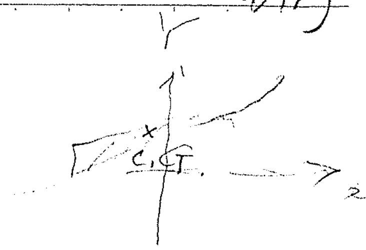
安定滑走条件について

別所



質量M, 重心周りの慣性モーメントIの

滑走艇の運動方程式は

周波数面で

$$-\omega^2 MY = L + F_Y$$
$$-\omega^2 I\theta = M + M_\theta \quad \cdots (1)$$

Yは上下揺れ, θは縦ゆれ振巾; L, Mはその方向の水の力で静水圧を含む, F_Y, M_θはその外力とする。

前後ゆれ(surging)は2次の微小量として無視してあるが平板滑走面では力は明らかに τL (τは平均トリム)であるから、上下ゆれのτ倍の振幅となる。

線型理論ではL, Mはそれぞれ次のように書ける

$$L = \omega^2(m - ia)Y + \omega^2(m_J - ia_J)\theta$$
$$M = \omega^2(J_m - ib_J)Y + \omega^2(J - ib)\theta \quad (2)$$

これを代入すると

$$-\omega^2(M+m-ia)Y - \omega^2(m_J - ia_J)\theta = F_Y$$
$$-\omega^2(I+J-ib)\theta - \omega^2(J_m - ib_J)Y = M_\theta \quad (3)$$

これをといて

$$Y = \frac{1}{\omega^2 \Delta}\left[M_\theta (m_J - i a_J) - F_Y (I + J - i b) \right]$$

$$\theta = \frac{1}{\omega^2 \Delta}\left[F_Y (J_m - i b_J) - M_\theta (M + m - i a) \right] \quad \Bigg\} \quad (4)$$

$$\Delta = (M+m-ia)(I+J-ib) - (m_J - i a_J)(J_m - i b_J) \qquad (5)$$

縦ゆれが拘束されているならば

$$Y = -\frac{F_Y}{\omega^2 (M+m-ia)} \quad , \quad \cdots\cdots (6)$$

と簡単になる。

安定判別では F_Y, M_θは微少攪乱を考えるので結局これらの分母の特性を考えればよい。

簡単の為に(6)式で考える事にして、F_Yを微小な Impulse と考えると時間領域での応答は次の6種の場合がある。

I. $a > 0$	II. $a < 0$
1) $M+m > 0$	4) $M+m > 0$
2) $M+m = 0$	5) $M+m = 0$
3) $M+m < 0$	6) $M+m < 0$

明らかに減衰 a が負では振動振幅は時間と共に
増大する故安定に存在し得ないので まず第1に
減衰の正負は判別条件となる。

次に $a>0$ の場合 $M+m\neq0$ では安定な減衰振動
であるが同調点 $M+m=0$ において最大振りとなる。

縦ゆれも自由とする時は(5)式の実部虚部について
考えれば同じ事になるのは明らかであろう。

さてここで $\omega\to0$ の極限を考えよう。
つまり準静的にこの近似値をもとめられないだろうか。
もし $\omega\to0$ の時 $m\to m_0$, $a\to a_0$ なる近似値があれば
それから判定出来る。

最も簡単な推定として、$\omega\to0$ の時の圧力が定常流れ
の圧力に等しいとすると($L\to L_0$)、$m_0=L_0/(\omega^2Y)$ となり、減衰
はもとめられないので 結局同調点の中性安定条件

$$\left.\begin{array}{l} M+m_0=0\ ,\quad L_0+\omega^2YM=0 \\ L_0/Y \simeq -\omega^2M\leq0 \end{array}\right\}\quad(7)$$

がもとめられる事になる。

そう言う訳で最終的には滑走艇の振動問題を解いて判別しなければならないが、この時理論模型として浸水面の変動を採り入れるのは直観的であり、理解が容易であるが計算は困難である。

そこでこの項は非線形積分項の内の一つで2重吹出しを含む集中圧力に対応する事を考慮して、もう一つの吹出し項をalternativeに採り入れる事を考えよう。

以下両者の差について考察する。

なお定常問題からの準静的判定では、船の形には関係なく浸水面の水平投影面にのみ関係している事がわかっているが、この事と動的判定に必要な流体力(こ)はやはりこの浸水面がわかれば船型に依存しない事と対応している。

A) $\omega=0$、高速の極限

下注附録Cより単位仰角の滑走平板の揚力 L_T と波の上昇量 h_T は半長 l として、l の次迄を四捨して書くと

$$L_T = \pi l$$
$$h_T = -l\left(C+\log\frac{\gamma l}{2}\right) \qquad \left(\begin{array}{l} C=.57721 \\ \gamma = g/U^2 \end{array}\right), \qquad (A.1)$$

浸水巾が $2\Delta l$ だけ長くなったとするとそれによる変分は

$$\Delta L_T = \pi \Delta l$$
$$\Delta h_T = -\Delta l\left[C+\log\frac{\gamma l}{2}+1\right], \qquad (A.2)$$

即ち
$$\Delta L_T/\Delta h_T = \frac{-\pi}{C+1+\log\frac{\gamma l}{2}}, \qquad (A.3)$$

(7)の条件は $\gamma \geqq 0.413$ ならば満たされるので $\gamma=.413$ が臨界速度となるがこれは前縁噴出しを導入した時の条件式と同じで

$$C+1+\log\frac{\gamma l}{2} = 0, \qquad (A.4)$$

となっている。

それ故少くともこの場合は浸水長の変化を考える立場と前縁噴出しを導入する立場は一致すると考えられる。

5) 高速の振動平板（2次元）

この場合 $k=\omega l/U$ と $\gamma=gl/U^2$ の比により、発散波が異なるので別けて考えねばならない。

i) $k > \frac{\gamma}{4}$

この場合発散波系は後方2つで、$\gamma\to 0$ とすると無限流体中の振動翼の理論に一致する。

ii) $k < \frac{\gamma}{4}$

発散波系は4つで、内1つは船の前方に進む。

$k\to 0$ とすると定常問題に一致する故、前節の所論に移行すると考えられるので以下にはふれない。

そう言う訳で以下 $k > \frac{\gamma}{4} \to 0$ とし振動翼理論を適用すると浸水面の変化による流体力は既に求められている。*

その結果の主なものをあげると

i) クッタの条件を満たさない場合 減衰は常に負で附加質量は $k=0.5$ より以下で正、以上で負である。

ii) クッタの条件を満たし、浸水面の変化しない場合（普通の振動翼）は減衰は常に正であるが

* 別所 関西165号，小松 U.S.R. 他数編

附加質量は $k \fallingdotseq 0.34$ より下で負，上で正である

ii) 浸水長の変化を考慮すると $k \fallingdotseq 0.18$ より下で減衰が負となり，これは Ogilvie & Shen の計算値 0.213 に似た値であり Mottard の実験値をもかなりよく説明する。

この時附加質量は $k \fallingdotseq 0.97$ より下では負，上では正となっている。

以下~~下記~~附録Aに従って前縁噴出しを考えた場合について考察する。

$\gamma = 0$ の極限で水面変位は前縁噴出し A を導入すると

$$\eta(x) = \int_{-1}^{1} p(\xi) S_2(x-\xi)\, d\xi + A S(x-1), \quad (B.1)$$

$$S_2(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^\infty \left[\frac{k e^{ikx}}{(k-\alpha+\mu i)^2} + \frac{k e^{-ikx}}{(k+\alpha)^2}\right] dk, \quad (B.2)$$

$$S(x,y) = \frac{i}{2\pi}\int_0^\infty \left[\frac{e^{ikx}}{k-\alpha+\mu i} - \frac{e^{-ikx}}{k+\alpha}\right] e^{ky}\, dk$$

$$\xrightarrow[y\to -0]{} \left\{\begin{array}{ll} 0 & \text{for } x>0 \\ e^{i\alpha x} & \text{for } x<0 \end{array}\right\} \quad (B.3)$$

$(\alpha = \omega l/U)$

それ故 (B.1) は

$$\eta(x) - A e^{i\alpha(x-1)} = \int_{-1}^{1} p(\xi) S_2(x-\xi)\, d\xi, \quad (B.4)$$

となる。

上下ゆれの場合クッタの条件を満たす解 $P_0(x)$ による変位 η_0 は*

$$\eta_0 = 1 + B_0 e^{i\alpha x} \quad , \quad \cdots \quad (B.5)$$

となる事がわかっている故 (B.4) と比較し、

$$A = - B_0 e^{i\alpha} \quad , \quad --- \quad (B.6)$$

と採ればよい。

この解による流体力は無限流体中の振動翼に働く力の半分で上述のように減衰は常に正でこの意味での不安定は現われず浸水長を変化させる場合と異なる。

しかし上述のように $k \fallingdotseq 0.34$ (α) より小さい所で附加質量は負となるのでこの附近で同調を起す可能性はあり。それは浸水長の変化する場合の限界速度 $k \fallingdotseq 0.18$ に近いだろう。

従って浸水長の変化する場合と全く異ると考えなくてもよいと思われるし、また今考えているのは平板で迎角が小さく、浸水長の変化も大変大きいと考えられるが、一般には船首材の傾きは大きく、浸水長の変化もあまり大きくないと考えられるので、そのかわりに前縁吹出しをおいてもよいのではないかと思う。

この場合重力の影響を入れるとどうなるかは興味のある所であるが、その減衰への影響は $\sqrt{g}$ に比例するようなので減衰が負となるとすると低速側で不安定となる事になる。
しかしこの近似では $k > \frac{\gamma}{c}$ となっているので γ が大きくなると速度場が変って来るので具合が悪く これはやはり正確な計算を行って判断する方がよかろう。