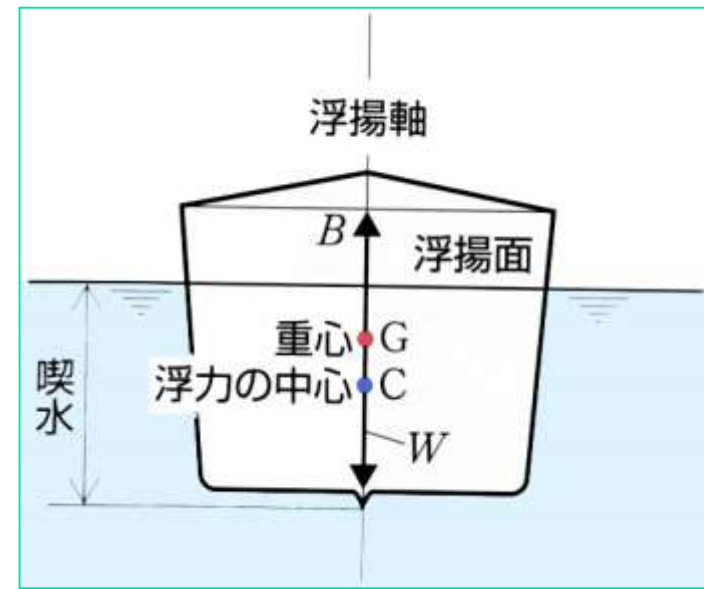
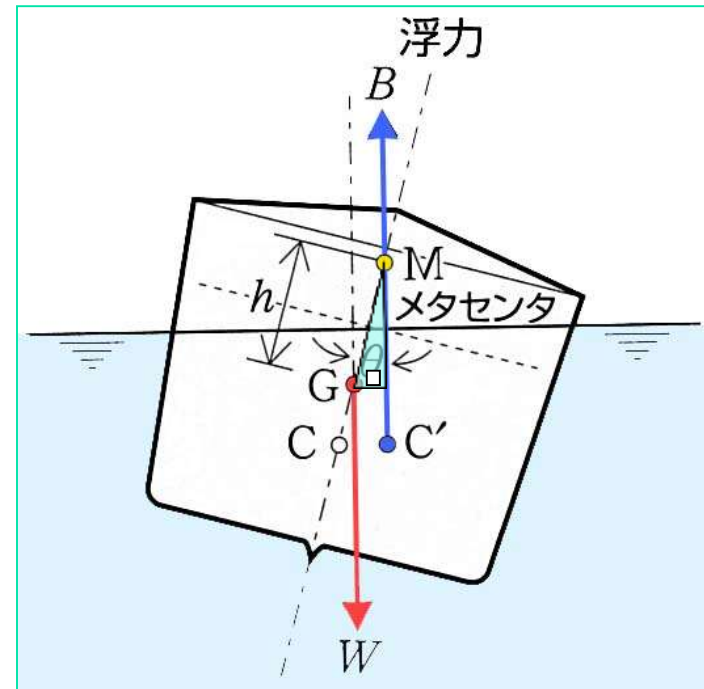


(2) 浮揚体

液面に浮いた状態の物体を浮揚体といい、浮揚体が静止している場合、浮力 B と重量 W は等しく ($W = F$)、浮揚体の重心 G と浮力の中心 C は同一線上にある。



浮揚体を角度 θ 傾けたとき、浮力の中心 C は C' に移動する。新たに移動した浮力の作用線が浮揚軸と交わる点をメタセンタ M と呼び、重心 G とメタセンタ M の距離: GM をメタセンタ高さ(h)という。



復元力（船を回転させる力）は、

$$T = W \cdot h \sin \theta \quad (2.29)$$

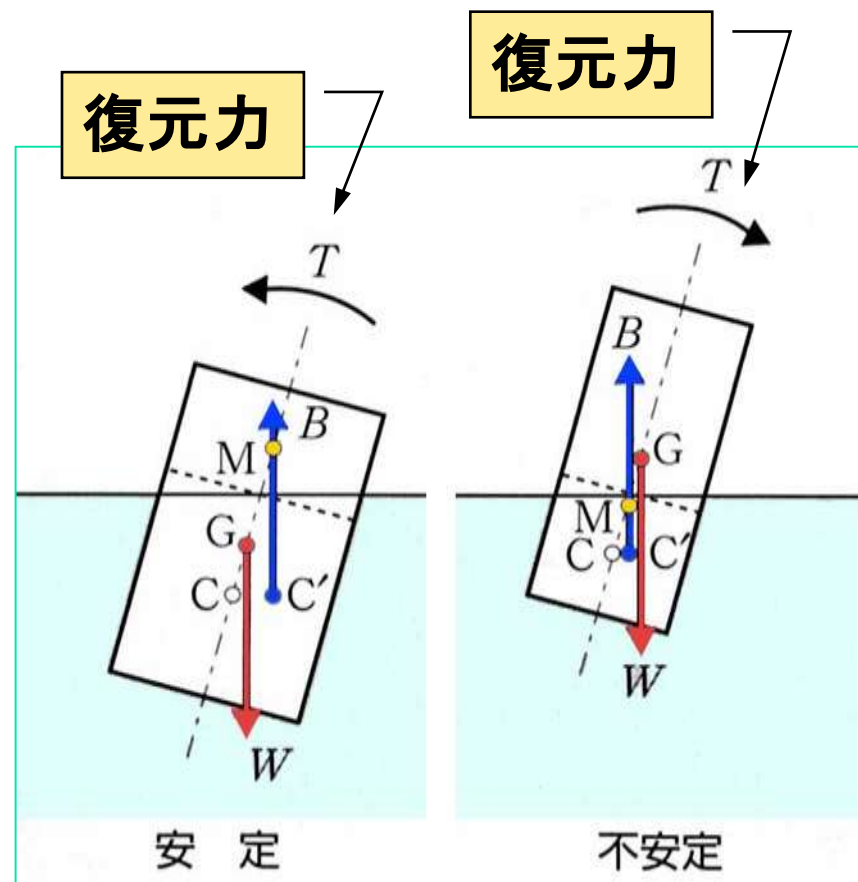
(3) 浮揚体の安定度

メタセンタ高さが正 (M が G よりも上方) にある場合、浮力は傾いた浮揚体が元に戻るよう作用する。

逆にメタセンタ高さが 負 (M が G よりも下方) にある場合、浮力は傾いた浮揚体がさらに傾くよう作用する。

メタセンタ高さによって浮揚体の安定度を判定することができる。

ボートの上で立ち上がると不安定になるのは、重心が高くなり重心がメタセンタを超えたときに不安定になる。



くさび形部分内の微小容積：

$$dV = x\theta \, dx\ell = x\theta \, dA \quad \because dA = dx \cdot \ell$$

この部分による浮力：

$$dF = \rho g dV = \rho g x \theta dA$$

この浮力によるモーメント:

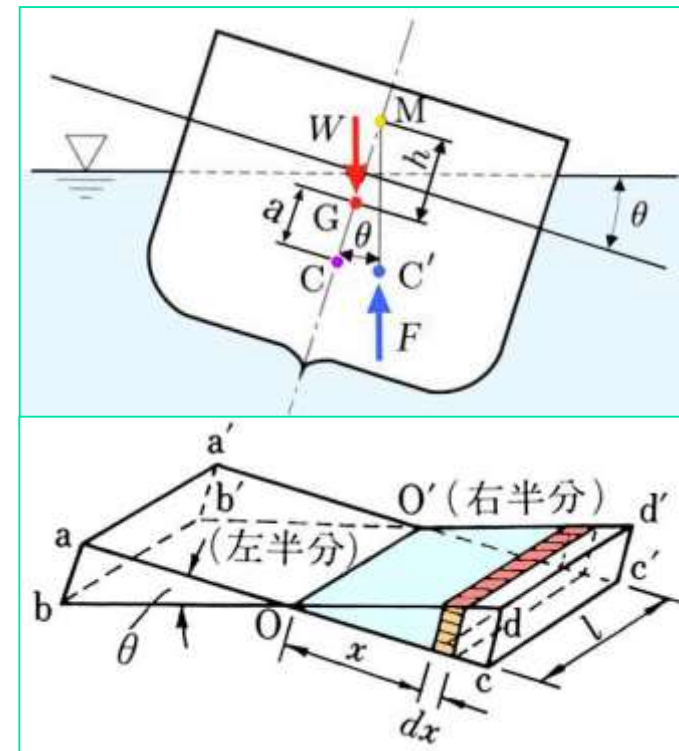
$$dM = dF \cdot x = \rho g x^2 \theta dA$$

船体に生じるモーメント:

$$M = \int dM = \int \rho g x^2 \theta dA = \rho g \theta \int x^2 dA$$

ここで $\int x^2 dA = I$: OO' 軸における断面二次モーメント

$$\therefore M = \rho g \theta I$$

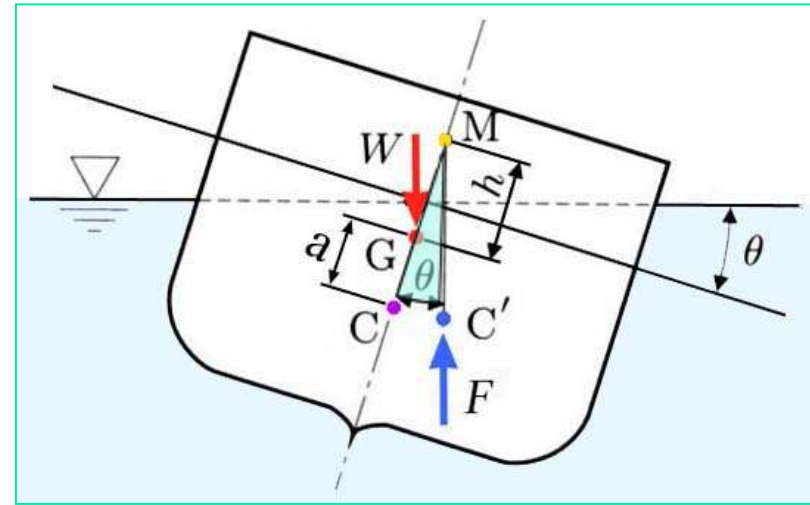


このモーメントと浮力 F の O 点
まわりのモーメントに等しいので

$$M = \rho g V (h + a) \theta = \rho g \theta I \quad (2.31)$$

$$\therefore \text{メタセンタの高さ} : h = \frac{I}{V} - a \quad (2.32)$$

- ・ I : 断面二次モーメント
- ・ V : 浮揚体が排除した体積
- ・ a : 浮揚体の重心と浮力の 中心間距離 ($\overline{GC}$)

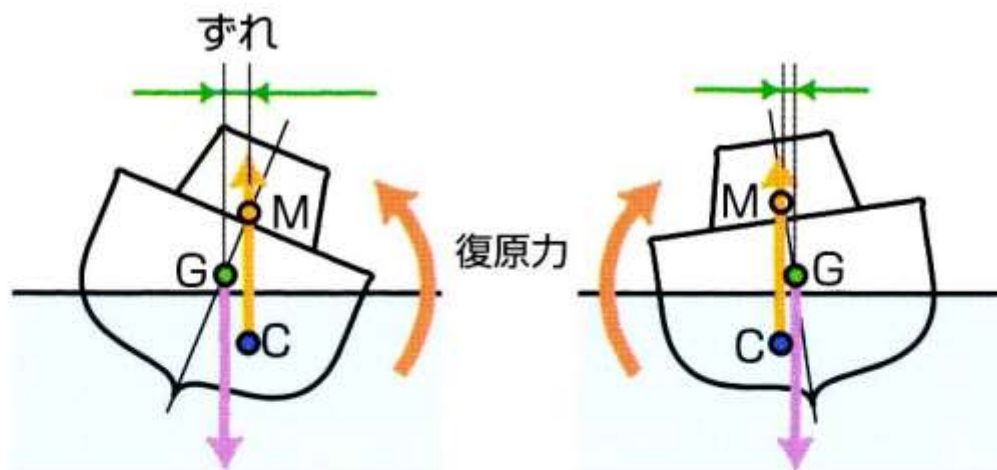
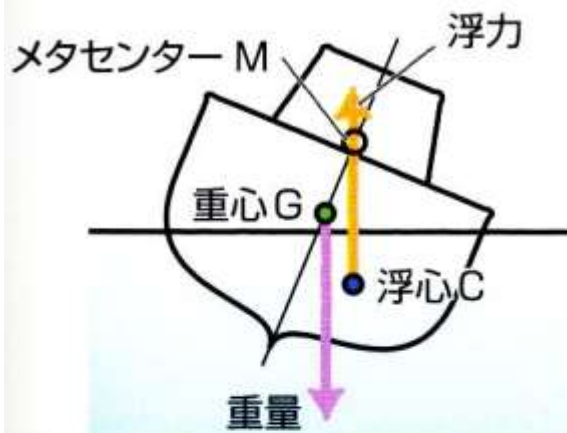


$h > 0$ ならば安定、 $h = 0$ ならば中立、 $h < 0$ ならば不安定

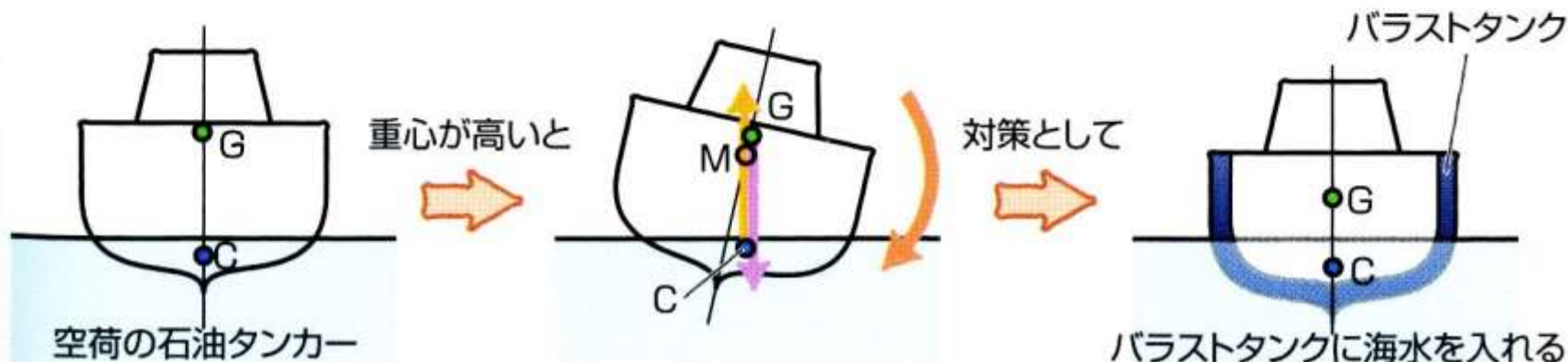
メタセンタの高さ: h

軍艦: $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$ 、帆船: $1.0 \sim 1.4 \text{ m}$ 、商船: $0.3 \sim 0.7 \text{ m}$

このずれがなくなるまで船は振動を繰り返す

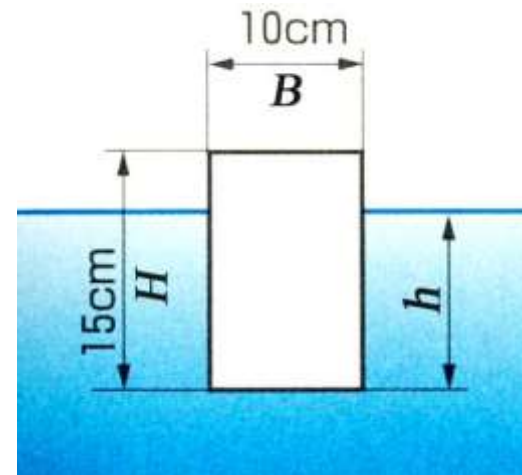


空の石油タンカーは重心が高く、わずかに傾いたとき、メタセンターが重心より低くなり、モーメントが傾斜を増長させてしまう危険がある。この対策としてバラストタンクに海水を入れて重心を低くする



〔練習問題 9〕

幅 $B = 10 \text{ cm}$, 高さ $H = 15 \text{ cm}$, 長さ $L = 1.0 \text{ m}$, 比重 $s = 0.8$ の木材を図のように水 に浮かべた。水中の高さを求めよ。また、安定性を判断せよ。



〔解〕 水の密度を ρ_w とすると

排除した水の重量 = 浮力: F

$$F = \rho_w g B h L$$

物体の重量: W

$$W = s \rho_w g B H L$$

浮力: F と重量: W は等しいので

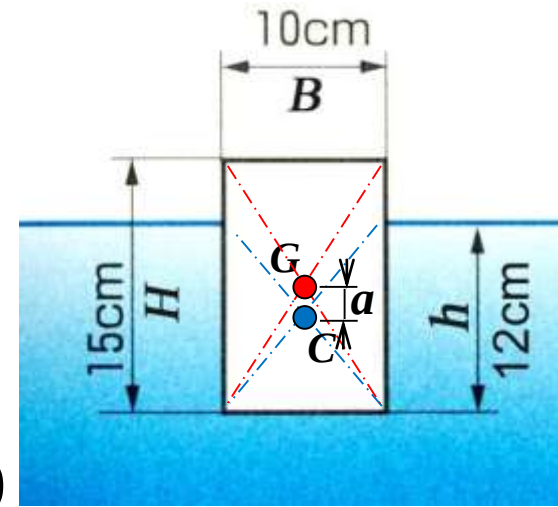
$$\rho_w g B h L = s \rho_w g B H L$$

$$\therefore h = s H = 0.8 \times 15 = 12 [\text{cm}]$$

メタセンタの高さは、

$$h = \frac{I}{V} - a$$

- ・ I : 断面二次モーメント
- ・ V : 浮揚体が排除した体積
- ・ a : 浮揚体の重心と浮力の中心間距離 ($\overline{GC}$)



$$I = \frac{1}{12} LB^3 = \frac{1}{12} \times 1.0 \times 0.1^3 = 8.33 \times 10^{-5} m^4 \quad (\text{表3.1 p31})$$

$$V = BhL = 0.1 \times 0.12 \times 1.0 = 0.012 m^3$$

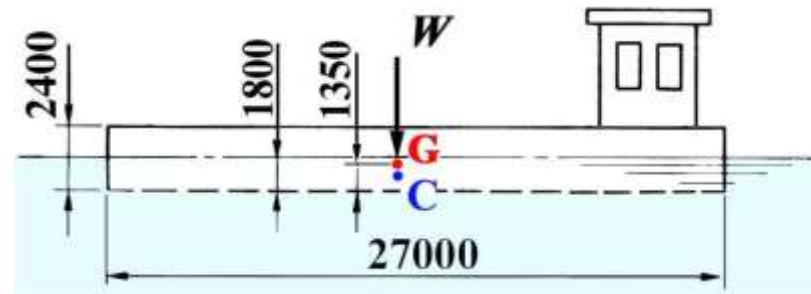
$$a = \frac{0.15}{2} - \frac{0.12}{2} = 0.015 m$$

$$I = \frac{LB^3}{12}$$

$$\therefore h = \frac{8.33 \times 10^{-5}}{0.012} - 0.015 = 0.0069 - 0.015 = -0.0081 [m] < 0$$

メタセンタが重心より 低いので、不安定

[例題 4 (p37)] 幅 9 m 、長さ 27 m
 および深さの 2.4 m の箱船をつくり、
 海水に浮かべたところ、喫水が 1.8 m
 であった。もしこの箱船の重心 G が船
 底より 1.35 m 上であれば、 4° 傾けたと
 き復元偶力はいくらになるか。ただし、
 海水の密度は 1025 kg/m^3 とする。



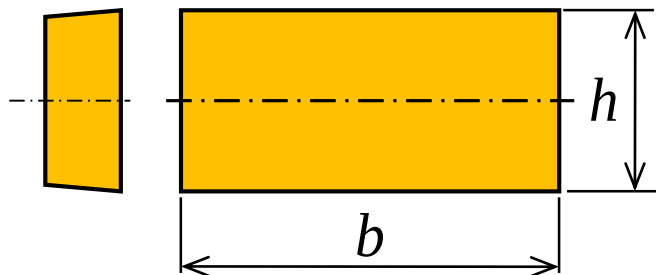
[解] 重量： $W = \text{浮力} : F = \rho g V$ に

$V = 27 \times 1.8 \times 9 = 437.4\text{ m}^3$, $\rho = 1025\text{ kg/m}^3$ を代入すれば

$$W = 1025 \times 9.8 \times 437.4 = 4.394 \times 10^6\text{ N}$$

浮力中心の高さ： $1.8 / 2 = 0.9\text{ m}$

$$a = \overline{GC} = 1.35 - 0.9 = 0.45\text{ m}$$



$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{表2.1 p31})$$

断面二次モーメント : $I = \frac{27 \times 9^3}{12} = 1640 \, m^4$

メタセンタ高さ : $h = \frac{I}{V} - a = \frac{1640}{437.4} - 0.45 = 3.299 \, m$

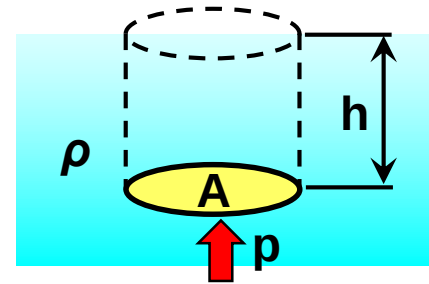
復元（偶）力 : $T = W h \sin \theta = 4.394 \times 10^6 \times 3.299 \times \sin 4^\circ$
 $= 1.011 \times 10^6 \, [N \cdot m] = 1.011 [M \, N \cdot m]$

第2章 復習

$$1. \text{圧力: } p = \frac{\text{力: } F}{\text{面積: } A} \quad [Pa] \quad (2.1)$$

力: F を全圧力ともいう

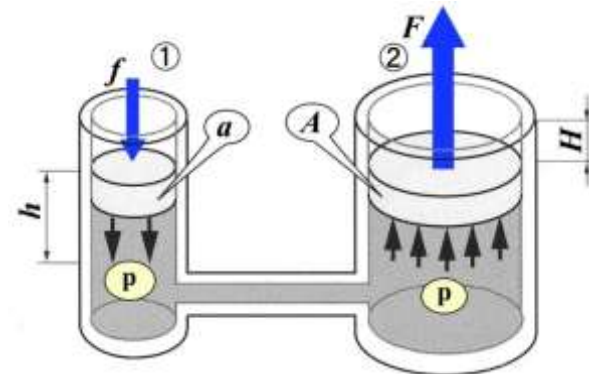
$$2. \text{圧力: } p = \rho gh \quad (2.5)$$



3. パスカルの定理

$$\text{圧力: } p = \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \quad (2.7)$$

$$\text{体積: } V = ah = AH$$



4. 絶対圧 = 大気圧 + ゲージ圧

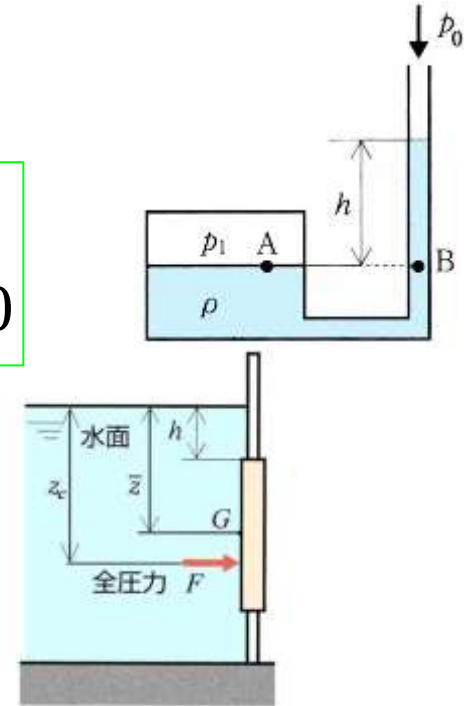
大気圧: $P_0 = 101.3 \text{ kPa}$

5. 圧力: $p_1 = \rho gh + p_0$ (2.9)

$p_1 = \rho gh$ $\because$ ゲージ圧の場合 $p_0 = 0$

6. 全圧力: $F = \rho g \bar{z} A$ [N] (2.21)

圧力中心: $z_c = \bar{z} + \frac{I}{\bar{z} A}$ [m]



7. アルキメデスの原理 (浮かんではる場合)

重量: $W =$ 浮力: $F = \rho g V$ [N] (2.28)

8. メタセンタ高さ: $h = \frac{I}{V} - \overline{GC}$ [m] (2.32)

