

A. 船型設計

船舶の流体力学的性能における主要な性能のなかで船体抵抗の構成と抵抗成分の相似則を学ぶ。また船体とプロペラとの相互干渉の物理的な理解を深め自航要素と推進効率の性質を明らかにし、水槽試験解析を通して実船の主機出力の推定法を習得する。続いて就航後の船舶の実海域における推進性能解析の方法を学習する。

さらに船型と船体抵抗との関係及び船尾形状と自航要素との関係を整理して推進性能向上に向けた船型設計の手法を把握する。また、演習課題を通して船舶からの CO2 排出量と船型との関係を把握する。

船型設計の内容

- 1 船の推進性能
 - 1.1 出力の定義
 - 1.2 推進効率の定義
- 2 船体抵抗
 - 2.1 抵抗成分の分離
 - 2.2 船体抵抗の相似則
 - 2.3 相似則による船体抵抗の分離
 - 2.4 有効出力
- 3 船体とプロペラの相互干渉
 - 3.1 船殻効率と自航要素
 - 3.2 自航要素の尺度影響
- 4 船型試験法
 - 4.1 抵抗試験解析
 - 4.2 自航試験解析
- 5 船型設計の手法
 - 5.1 船型の表現
 - 5.2 船体抵抗と船型
 - 5.2.1 造波抵抗と船型
 - 5.2.2 粘性抵抗と船型
 - 5.3 推進効率と船型
 - 5.4 船型可分原理
 - 5.5 船型改良の要点
 - 5.5.1 船首形状設計の要点
 - 5.5.2 船尾形状設計の要点
 - 5.6 省エネ装置による推進性能の改善
- 6 実海域性能の解析
 - 6.1 シーマージン
 - 6.2 航海時の推進性能の解析
 - 6.3 試運転解析
 - 6.4 アブログデータ解析
 - 6.5 CO2 排出に関する国際規則 (EEDI)

B.プロペラ設計

船体基本計画上、プロペラ主要目を適切に設定することは船全体の推進効率を最大化するために非常に重要である。そのために、プロペラの直径制限、翼数、船体の伴流分布、船体構造上の船尾変動圧力許容レベル等のプロペラ設計条件の違いによってプロペラ主要寸法およびプロペラ効率がどのように変化するかを理解することが重要である。そこで、本コースではまず、各種設計チャートからプロペラ主要目を設定する手法を習得し、プロペラ設計条件の違いが、プロペラ効率、船の推進効率にどのように影響をあたえるかを学習する。

次に理論計算を用いたプロペラの詳細設計例をレビューして、プロペラ効率最大化の手法、船尾変動圧力、キャビテーションエロージョン、翼強度の評価手法を学ぶ。これらの知識をもとに、プロペラを試設計し、どのようなプロペラ性能になるかを演習する。

最後に GHG 排出量ゼロの観点から現在取り組まれているプロペラ設計技術を解説して、今後重要になると考えられるプロペラ設計上の課題を共有する。

プロペラ設計の内容

1 設計図表を用いたプロペラ主要寸法の決定

- 1.1 プロペラ主要寸法
 - 1.2 プロペラ単独特性を用いた船速、馬力推定
 - 1.3 設計図表を用いたプロペラ最適直径、ピッチの決定、プロペラ直径と伴流係数の変化の関係
 - 1.4 キャビテーション性能を考慮した翼数、翼面積、スキュー角の決定
- プロペラ設計演習問題 1 (プロペラ設計条件の違いによる到達船速の比較)

2 プロペラ詳細設計

- 2.1 プロペラ効率に影響を与える損失の内訳
 - 2.2 揚力線理論による最適循環分布の決定
 - 2.3 揚力面理論、CFD によるプロペラ単独特性推定
 - 2.4 キャビテーションシミュレーションによる船尾変動圧力、キャビテーションエロージョンリスク評価
 - 2.5 伴流中で作動するプロペラの疲労強度、逆転時の強度
- プロペラ設計演習問題 2 (大型船用プロペラの試設計)

3 GHG 排出量ゼロに向けたプロペラ設計

- 3.1 小翼面積プロペラ
 - 3.2 伴流分布の改善によるプロペラの小翼面積化
 - 3.3 低起振力、低騒音プロペラ
 - 3.4 複合材料プロペラ
 - 3.5 二重反転プロペラ
- プロペラ設計演習問題 3 (低起振力プロペラの試設計)

プロペラ設計の参考資料：

- 「船舶性能設計」船舶海洋工学シリーズ①荻原・山崎・芳村・足達著、成山堂書店、平成 25 年 6 月
- 「船体抵抗と推進」船舶海洋工学シリーズ②鈴木・川村・佐々木著、成山堂書店、平成 24 年 2 月
- 「マリンプロペラ」(1971, 437 ページ) ナカシマプロペラ
- 「第 3 回船用プロペラに関するシンポジウムテキスト」(1987, 383 ページ)
- 「次世代船開発のための推進工学シンポジウムテキスト」(1991, 406 ページ)
- 「第 5 回船用プロペラに関するシンポジウムテキスト」(2005, 382 ページ)
- 「GHG 排出量ゼロに向けた船舶流体力学の現状と展望」(2021, 151 ページ)

C. 操縦装置設計

はじめに船舶操縦性能について、通常の1軸1舵船を対象として、操縦性能の全般的な概略説明を行った後、操縦運動方程式の取り扱いと、操縦運動中の船体・舵・プロペラの流体力の基礎理論について学習する。ここでは、船体固定座標系による運動方程式や揚力・運動量理論を理解し、操縦運動全般を把握する。続いて、操縦装置の中心的役割を担う舵の設計方法について、理論・データベースをもとに学習する。続いて、要請される操縦性能について、IMO 操縦性基準の考え方とその内容について理解し、操縦性能の推定法やシミュレーションの手法について学習する。

演習問題としては、舵トルクや操舵機の力量計算を行う他、操縦運動のシミュレーションを Euler 法によって“Excel”を用いて計算する。

操縦装置設計の内容

1. 船の操縦運動の概要
 - 1.1 操縦運動を表す方程式
 - 1.2 操縦運動中の船に働く流体力の概要
 - 1) 舵の力
 - 2) 船体の力（速度抵抗，加速抵抗）
2. 舵の設計
 - 2.1 舵の種類と配置
 - 2.2 舵面積の実績と決定法
 - 2.3 舵トルクと操舵機の容量
計画船の舵面積と操舵機容量の計算（演習）
3. 操縦性能の推定と評価
 - 3.1 IMO 操縦性基準（求められる操縦性能）
 - 3.2 操縦運動の推定法
 - 1) 操縦運動の数学モデル
 - 2) 具体的推定例
 - 3.3 線形応答モデルと操縦性能
応答モデルによる操縦運動簡易シミュレーション（演習）
4. 港内操船における操縦性
 - 4.1 加減速性能
 - 4.2 プロペラ逆転による停止性能
 - 4.3 風力下の操縦性
 - 4.4 浅水域の操縦性
 - 4.5 操縦性の改善方法

操縦装置設計の参考資料：

- 「船舶性能設計」船舶海洋工学シリーズ⑪ 荻原・山崎・芳村・足達著、成山堂書店、平成25年6月
- 「船体運動 操縦性能編」船舶海洋工学シリーズ③ 安川・芳村著、成山堂書店、平成24年10月
- Introduction of MMG standard method for ship maneuvering predictions, JMST, March 2015, Vol. 20, Yasukawa, H., Yoshimura, Y. (Mar. 2015)
- 海上公式試運転のなんでだろう，芳村，日本船舶海洋工学会会誌 Kanrin, 7, p104-109, (2006).

なお、本講座の受講にあたっては、「船舶海洋工学シリーズ⑪ 船舶性能設計」(荻原・山崎・芳村・足達著、成山堂書店)を各自購入して予習すること。

以上