

海中工学 第 5 回課題レポート

地球総合工学科 船舶海洋工学科目 船舶海洋工学コース

B3 08C23031 古賀 光一朗

2026 年 1 月 16 日

1 課題

機体固定座標系での Z 方向に関する運動方程式 (a) より、線形運動方程式 (b) を導出する

$$A_{13} = A_{15} = A_{24} = A_{46} = 0 \quad (1)$$

1.1 微小擾乱の仮定

定常航走状態からの微小擾乱運動を仮定する。

$$\begin{aligned} U_X &= U_{X0} + u(t), & U_Y &= v(t), & U_Z &= U_{Z0} + w(t) \\ \Phi &= \varphi(t), & \Theta &= \theta_0 + \theta(t), & \Psi &= \psi(t) \end{aligned} \quad (2)$$

角速度の近似：

$$\omega_X \cong \dot{\varphi} - \dot{\psi} \sin \theta_0, \quad \omega_Y \approx \dot{\theta}, \quad \omega_Z = \dot{\psi} \cos \theta_0 \quad (3)$$

2 導出

運動方程式 (a) 左辺の各項を線形化する。

- $\dot{U}_Z = \dot{w}$
- $U_Y \omega_X - U_X \omega_Y \cong v(\dot{\varphi} - \dot{\psi} \sin \theta_0) - (U_{X0} + u)\dot{\theta} \cong -U_{X0}\dot{\theta}$
- $-z_G(\omega_X^2 + \omega_Y^2) \cong 0$ (2 次の微小項)
- $-x_G(\dot{\omega}_Y - \omega_X \omega_Z) \cong -x_G(\ddot{\theta} - (\dot{\varphi} \dots)(\dot{\psi} \dots)) \cong -x_G \ddot{\theta}$
- $A_{33} \dot{V}_Z \cong A_{33} \dot{w}$
- $A_{35} \dot{\omega}_Y \cong A_{35} \ddot{\theta}$
- $-(A_{11} V_X + \dots) \omega_Y \cong -(A_{11} U_{X0} + \dots) \dot{\theta} \cong -A_{11} U_{X0} \dot{\theta}$

これらを整理すると、左辺は次式となる。

$$\text{左辺} = (M + A_{33})\dot{w} + (-Mx_G + A_{35})\ddot{\theta} - (M + A_{11})U_{X0}\dot{\theta} \quad (4)$$

重力・浮力項の線形化：

$$\cos \Theta \cos \Phi \cong \cos(\theta_0 + \theta) \cong \cos \theta_0 - \theta \sin \theta_0 \quad (5)$$

釣り合い条件 $F_{HZ0} - (\rho g V_B - Mg) \cos \theta_0 = 0$ を用いて定常項を消去すると、右辺は次式となる。

$$\text{右辺} = F_{HZw}w + F_{HZ\dot{\theta}}\dot{\theta} + (\rho g V_B - Mg)(-\sin \theta_0)\theta + F_{HZ\delta a}\delta a \quad (6)$$

左辺と右辺を等置し、移項整理する。

$$\begin{aligned} (M + A_{33})\dot{w} + (-Mx_G + A_{35})\ddot{\theta} &= F_{HZw}w + \{(M + A_{11})U_{X0} + F_{HZ\theta}\}\dot{\theta} \\ &\quad + (\rho V_B - Mg)g \sin \theta_0 \cdot \theta + F_{HZ\delta a}\delta a \end{aligned} \quad (7)$$

これにより式 (b) を得る。