

Fin の制御

Fixed Fin で良好な制御作用をもつ Fin を選ぶ
 ならば 能動的制御は普通の Feed back 制御で

充分と考えられるが、こゝでは一種の Feed ahead or
 Feed forward 制御について検討しよう。

さて Fin の力を左辺に集めて運動方程式を書くと

$$\begin{cases} Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 = V_1 + F \\ Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 = V_2 + l F \end{cases} \quad \dots (1)$$

Fin に働く揚力は (上向きを正とて)

$$F = V_3 - \underbrace{z I_1 - z \left(l + \frac{lV}{\omega} \right) I_2 + z I_3'}_{\text{mm}} \quad (2)$$

$$V_3 = z v_w$$

$$I_3' = -\frac{S \pm j}{2} \delta \text{ or } V\theta ; \theta \text{ is } v_w \text{ の attack angle, (3)}$$

実際上は attack angle を制御する方が容易である
 と考えられる。

まず (1) から F を消去すると。

$$(l Z_{11} - Z_{21}) I_1 + (l Z_{12} - Z_{22}) I_2 = l V_1 - V_2, \quad (4)$$

I_1 を消去すると

$$\Delta I_2 = Z_{11} V_2 - Z_{21} V_1 + H(l Z_{11} - Z_{21}), \quad (5)$$

$$\Delta = Z_{11} Z_{22} - Z_{12} Z_{21}$$

今 $I_2 = 0$ とすると (5) から

$$F = F^* = - \frac{V_2 Z_{11} - V_1 Z_{21}}{l Z_{11} - Z_{21}}, \quad (6)$$

(4) から

$$I_1 = I_1^* = \frac{l V_1 - V_2}{l Z_{11} - Z_{21}}, \quad (7)$$

これを (2) に代入すると I_3' は

$$\begin{aligned} \gamma I_3' &= \gamma I_3^* = F^* - \gamma (V_w - I_1^*) = \frac{V_1 Z_{21} - V_2 Z_{11}}{l Z_{11} - Z_{21}} - \gamma [(l Z_{11} - Z_{21}) V_w + l V_1 - V_2] \\ &= \frac{V_1 Z_{21}'' - V_2 Z_{11}''}{l Z_{11} - Z_{21}} - \gamma V_w, \quad (8) \end{aligned}$$

$$Z_{21}'' = Z_{21} + \gamma l, \quad Z_{11}'' = Z_{11} + \gamma,$$

それ故

$$\frac{I_3^*}{F^*} = \frac{1}{\gamma}, \quad \frac{1}{G} = \frac{1}{\gamma} + \frac{l V_1 - V_2 - (l Z_{11} - Z_{21}) V_w}{V_1 Z_{21} - V_2 Z_{11}}, \quad (9)$$

G は入射波振幅に比例しないが、一般には

非最小位相推移系で、時間領域では事前

過渡現象を有すると考えられるが、 V_2/V_1 の形では

位相推移部分が打ち消し合うと考えられ、又 V_w/V_1

でも打ち消し合う部分が大きいと考えられるので、 G を

近似的に最小位相推移系と考える。

そうすると F を測定して I_3' を計算出来る事になる。

そこで元に戻って、(9) の関係が F と I_3' の間に

成立しよう。つまり

$$I_3' = F/G, \quad \text{--- (10)}$$

のように I_3' を制御するとすると (2) より

$$\begin{aligned} F &= \frac{V_W - I_1 - (l + \frac{V}{\mu}) I_2}{\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\mu}} = \frac{(l Z_{11} - Z_{21}) V_W - l V_1 + V_2 - I_2 \left[(l + \frac{V}{\mu}) (l Z_{11} - Z_{21}) + (Z_{12} + Z_{22}) \right]}{(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\mu}) (l Z_{11} - Z_{21})} \end{aligned}$$

(9) の関係を用いると

$$F (l Z_{11} - Z_{21}) = V_1 Z_{21} - V_2 Z_{11} - I_2 \frac{Z_{22} + l(l + \frac{V}{\mu}) Z_{11} - l Z_{12} - (l + \frac{V}{\mu}) Z_{22}}{(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\mu})} \quad \text{--- (11)}$$

これを (5) に代入すると

$$= \left[1 + \frac{Z_{22} + l(l + \frac{V}{\mu}) Z_{11} - l Z_{12} - (l + \frac{V}{\mu}) Z_{22}}{(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\mu})} \right] I_2 = 0 \quad \text{--- (12)}$$

したがって左辺の括弧の中が 0 になれば $I_2 = 0$ である。
(これは要!)

(12) 式は 時間領域で考えれば I_2 の自由動揺を与える式であるから 減衰が足りなければ 大きな自由動揺が生ずる。その時には (10) に I_2 に比例する減衰を加えて

$$I_3' = \frac{F}{G} + K_2 I_2, \quad \text{--- (13)}$$

とおけば この K_2 は $\frac{1}{\beta}$ と $\frac{1}{\mu}$ のま、(12) の括弧の中に入つて減衰となる。

3. 同様に (9) 式の G を非最少位相系に近似出来るかどうかという事になる。

(9) 式 G の逆伝系に二重極 ストリップ法で近似計算する試みであるが、高周波域の値は信用出来ないので cut するか補償するかしなければならない。

いつかにして

$$\frac{1}{G} = \frac{1}{Z} + \frac{1}{G'} \quad , \quad \frac{1}{G'} = \frac{2V_1 - V_2 - (Z_{11} - Z_{21})V_{10}}{V_1 Z_{21} - V_2 Z_{11}} \quad (12)$$

といて G' の近似値を G_A とおきあらためて

$$\frac{1}{G_A} = \frac{1}{Z} + \frac{1}{G_A} \quad , \quad \text{---} \quad (15)$$

$$I_3' = H/G_A \quad , \quad \text{---} \quad (16)$$

といて (2) 式より

$$H = \frac{V_0 - ZI - Z(l + \frac{jV}{\omega})I_2}{1 - \frac{Z}{G_A}} = \frac{(-V_0 + I_1 + (l + \frac{jV}{\omega})I_2)G_A}{1 - \frac{Z}{G_A}}$$

$$(lZ_{11} - Z_{21})F = \frac{G_A}{G_A} [-V_0(lZ_{11} - Z_{21}) + lV_1 - V_2 + I_2 \{ (l + \frac{jV}{\omega})(lZ_{11} - Z_{21}) - lZ_{12} + Z_{22} \}] \quad (17)$$

(15) に代り $\lambda L Z$.

$$\left[\frac{1}{G_A} - \{ Z_{22} + l(l + \frac{jV}{\omega})Z_{11} - lZ_{12} - (l + \frac{jV}{\omega})Z_{21} \} \right] I_2 = \frac{Z_{11}V_2 - Z_{21}V_1}{G_A} + [lV_1 - V_2 - V_0(lZ_{11} - Z_{21})] \quad (18)$$

よって I_2 を計算出来る。

これを (2) に代入して見よう。

$$\left. \begin{aligned} Z_{11}'' I_1 + Z_{12}'' I_2 &= V_1 + V_3 + j I_3' \\ Z_{21}'' I_1 + Z_{22}'' I_2 &= V_2 + l V_3 + l j I_3' \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

I_1 を消去して

$$\begin{aligned} \left(Z_{22}'' - \frac{Z_{21}'' Z_{12}''}{Z_{11}''} \right) I_2 &= V_2' + j I_3' \left(l - \frac{Z_{21}''}{Z_{11}''} \right), \\ V_2' &= V_2 - \frac{Z_{21}''}{Z_{11}''} V_1 + V_3 \left(l - \frac{Z_{21}''}{Z_{11}''} \right), \\ &= \frac{1}{Z_{11}''} \left[Z_{11} V_2 - Z_{21} V_1 + j \left\{ V_2 - l V_1 + V_3 (l Z_{11} - Z_{21}) \right\} \right], \end{aligned} \quad (20)$$

(14) と比較して

$$V_2' = \frac{Z_{11} V_2 - Z_{21} V_1}{Z_{11}''} \left[1 + \frac{j}{G} \right], \quad (21)$$

これは

$$G' = -\frac{j}{G}, \quad (22)$$

において

$$V_2' = 0,$$

でこの場合は $I_3' = 0$ で $I_2 = 0$ となる。

(21) から

$$\frac{j}{G} = \frac{j}{G} + 1 = \frac{Z_{11}'' V_2'}{Z_{11} V_2 - Z_{21} V_1} = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \quad (23)$$

とも書ける。

右辺の分母が 0 になる時は、 G キーとしておけばよいが

それはあまり可能性が低いため、その分母は 0 にならないのが望ましい。

制御可能な二限

この制御法では F の力の二限を決める。

それは何らかの

$$F_{max} = \frac{\rho}{2} V^2 (2A_f) C_{Lmax}$$

C_{Lmax} は大抵 1 程度かそれ以下にとるべきである。

一方 (6) より

$$F = \frac{V_1 Z_{21} - V_2 Z_{11}}{Z_{11} - Z_{21}} = - \frac{V_2 - V_1 \frac{Z_{21}}{Z_{11}}}{1 - \frac{Z_{21}}{Z_{11}}}$$

であり、

$$V_2 - V_1 \frac{Z_{21}}{Z_{11}} = \rho g A_w L f_2(K)$$

となす

$$L \gg \frac{Z_{21}}{Z_{11}}$$

と近似して

$$F_{max} = \frac{\rho g A_w L f_2(K)}{1}$$

したがって

$$\frac{2g}{\lambda} = \left(\frac{V^2}{gL} \right) \left(\frac{2A_f}{\lambda A_w} \right) \left[\frac{C_{Lmax}}{f_2(K)} \right]$$

$$Fr = V/\sqrt{gL} = 12, \quad A_f/A_w = 0.2, \quad \lambda = 2L, \quad C_{Lmax} = 1$$

$$f_2(K) = 0.4 \text{ とすると, } \frac{2g}{\lambda} = \frac{0.4 \times 0.2}{0.4} = \frac{1}{50} \text{ の程度となる。}$$

Rolling では $2g/\lambda = 1/30$ 程度と考えているようである。⁽⁶⁾

C_{Lmax} は翼の形状から来る制限で力がないから、これを上げ

には速度を上げる、 A_f を大きくする、 $f_2(K)$ を小さくするの

3つしかない。

Fig. 1 = 船の力の位相と波強制モーメントの減殺効果

heaving の coupling を考慮すると波のローリングモーメントは

$$V_2' = \frac{1}{Z_{11}} [Z_{11} V_2 - Z_{21} V_1 + \delta \{ V_2 - l V_1 + v_w (l Z_{11} - Z_{21}) \}] \quad (1)$$

$$Z_{11}' = Z_{11} + \delta \quad \text{で} \quad \delta \ll Z_{11} \quad \text{と仮定されるから}$$

$$\frac{Z_{11}}{Z_{11}'} \doteq 1 - \frac{\delta}{Z_{11}} \quad (2)$$

よって

$$V_2' = \left(V_2 - \frac{Z_{21}}{Z_{11}'} V_1 \right) + \delta \left[\frac{V_2 - l V_1}{Z_{11}} + v_w \left(l - \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \right) - \frac{V_2 - \frac{Z_{21}}{Z_{11}'} V_1}{Z_{11}} \right]$$

$$= V_2 - \frac{Z_{21}}{Z_{11}'} V_1 + \delta \left(l - \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \right) \left(v_w - \frac{V_1}{Z_{11}} \right) \quad (3)$$

前後対称な船で、船で静止ならば

$$l \gg \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \quad (4)$$

$\lambda \gg L$ ならば

$$V_1 / Z_{11} \doteq i \omega a, \quad a: \text{波高} \quad (?) \quad (5)$$

$$v_w = i \omega a l e^{k z_f + i k l} \quad (6)$$

$$\delta = \frac{2 \pi F V A_f}{\left(1 + \frac{1}{AR} \right)} \left[1 + \frac{i \omega G}{4 V} \left(1 + \frac{1}{AR} \right) \right] \quad (7)$$

アスペクト比が充分小さい時は Lift 成分を無視して

$$\delta = i \pi f \omega A_f S_f \quad (8)$$

今

$$\bar{z} = |\beta| e^{i\varepsilon_f}$$

(9)

とすると、右図のようになります (8) の場合とは

$$\varepsilon_f = \frac{\pi}{2} \text{ である。}$$

それ故、 F_{in} による 1 次誘起制モーメントの

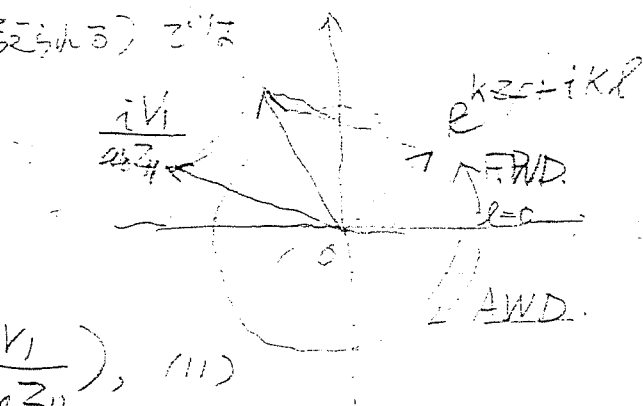
変化分 ΔV_2 は (3) より

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V_2}{a} &\doteq i \omega_0 |\beta| e^{i\varepsilon_f} \left(l - \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \right) \left(e^{kz_f + iKl} + \frac{iV_1}{\omega_0 Z_{11}} \right) \\ &\doteq i \omega_0 l |\beta| e^{i\varepsilon_f} \left(e^{kz_f + iKl} + \frac{iV_1}{\omega_0 Z_{11}} \right), \quad \dots (10) \end{aligned}$$

となって、揺り籠の中は図のように変化する。
(Bilge Keel)

B.K. (アスヤノセが充分小さい時と仮定する) では

(8) により



$$\frac{\Delta V_2}{a} \doteq -\omega_0 l |\beta| \left(e^{kz_f + iKl} + \frac{iV_1}{\omega_0 Z_{11}} \right), \quad (11)$$

となり、普通のように $\times$ の前後にあれば、揺り籠の中の合力は

小さくなって $\Delta V_2/a$ は小さく なると思われる。

それ故、それを 船体前半部 に集中させれば、有効に

なる場合があると思われる。

○ 力がある車に下る。

1. A_f が $\mathbb{Z}$ となる。

Fin. 效果应予提出来。

より、E、K、 ω の関係は、この点に基いて求めることができる。

今、中心点 L の前後に $(\pm \frac{L}{2})$ だけあるとすると

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} e^{iKz} dz = \frac{2L}{K} \sin \frac{KL}{2} \quad , \quad \dots (12)$$

であるから、これを $e^{iKL} (L)$ と近似するのと同じとする

修正係数 β_1 は

$$\beta_1 = \frac{\sin \left(\frac{KL}{2} \right)}{\left(\frac{KL}{2} \right)} \quad , \quad \dots (13)$$

またモメントについてはやはり修正係数を β_2 とし

$$\beta_2 L G e^{iKL} = \int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} z e^{iKz} dz = \frac{2L}{K^2} \left[K \sin \frac{KL}{2} + i \left(\cos \frac{KL}{2} - \frac{KL}{2} \sin \frac{KL}{2} \right) \right] \quad (14)$$

$$\therefore \beta_2 = \frac{\sin \frac{KL}{2}}{\left(\frac{KL}{2} \right)} + \frac{2i}{K^2 L G} \left\{ \sin \frac{KL}{2} - \frac{KL}{2} \cos \frac{KL}{2} \right\} \quad , \quad (15)$$

3分割の場合は β_1 については $\frac{KL}{2} = \frac{\pi L}{\lambda} \times \frac{G}{L} = \frac{\pi}{2}$ であり $\beta_1 = \frac{2}{\pi}$

つまり $G/L \approx 1/3$ ならば $\lambda \approx 2L$ で約3分割の精度でよい。