

## 2次元滑走板形状の最適化

### 1. 抵抗式

2次元滑走板の抵抗は圧力抵抗と摩擦抵抗とからなり、圧力抵抗は造波抵抗と飛沫抵抗からなる。

$$D = D_p + D_f, \quad D_p = D_w + D_s, \quad (1)$$

抵抗係数では

$$C_D = \frac{D}{\frac{\rho}{2} L V^2} = C_p + C_f = C_w + C_s + C_f, \quad (2)$$

抗場では (V: 排水容積)

$$\varepsilon = \frac{D}{\rho g \nabla} = \frac{L V^2}{2 g \nabla} C_D = \frac{L V^2}{2 g \nabla} (C_w + C_s + C_f), \quad (3)$$

排水量は揚力に等しく、 $p$  を圧力分布とすると

$$\rho g \nabla = \frac{\rho}{2} V^2 L \int_{-1}^1 p dx = \frac{\pi}{2} \rho V^2 a_0, \quad (4)$$

但し

$$p(x) = \frac{1}{\pi i \theta} \sum a_n \cos n \theta, \quad x = \cos \theta, \quad (5)$$

$$\therefore \int_{-1}^1 p dx = \pi a_0 = \frac{2 g \nabla}{L V^2} = \frac{2 \delta}{F^2}, \quad (6)$$

$$\delta = \nabla / L^2, \quad F = V / \sqrt{g L}$$

$$\int_{-1}^1 p x dx = \frac{\pi}{2} a_1 = \frac{2 g l_g \nabla}{L V^2} = \frac{2 \delta}{F^2} l_g, \quad (7)$$

$$a_1 / a_0 = 2 l_g$$

15) をまた 22 のようにおいておこう

$$P(x) = \frac{a_0}{a_0} \sum b_n \cos n\theta, \quad \left\{ \begin{array}{l} b_n = \frac{a_n}{a_0} \\ b_0 = 1 \end{array} \right\}, \quad (5')$$

22

$$C_W = K |\bar{H}(K)|^2, \quad \bar{H}(K) = \int p e^{iKx} dx, \quad (8)$$

$$\int_0^\pi e^{iKa\cos\theta} \cos n\theta d\theta = \pi i^n J_n(K)$$

23

$$\bar{H}(K) = \pi a_0 \sum_n b_n i^n J_n(K),$$

$$|\bar{H}(K)|^2 = \pi^2 a_0^2 H(K)$$

$$H(K) = \left( \sum b_{2n} (-1)^n J_{2n}(K) \right)^2 + \left( \sum b_{2n+1} (-1)^n J_{2n+1}(K) \right)^2, \quad (9)$$

24

$$C_W = K \left( \frac{2\delta}{H} \right)^2 H(K) = \frac{2\delta^2}{H^6} H(K), \quad (10)$$

$$K = \frac{1}{2H^2}$$

$$E_W = \frac{H^2}{2\delta} C_W = \frac{\delta}{H^4} H(K) = \frac{\delta^2 V}{V^4} H(K), \quad (11)$$

25 に 雅 志 持 持 持 は

$$C_S = \frac{\pi}{4} \sigma^2, \quad \sigma = \sum_n a_n = a_0 \sum_{n=0} b_n, \quad (12)$$

26 Kutta の条件から

$$\sum_{n=0}^\infty a_{2n} = \sum_{n=0}^\infty a_{2n+1}, \quad (13)$$

$$\therefore \sigma = 2 \sum_{n=0}^\infty a_{2n} = 2 \sum_{n=0}^\infty a_{2n+1}, \quad (14)$$

$$\sigma \approx 2\alpha_0 T, \quad T = \sum_0 b_{2n} = \sum_0 b_{2n+1}, \quad (15)$$

とみると

$$C_S = -\pi \alpha_0^2 T = \frac{4}{\pi} \frac{\delta^2}{H^3} T = \frac{4g^2}{\pi V^4} \frac{\nabla^2}{L^2} T, \quad (16)$$

$$\varepsilon_S = \frac{2\delta}{\pi H^2} T = \frac{2g}{\pi V^2 L} T, \quad (17)$$

最後に摩擦抵抗は浸水長  $L$  のみで決まるもの  
とし摩擦抵抗係数を  $C_f$  とすると

$$C_H = C_f, \quad \varepsilon_H = \frac{H^2}{2\delta} C_f = \frac{LV^2}{2gV} C_f, \quad (18)$$

## 2. 最適化

i) 二次元滑走板では原理的に17迄摩擦抵抗も  
飛沫抵抗もなくなるから、その時は

$$\varepsilon = \varepsilon_H = \frac{V^2}{gV} C_f L = F_v^2 \frac{L}{\sqrt{V}} C_f, \quad (19)$$

$$F_v \approx V/\sqrt{g\nabla^2}$$

となるから  $L$  が小さければ小さいほど  $\varepsilon$  は小さい。

しかし安定滑走の上限はホーポイジング現象  
(その時の浸水長バースのフルード数を  $F_P$  とすると)

であるから

$$\varepsilon = \frac{F_P^2}{\delta} C_f, \quad \delta = \frac{C_f}{\varepsilon} F_P^2, \quad (20)$$

となるが、 $C_f$  は  $L$  に対してゆるやかに変化するのでものを無視するとしても、どの式から  $\varepsilon$  を与えると  $\delta$  が定つておおかた  $\varepsilon$  と  $L$  の値が与えられていけば  $L$  が定まる。

ii) 飛沫なしの場合

$$\varepsilon_w = \frac{F^2 V}{V^4} H(K) = \frac{1}{F^4} H(K), \quad (21)$$

$$\varepsilon = \frac{H(K)}{F^4} + \frac{F^2 C_f L}{2 \sqrt{V}}, \quad (22)$$

となるが、高速では、滑走板形状は造形形状にあまり関係せず (9) より

$$H(K) \approx 1 \quad (23)$$

と出来るものとする (22) は

$$\varepsilon \approx \frac{1}{F^4} + \frac{F^2 C_f L}{2 \sqrt{V}}, \quad (22')$$

となり造形形状は  $L$  に関係しない。

よって  $V$  と  $\nabla$  が与えられた時の最適  $\varepsilon$  は上記 (1) の場合と同じく、ホーポイントの位置  $L$  が定められる。

iii) 造波抵抗なしの場合

$$\varepsilon = \frac{2\sqrt{V}}{\pi F_v^2 L} T + F_v^2 C_f \frac{L}{\sqrt{V}}, \quad (24)$$

$V$  と  $V$  が与えられ互いの最適値(すなわち)を求め

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial L} = 0, \quad \varepsilon_B = \varepsilon_F, \quad \varepsilon = 2\varepsilon_F = 2\varepsilon_P, \quad (25)$$

$$L^2 = \frac{2\sqrt{V}T}{\pi F_v^4 C_f}, \quad \delta^2 = \frac{\pi C_f}{2T} F_v^4, \quad (26)$$

iv) 一般の場合

ii) iii) の場合 滑走面の曲がりが大きくて"実用的でない"と考えられるので"圧力抵抗のなるべく小さい船型を探すのが主題となる。

さてまず"造波抵抗は (14) より 前後非対称成分は常に造波抵抗を与えるのでない方がよい。

$$b_{2n+1} = 0, \quad n \geq 0 \quad (27)$$

そうすると (15), (16) (17) より

$$T = 0, \quad C_s = 0, \quad \varepsilon_s = 0 \quad (28)$$

と成って 飛沫なしとなる。

高速ではこれは Camber によって揚力を出している事に相当する。

そうすると 重心は原点にあることになる。

重心位置を前後にずらすと 飛沫が出、かつ造波抵抗もふえるが、造波抵抗は高速では小さいのでやはり飛沫なし船型とする方がよさそう ( $\tau = \tau_{\text{beam}} = 0$ )。

いづれにしても <sup>(高速では)</sup> ii) の場合には 船と一致し、L が小さい程、つまり フルート数を大きくすればする程 摩擦抵抗が大きくなる程 抵抗は小さくなり、それは摩擦抵抗の減少につながっている。

この点では従来の見解「浸水長は短い程良い」と一致する。

V) 長と L と V が与えられる場合

今まででは  $\nabla$  と V が与えられるとしたが L と V が与えられるとすると少し違ってくる。

飛沫なしの場合では (22') の近似で

$$\varepsilon \doteq \frac{\delta}{F^4} + \frac{H^2}{2\delta} C_f, \quad \dots \quad (29)$$

より

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \delta} = 0, \quad \varepsilon_W = \varepsilon_f, \quad \delta^2 = \frac{H^6}{2} C_f, \quad (30)$$

とよって与えられたフルード数に、対し 最適  $\nabla$  が定まる。

これを代入すると

$$\text{すなわち } \varepsilon = \frac{\sqrt{CF}}{F} = \frac{2\delta}{F^2} \quad (31)$$

vi) 3次元の場合

3次元の場合は主要手法として  $\nabla, L, V$  の他に  $\pi$  や  $\sigma$  にも  $\varepsilon = B/L$  が加わる。

すなわち  $\nabla, L, V$  が与えられた時 最適  $\varepsilon$  を求める問題が先ず考えられ、今までのパンフレットはそれに相当している。

しかしその他に  $\nabla, V, \varepsilon$  が与えられた時 最適  $L$  を求める問題がある筈でこれは上記の答とは少し異なる事が予想される。

即ち上の問題ではあるフルード数に對し  $\delta$  は  $L$  で変分をとればよいのに対して下の問題では  $L$  が変分となる。

$$\frac{\partial \delta}{\partial L} = -3 \frac{\delta L}{L}, \quad \frac{\partial F}{\partial L} = -\frac{\delta L}{2L}, \quad \dots$$

となるからである。