

昭和49年7月31日

魚雷の水面入射運動について

別所 正利

1. 序言

2. 基本力学

3. 無限流体中の運動

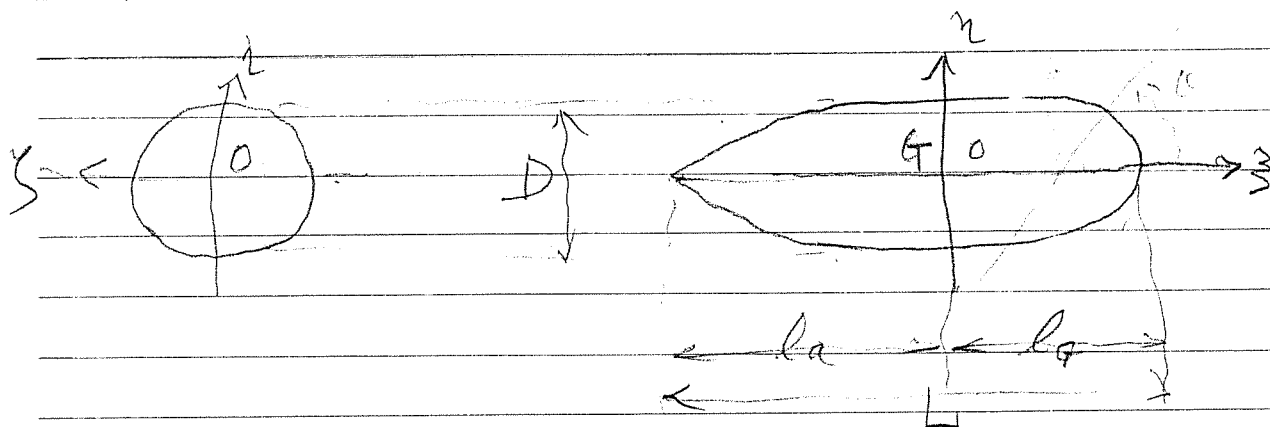
4. 水面入射運動

附録A 速度ポテンシャルと運動量

昭和 年 月 日

1. 序言

2. 静力学



$$\text{Offset} \quad \eta = \eta(z) \quad \dots (1)$$

$$\text{浮力} \quad B = \rho g \nabla(z) \quad \dots (2)$$

(先端から右側の水に浸った時の)

$$\nabla(z) = \iint dz dy d\zeta = \pi \int_{-l_g}^{l_g} \eta^2(z) dz, \quad (3)$$

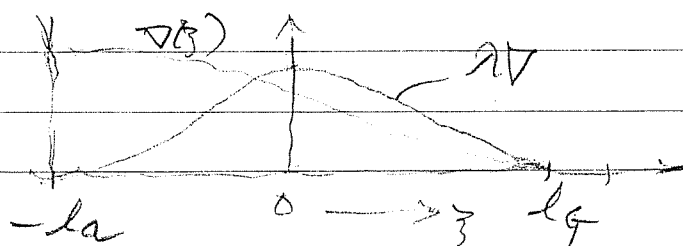
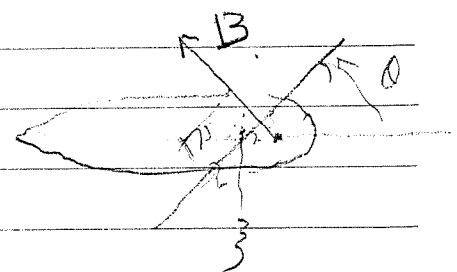
この時の浮力のモーメント

$$1 \quad M_B = \rho g \nabla(z) \lambda(z) \cos \theta, \quad \dots (4)$$

$$\nabla(z) \lambda(z) = \pi \int_{-l_g}^{l_g} \eta^2(z) z dz, \quad \dots (5)$$

重心の重心は一致するのだから

$$\int_{-l_a}^{l_g} z \eta^2(z) dz = 0, \quad (6)$$



3. 無限流体中の運動

先ず無限流体中の
運動方程式は*

$$(m+m_3)\dot{U} = (m+m_3)V\dot{\theta} + X_3$$

$$(m+m_3)\dot{V} = -(m+m_3)U\dot{\theta} + Y_3$$

$$(I+J)\dot{\theta} = (m_3-m_1)UV + N$$

θ : 姿勢角: $\theta = \alpha + \beta$

α : 重心軌跡の傾角

β : 傾角

U : 速度のx成分

V : " " " "

m : 物体の質量

m_3 : x方向の附加質量

m_1 : " " " "

J : 回転運動の "

水の
 m_3 : x方向の運動量
 m_1 : " " " "
 m_4 : 重心の周りの角運動量

X_3, Y_3, N : 力とそのモーメント.

今の場合は固定座標系に属する方程式
の方がむしろ重要であるので (1) を表述すと

* 元良 "船体運動力学" (1.14).

昭和 年 月 日

$$m \dot{u} = -\frac{d}{dt} M_x + X$$

$$m \dot{v} = -\frac{d}{dt} M_y + Y$$

(2)

$$I \ddot{\theta} = -\frac{d}{dt} M_\theta + M_x v - M_y u + N$$

$$\left. \begin{array}{l} u: x \text{ 方向の流速} \\ v: y \text{ 方向の流速} \end{array} \right\} \begin{array}{l} u = U \cos \theta - V \sin \theta \\ v = U \sin \theta + V \cos \theta \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} X = X_3 \cos \theta - Y_3 \sin \theta \\ Y = X_3 \sin \theta + Y_3 \cos \theta \end{array} \right\} \text{--- (3)}$$

M_x : x 方向の流体の運動量

M_y : y 方向の流体の運動量

M_θ : 回転運動量 (角運動量)

$$M_x = M_3 \cos \theta - M_y \sin \theta$$

$$M_y = M_3 \sin \theta + M_x \cos \theta$$

M_3, M_y, M_x の関係

$$\frac{d}{dt} M_\theta = J \ddot{\theta}, \text{--- (5)}$$

(2) を積分すると、

$$m u = -M_x + \int X dt + \text{const.}$$

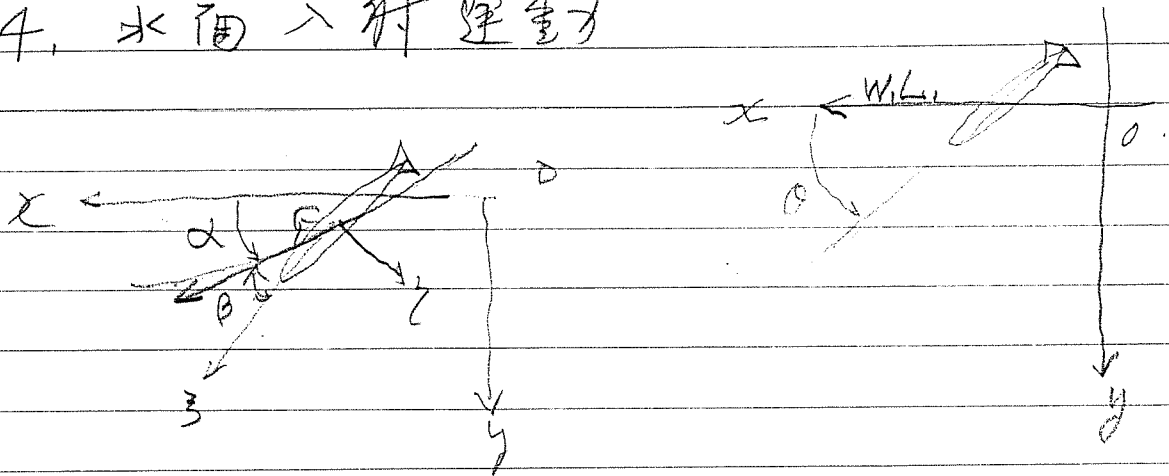
$$m v = -M_y + \int Y dt + \text{const.}$$

(5')

$$I \dot{\theta} = m(y_G u - x_G v) = -M_\theta + y_G M_x - x_G M_y + \int N dt + \text{const.}$$

となり運動量保存則の形になる。 $\int_0^t (x_G Y - y_G X) dt$

4. 水面への運動



$y=0$ の面を水面とする。

「水没物体」前節と同じ。

外力として 重力と浮力を考える。

前節 (2) と同様

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{u} &= -\dot{M}_x + X, \\ m\ddot{v} &= -\dot{M}_y + W - B + Y', \\ I\ddot{\theta} &= -\dot{M}_\theta + M_x v - M_y u + M_B + N', \end{aligned} \right\} (1)$$

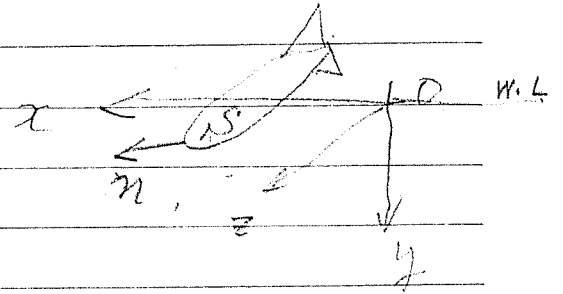
$W = mg$; B, M_B は §2 (2) (4) に示す。

X, Y', N' は粘性の存在に基づく項である。

昭和 年 月 日

附録A 速度ポテンシャルと運動量

速度ポテンシャル
を $\varphi(x, y, z)$ としよう。



水面における圧力一定の条件
は今の場合近似的に。

$$\varphi(x, 0, z) = 0, \quad \dots (1)$$

物体表面 S 上で

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_S = -v_n, \quad \dots (2)$$

$$v_n = u \frac{\partial x}{\partial n} + v \frac{\partial y}{\partial n} + \dot{\theta} \left\{ (x - x_G) \frac{\partial y}{\partial n} - (y - y_G) \frac{\partial x}{\partial n} \right\} \quad \dots (4)$$

x_G, y_G : 重心の座標

3, 2, 5 座標とすると

$$\left. \begin{aligned} z &= 5 \\ x - x_G &= 3 \cos \theta - 7 \sin \theta \\ y - y_G &= 3 \sin \theta + 7 \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad \dots (5)$$

$$v_n = u \frac{\partial z}{\partial n} + v \frac{\partial y}{\partial n} + \dot{\theta} \left\{ 3 \frac{\partial y}{\partial n} - 7 \frac{\partial z}{\partial n} \right\}, \quad (6)$$

速度ポテンシャルは 3 つに分かれて

昭和 年 月 日

$$\varphi = U\varphi_1 + V\varphi_2 + \theta\varphi_3, \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi_1}{\partial n} \Big|_S &= -\frac{\partial \varphi}{\partial n} \\ \frac{\partial \varphi_2}{\partial n} &= -\frac{\partial \varphi}{\partial n} \\ \frac{\partial \varphi_3}{\partial n} &= \eta \frac{\partial \varphi}{\partial n} - 3 \frac{\partial \varphi}{\partial n} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

一般に (1) を満足するポテンシャルを次の形で表わせば

$$\varphi(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \sigma(Q) \left\{ \frac{1}{r(P,Q)} - \frac{1}{r(P,\bar{Q})} \right\} dS(Q), \quad (9)$$

$$P = (x, y, z), \quad Q = (x', y', z'), \quad \bar{Q} = (x', y', -z')$$

$$r(P, Q) = PQ, \quad r(P, \bar{Q}) = P\bar{Q}$$

さて (7), (8) においてストリッツフ°法を適用すると

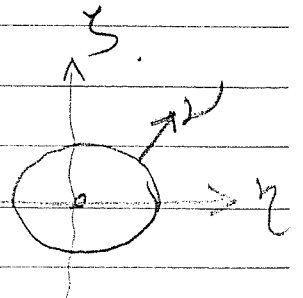
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial n} &\doteq 0 \\ \varphi_1 &\doteq 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial n} \doteq -\frac{\partial \varphi}{\partial n}$$

$$\frac{\partial \varphi_3}{\partial n} \doteq -3 \frac{\partial \varphi}{\partial n}$$

$$\varphi_2(x, y, z) \doteq \phi_2(x, y, z)$$

$$\varphi_3 \doteq 3\phi_2(x, y, z)$$

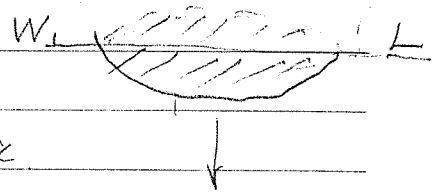


昭和 年 月 日

$$\frac{\partial}{\partial z} \phi_2(\eta, \zeta, \zeta) = -\frac{\partial \eta}{\partial \zeta}, \quad (13)$$

と表け ϕ_2 は η - ζ 面における 2 次ポテンシャルである。

水面に少しだけ入っているのは 合流線を考慮して、レンズ形状の物体のポテンシャルとなる。



さて運動量を M_z, M_η, M_θ とおくと

$$M_z = -\rho \iiint \varphi_z dz d\eta d\zeta = \rho \iint_S \varphi \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} dS, \quad (14)$$

$$M_\eta = -\rho \iiint \varphi_\eta d\tau = \rho \iint_S \varphi \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS, \quad (15)$$

$$M_\theta = -\rho \iiint (\zeta \varphi_\eta - \eta \varphi_\zeta) d\tau = \rho \iint_S \varphi (\zeta \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} - \eta \frac{\partial \zeta}{\partial \eta}) dS, \quad (16)$$

(10), (11), (12), (13) の近似を代入すると (17) によつて

$$M_z \doteq 0, \quad (17)$$

$$M_\eta \doteq \rho V \iint_S \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS + \rho \oint \zeta \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS,$$

$$M_\theta \doteq \rho V \iint_S \zeta \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS + \rho \oint \zeta^2 \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS, \quad (18)$$

今

$$M_2 = \rho \iint_S \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS$$

$$M_{23} = M_{32} = \rho \iint_S \zeta \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS,$$

$$M_3 = \rho \iint_S \zeta^2 \phi_2 \frac{\partial \eta}{\partial \zeta} dS,$$

(19)

とおく。

$$\left. \begin{aligned} M_7 &\equiv V M_2 + \dot{\theta} M_{23} \\ M_0 &\equiv V M_{23} + \dot{\theta} M_3 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \rho \iint \phi \frac{\partial \psi}{\partial r} ds = \rho \int_{-l_0}^{l_0} \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \phi \frac{\partial \psi}{\partial r} ds \\ &= \rho \pi \int_{-l_0}^{l_0} \eta^2(\xi) d\xi \end{aligned}$$

$$M_2(\xi) = \pi \rho \int_{-l_0}^{l_0} \xi^2 \eta^2 d\xi \quad (21)$$

$$M_3(\xi) = \pi \rho \int_{-l_0}^{l_0} \xi \eta^2 d\xi$$

$$\begin{aligned} M_2(-l_0) &= \pi \rho \int_{-l_0}^{l_0} \xi^2 \eta^2 d\xi = \pi \rho l_0 \left(\frac{D_{FN}}{2} \right)^2 \times l_{FN} \\ &= -\frac{\pi \rho}{4} D_{FN}^2 l_{FN} l_0 \end{aligned} \quad (22)$$

$$M_3(-l_0) = \pi \rho \int_{-l_0}^{l_0} \xi \eta^2 d\xi + J_{FN} = J, \quad (23)$$

1.5(9)12171

$$\left. \begin{aligned} M_{23}(\xi) &= \rho \nabla(\xi) \lambda(\xi), \\ \text{p.2. (5) 式 12171} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$\left. \begin{aligned} M_2(\xi) &= \rho \nabla(\xi), \\ \text{p.2. (3) 式 12171} \end{aligned} \right\}$$