

船舶工学入門

大学院理工学研究科
船舶工学特別コース
土岐直二

船舶工学入門の内容

目的

海に囲まれた我が国では、船舶による輸送が大きなウェイトを占める。国際物流ネットワーク上で活躍する船舶は、長さ数百mにわたる巨大構造物であるにもかかわらず航行運動をするため、その設計にあたっては船舶特有の工学的知識を必要とする。そこで本授業では船舶の設計・建造時に必要な基礎知識を学ぶ。

到達目標

- (1) 船舶工学における基礎的用語を説明できる。
- (2) 船の種類とその構造を説明できる。
- (3) 船体に作用する荷重を説明できるとともに、それに応じた基本的な強度計算ができる。
- (4) 船体の復原安定性に関する簡単な計算ができる。
- (5) 船の推進性能および船体に作用する抵抗力が説明できる。

講義資料について

- ▶ 私は講義内容を黒板に書いて上手く説明する自信が無いので、Power Pointで説明します。講義された内容をメモし、復習としてノートをまとめながら考えるという学習が大切なので、講義内容のPower Pointを配布するのは良くないと思いますが、今時そんなことを言う訳にも行かないのでDownloadできるようにしてあります。
- ▶ ただ、理解するということと身体を動かすという事は関連していて、ワープロでCopy & Pasteするのと、読んで書くのでは、同じコピーでも頭脳の活動が違います。是非、手を動かしながら考えてみて下さい。

講義資料ダウンロード
下記webページから
<http://www.ehime-naoe.jp/nyuumon/>

船の種類

<http://www.ehime-naoe.jp/nyuumon/>

船について

海上で独立したシステムとして長時間活動
商船でも一ヶ月あまり無寄港で航海することあり
長期間の活動 ⇒ 生活基盤設備を備える必要

船⇒浮力によって重量を支える
↓
積載物によって重量バランスが変化
↓
浮体としての性質(復原性)を考慮する必要がある

船の外鋼板の厚さ:20mm程度
船の長さ:200m程度
(長さ1mとすれば、外板の厚さはわずか0.1mm)

↓
構造の工夫と強度検討が重要

船の種類

船の種類(使用目的で分類)

商 船(積載物の運搬で利益を得る船, 貨物船, 客船...)

商船の分類(積荷で分類)

- (1) 客船
- (2) 貨物船
 - ・一般貨物船 (General Cargo Ships)
 - ・規格化貨物運搬船 (Unitized Cargo Ships)
 - ・液体貨物運搬船 (Liquid-Cargo Carriers)
 - ・液化ガス運搬船 (Liquefied Gas Carriers)
 - ・バラ積み貨物船 (Dry Bulk Carriers)
 - ・その他の特殊貨物船

作業船(何らかの作業をする船, クレーン船, 漁船...)

公用船(公的な目的のための船, 自衛艦, 保安庁船...)

レジャー船(レジャー目的の船, ヨット, モーターボート...)

積荷の比重

積荷の重さによって船の設計は変化
見掛け比重量 (密度) (t/m³) = 1m³の容器に積める重さ

載貨係数と見掛け比重量

貨物の種類	載貨係数 (t/LT)	見掛け比重量 (t/m ³)
鉄鉱石	11~19	1.9~3.3
石炭	30~50	0.7~1.2
小麦	46~55	0.65~0.8
粗糖	36~46	0.8~1.0
木材チップ	100~160	0.2~0.4

船は水から受ける浮力で浮いているので、総重量と同じ重さの水の体積以上の容積を持つ必要がある。

見掛け比重量の大きな積み荷(重量貨物)を運ぶ船は、船体内部がガラ空き。逆に見掛け比重量の小さな積み荷(容積貨物)を運ぶ船は、所要容積を確保するため、水面上の高さが大きくなる。

一般貨物船 (General Cargo Ship)

- ・積荷を特定していない貨物船
- ・どこでも荷役ができるようにデリックやクレーンを搭載している場合もある
- ・なんでも積める⇒効率的でない⇒小型船に限定
(内航船が主)



規格化貨物運搬船

ある程度大きさが決まっている(規格サイズの)
積荷を運ぶ船



効率の良い船の設計が可能

コンテナ船, RoRo船(自動車運搬船), ...



コンテナ
幅: 8feet (2.4m)
長さ: 20feet (6.1m), ...
40feet (12.2m),

TEU (Twenty-foot equivalent unit)
コンテナ船の積載能力を表す単位
20feetコンテナ換算で何個積めるか

何千TEUが主流

コンテナ船 (Container Carrier)

セル構造の採用 ⇒ コンテナが動き難い ⇒ 積荷が安定
コンテナ船の上甲板には大きな開口がある
⇒ 振れやすく, 曲がりやすい ⇒ 特別な強度検討が必要



RoRo船

船尾部にドアとランプを備え,
車を自走させて船内に積み込むような船



Roll-on / Roll-off Ships (RoRo船)
多層構造



自動車運搬船
Pure Car Carrier (PPC)

トラックまでOKの自動車運搬船
Pure Car Truck Carrier (PCTC)



液体貨物運搬船

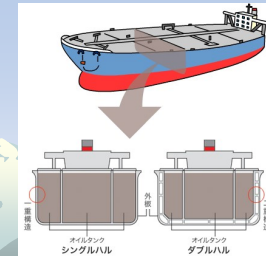
液体貨物を運ぶ運搬船
・原油(オイル)タンカー
・ケミカルタンカー(化学薬品等)
.....

原油タンカー (Crude Oil Tanker)

原油を運ぶ船 ⇒ 経済性を考え大型化
 VLCC: Very Large Crude oil Carrier 20万トン台の積載量
 ULCC: Ultra Large Crude oil Carrier 30万トン以上の積載量
 マラッカ海峡の通航制限: 喫水21mまで
 ⇒ 大型船では遠回りが必要 ⇒ 巨大化が頭打ち



原油タンカーの事故



タンカーの事故
 エクソン・バディーズ号, ナホトカ号, ...
 ↓
 原油の流出が沿岸に過大な被害をもたらす
 ↓
 シングルハル(一重船殻)構造 から ダブルハル(二重船殻)構造へ

ケミカルタンカー (Chemical Tanker)

特殊な化学薬品等を運ぶ船
 船倉内の腐食(錆び)に注意が必要



液化ガス運搬船

天然ガスやプロパンガス
 ↓
 気体の状態で運搬するのは非効率
 ↓
 低温, 高圧力下で液体にして運搬
 LPG (Liquefied Petroleum Gas) 船: プロパン,
 ブタン等, -50°C
 LNG (Liquefied Natural Gas) 船: 天然ガス, -162°C
 ↓
 船倉が低温でも損傷しないように注意

LPG船 (Liquefied Petroleum Gas Carrier)

低温時の鋼 ⇒ クラック(割れ)が入りやすい



船倉に特殊鋼材を使用

保温性の保持 ⇒ 船倉に断熱材



LNG船 (Liquefied Natural Gas Carrier)

LNG: LPGよりさらに低温の液化ガス



通常の鋼では対処できない

船倉(タンク)材料: アルミニウム, 特殊ニッケル鋼

タンク形状 独立タンク方式, メンブレン方式



LNGの荷役時に熱変形が大



バラ積み貨物船 (Bulk Carrier) (1)

積荷がパッケージされることなく、
バラ (Bulk) の状態で積まれる船 (単にバルクとも呼ばれる)
積荷: 鉄鉱石, ボーキサイト, 石炭, 穀物, 木材チップ, ...

積荷が固定: 鉱石運搬船, チップ船, ...

積荷が任意: 鉄鉱石と穀物のように,
比重に大差がある貨物を積む。



バラ積み貨物船 (Bulk Carrier) (2)

穀物のように比重が小さい貨物: 各艙均等に積む。



(a) Homogenous loading

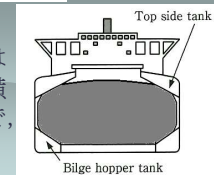
鉄鉱石のように比重が大きい貨物: 隔艙に積む。



(b) Alternate loading

何故、各艙に少しずつ積めないのか。

右図の船倉横断面のようにTop side tankはあるが、積荷が浅過ぎて表面が広過ぎると横移動して、船が傾斜してしまう恐れがあるので、表面を狭くするように深く積む。



特殊な船 (舢舨, Barge)

舢舨, Barge: 自走できる推進器を持たない船
タグボート等で動かす



河川航路や波のほとんど立たない内航路で運航

幅の大きな機器を運ぶ際には波がある程度
あるところでも運航する



豪華客船

RoRo船と同じ多層構造
乗り心地を追及 ⇒ 揺れを抑えるための工夫あり
最新船 ⇒ 舵とプロペラが一緒のポッド推進



世界最大級の豪華客船, Allure of the Seas



満載排水量: 約10万トン
全長 : 361.0 m
幅 : 64.9 m
高さ : 72.0 m
航海速度 : 20.2ノット
船客定員 : 5,400名
乗組員 : 2,160名

船の大きさを表す言葉 (1)

ハンディサイズ Handy Size

1万8,000～5万載貨重量トン(D/W), 主にバラ積み船

ハンディマックス Handy Max

5万5,000載貨重量トン(D/W)

パナマックス Panamax

パナマ運河を通航できる最大船型。

長さ900フィート(約274m), 幅106フィート(約32.31m)以内
載貨重量トン(D/W)が概ね6万～7万トンクラスの船。

タンカー, バラ積み船, コンテナ船。

オーバーパナマックス

パナマ運河を通航できる最大船型を超えるもの。

タンカー, バラ積み船, コンテナ船。

船の大きさ表す言葉 (2)

アフラマックス

元々はアフラ: Average Freight Rate Assessment という運賃指標
が適用される最大船型という意味だが、現在では8～12万載貨重
量トン(D/W)型タンカーを広く「アフラマックス」と呼ぶ。

ケープサイズ Cape Size

スエズ運河が通航できずに希望峰回りとなる10～15万載貨重
量トン(D/W)クラスの大型バラ積み船。

スエズマックス

スエズ運河の満載通航が可能な15万載貨重量トン(D/W)クラス
のタンカーを呼ぶ。