船体構造（構造編）」目次

第1章 船の構造

1.1 船の構造方式

船の構造のあらまし / 構造方式の種類 / 隔壁 / 二重底および二重船殻構造 / 階層的な部材構成と荷重伝達

1.2 代表的な船種の構造方式と特徴

バラ積み貨物船 / 原油タンカー / コンテナ船 / 自動車専用運搬船 / ガス運搬船 / 客船 / 高速船

第2章 船の構造強度と安全性

2.1 船体構造の破損モード

2.2 構造事故からの教訓

英国駆逐艦COBRAの折損事故 / タイタニック号の事故 / 第4艦隊事故 / 戦時標準船の脆性破壊事故 / Exxon Valdez号の座礁・原油流出事故 / 老朽化バラ積み貨物船の沈没事故の続発 / 老朽化タンカーの折損・重油流出事故の続発

2.3 構造安全と構造規則

船の安全に関わる規則体系 / IACS/CSR とIMO/GBS

第3章 船の構造設計手順

3.1 構造設計のフロー

3.2 構造強度評価

第4章 船体に作用する荷重

4.1 表面力と体積力

4.2 静的荷重

静水圧 / 浮力 / 静止土圧

4.3 変動荷重

1自由度運動系の力の釣り合い / 変動圧力 / 付加質量と造波減衰係数 / 規則波中の変動圧力 / 波浪強制力 / 流体粘性に基づく力 / 土圧

4.4 衝撃荷重

4.5 荷重の種類

4.6 船体構造解析と主要荷重

縦強度と断面力 / 変動圧力を用いた船体構造解析 / 波浪変動圧 / 槽内変動圧 / スラミング、ホイッピング、スプリングング / 不平衡力とカウンターフォース

4.7 荷重の伝達機構と構造解析

4.8 荷重の取り扱いに関する留意点

第5章 船の材料とその性質

5.1. 材料の機械的性質

引張り試験 / 延性破壊と脆性破壊 / 靱性 / 疲労 / クリープ

5.2. 船の材料とその物性

船体用鋼板 / その他の船体構造材料

第6章 船体梁の曲げ強度

6.1 梁の剪断力と曲げモーメント

静水中の荷重・剪断力・曲げモーメント / 波浪中の荷重・剪断力・曲げモーメント /

6.2 座標系

6.3 梁の曲げ変形と応力

6.4 梁の剪断変形と応力

6.5 薄肉断面梁

6.6 船体を梁として近似する場合の注意事項薄肉断面梁

第7章 船体梁の捩り強度

7.1 船体に働く捩りモーメント

7.2 一様捩りモーメントを受ける薄肉断面梁

7.3 薄肉断面梁に捩りモーメントが作用する時の応力と変形

7.4 コンテナ船に捩りモーメントが作用したときの挙動

付録7.1 薄肉閉断面の捩りについて

付録7.2 剪断中心について

第8章 船体の横強度

8.1 荷重

8.2 横強度計算法

強度評価基準 / 骨組解析 / FEM 解析などについて

付録 板の曲げの有効幅について

第9章 船体構造の破損形態

9.1 破損の種類

延性破壊（降伏、塑性変形） / 弾性変形（過度変形） / 座屈、最終強度破壊 / 疲労破壊 /
振動（共振） / 脆性破壊 / 腐食 / その他 / 重畳破壊

9.2 船舶において想定される破損形態と損傷箇所の構造について

座屈強度、最終強度 / 疲労破壊