23年度一次機械問題略解

（計算問題中心）

正解番号

Ⅳ-1③	金属の引張り試験正誤
Ⅳ-2②	ワイヤロープの所要最小半径を計算
Ⅳ-3④	熱膨張と圧縮の複合計算
Ⅳ-4②	段つき棒の自重による伸びの計算
Ⅳ-5④	半径を2倍にしたときの丸棒のねじれ角の比
Ⅳ-6④	両端支持はりと片端固定梁の最大曲げ応力計算
Ⅳ-7①	内圧のある薄肉円筒容器の応力計算
Ⅳ-8④	多軸応力状態での降伏開始時の応力
Ⅳ-9③	疲労試験に関する正誤
Ⅳ-10⑤	用語の対比組み合わせ
Ⅳ-11③	多様なバネによる支持に対する固有振動数計算
Ⅳ-12②	記録型振動系の運動解析
Ⅳ-13⑤	梁の微小回転運動が臨界減衰系となるときの減衰係数計算
Ⅳ-14④	横振動する梁の境界条件正誤
Ⅳ-15①	ブランコの振れが拡大する現象に対する用語
Ⅳ-16②	2自由度振動系の固有角振動数の計算
Ⅳ-17①	逆ラプラス変換計算
Ⅳ-18②	ブロック線図から伝達関数を求める計算

Ⅳ-19④	特定入力関数と応答の対応の組み合わせ
Ⅳ-20①	フィードバック制御に関する記述の正誤
Ⅳ-21③	正弦波入力に対する定常出力の計算
Ⅳ-22③	フィードバック系の特性根を求める計算
Ⅳ-23③	比熱等に関するSI単位の正誤
Ⅳ-24②	エントロピーの記述の正誤
Ⅳ-25④	可逆断熱圧縮と温度の式の正誤
Ⅳ-26④	円管中を流れる空気の熱伝達係数の計算
Ⅳ-27③	流体に関する用語の穴埋め
Ⅳ-28③	エントロピーの変化量の計算
Ⅳ-29②	液面と流体間の熱伝達率の式の正誤
Ⅳ-30②	縮小管の圧力差の計算
Ⅳ-31④	新幹線車両のノーズ部分の圧力の計算
Ⅳ-32③	換気扇の所要動力の計算
Ⅳ-33①	水膜上を移動する平板の所要動力計算
Ⅳ-34⑤	管の曲がり部が流体に与える力の計算
Ⅳ-35③	2分の一模型による風洞実験で与える風速の計算

Ⅳ-1 ③

ポアソン比 ν は、$\nu = -\dfrac{\varepsilon'}{\varepsilon}$ である。

Ⅳ-2 ②

d を所要の直径として、

円の断面積 $A = \pi d^2 / 4$ は、

$\dfrac{\sigma_B}{S} = \dfrac{P}{A}$ から、$A = \dfrac{SP}{\sigma_B} = \dfrac{\pi}{4} d^2$

$\therefore d^2 = \dfrac{SP}{\sigma_B}\dfrac{4}{\pi} \rightarrow d = 2\sqrt{\dfrac{SP}{\pi\sigma_B}}$

Ⅳ-3 ④

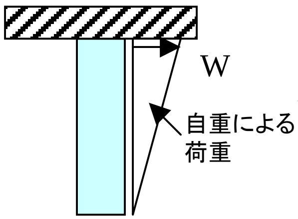
温度上昇 ΔT_1 で隙間がちょうど 0 になるので、

$\alpha \Delta T_1 = \delta / l \rightarrow \Delta T_1 = \dfrac{\delta}{\alpha l}$

つぎに、$\Delta T = \Delta T_2 - \Delta T_1$ の温度上昇で壁がなければ、$\delta' = \alpha l \Delta T$ だけ伸びるが壁により、同じ値だけ圧縮されると考えると、$\dfrac{-\sigma}{E} = \dfrac{\delta'}{l} = \alpha \Delta T$ となり、

$\sigma = -E\alpha \Delta T = -E\alpha \left(\Delta T_2 - \Delta T_1 \right)$

Ⅳ-4 ②



まず、自重による伸び　を求める。図のように荷重は長さ　方向に三角形になり平均として　は全自重 W の半分になる。

これによる伸びは　$\varepsilon = \sigma / E$ から、

$\dfrac{\Delta l}{l} = \dfrac{1}{E} \times \dfrac{W/2}{A} = \dfrac{1}{E} \times \dfrac{g\rho l A}{2A} = \dfrac{g\rho l}{2E}, \ \therefore \Delta l = \dfrac{g\rho l^2}{2E}$

2 の部分は $\Delta l_2 = \dfrac{g\rho l_2^2}{2E}$,

1 の部分は外力として $W = g\rho l_2 A_2$ が加わるので

$\Delta l_1 = \dfrac{g\rho l_1^2}{2E} + \dfrac{W l_1}{E A_1} = \dfrac{g\rho l_1^2}{2E} + \dfrac{g\rho l_1 l_2 A_2}{E A_1}$

全体では、

$\Delta l_1 + \Delta l_2 = \dfrac{g\rho l_1^2}{2E} + \dfrac{g\rho l_2^2}{2E} + \dfrac{g\rho l_1 l_2 A_2}{E A_1} \cdots ②$

Ⅳ-5 ④

$\theta = \dfrac{M}{CG}$,

θ:ねじれ角、M:ねじりモーメント

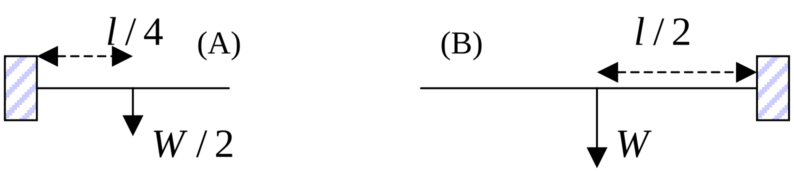
C:ねじり係数

円形棒では、$C = \dfrac{\pi a^4}{2}$, a:半径

したがって、ねじれ角は、半径の 4 乗に逆比例する。

$\rightarrow 2^4 : 1^4 = 16 : 1$

Ⅳ-6 ④



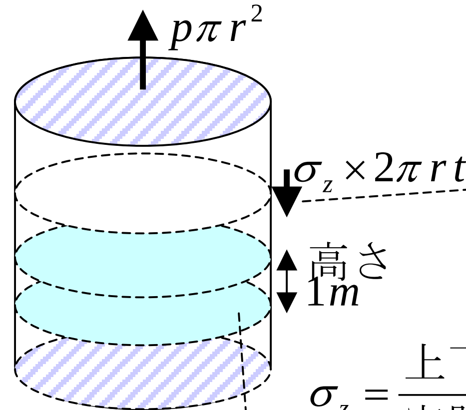
(A) 左半分を取ってみると 、$W/2$ が $l/4$ の位置に加わるのと等 価であるから、曲げモーメントは $Wl/8$が支持点に生じる。

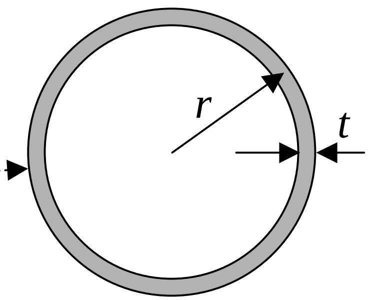
$(B)W$ が $l/2$の位置に加わるのと等 価なので、$Wl/2$

$\sigma_A : \sigma_B = 1/8 : 1/2 = 1:4$

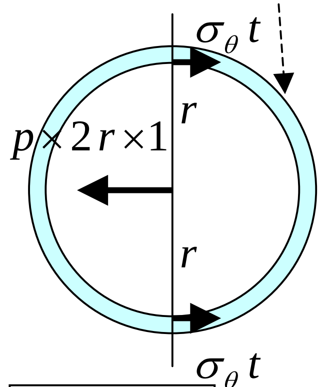
Ⅳ-7 ①

上下方向の力　　容器の断面積$=2\pi r t$





$$\sigma_z = \frac{上下方向の力}{容器の断面積} = \frac{p\pi r^2}{2\pi r t} = \frac{pr}{2t}$$



$$\sigma_\theta = \frac{直径\times高さ}{厚さ\times 2\times高さ} = \frac{p\times 2r\times 1}{2t\times 1}$$

$$= \frac{pr}{t}$$

Ⅳ-8 ④

$\varepsilon_a E = \sigma_a - \nu\sigma_b - \nu\sigma_c$, $a,b,c \rightarrow x,y,z$ $etc.$を利用

$\sigma_y = 0$, $\varepsilon_z = 0$, $\tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$ から、

$\varepsilon_x E = \sigma_x - \nu\sigma_z$, $\varepsilon_y E = -\nu\sigma_z - \nu\sigma_x$, $0 = \sigma_z - \nu\sigma_x$

次ページへ

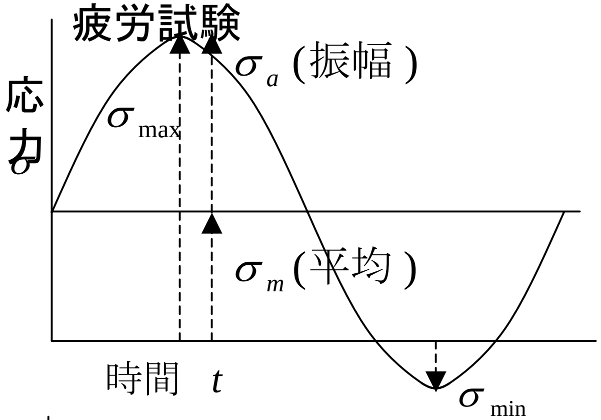
$\therefore \sigma_z = \nu\sigma_x$ これらを降伏条件式に代入して

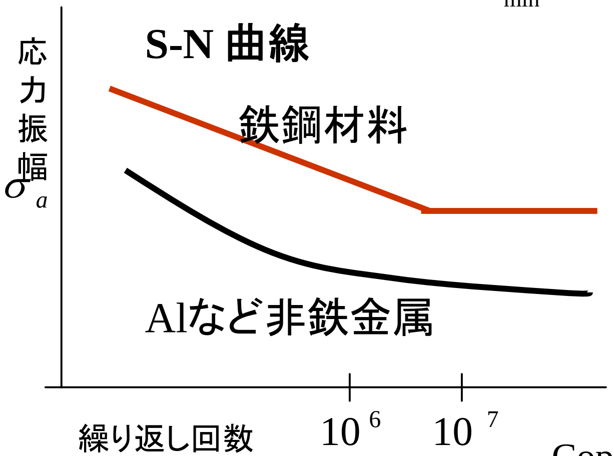
$$\sigma_x^2 + (\nu\sigma_x)^2 + (1-\nu)^2\sigma_x^2 = 2\sigma_{ys}^2,\ \nu = 1/3$$

$$\sigma_x^2 = 2\sigma_{ys}^2 / (1 + 1/9 + 4/9) = \sigma_{ys}^2 \times 9/7$$

$$\therefore \sigma_x / \sigma_{ys} = 3/\sqrt{7}$$

Ⅳ-9 ③





Ⅳ-10 ⑤

フックの法則…$\varepsilon = \dfrac{\sigma}{E}$、E:ヤング率

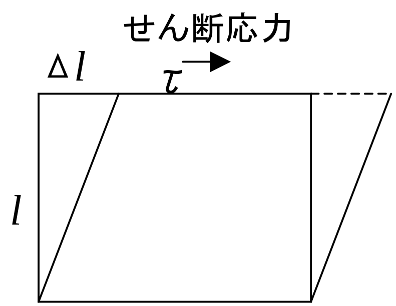
せん断応力…下図

応力拡大係数…破壊力学で亀裂の先端付近の応力状態を予想するために使用される

ミーゼスの条件…$IV-8$参照、塑性破壊、降伏

断面係数…応力が最大、最小のなる位置と中心軸との距離をaとすれば、断面係数 $Z = I/a$

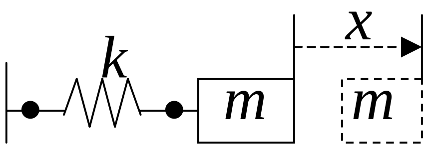
断面に軸力N,曲げモーメントMが作用するとき断面の最小・最大応力はAを断面積として、 $\sigma = N/A \pm M/Z$



$\gamma = \dfrac{\tau}{G}$ フックの法則（せん断）

$\gamma = \dfrac{\Delta l}{l}$

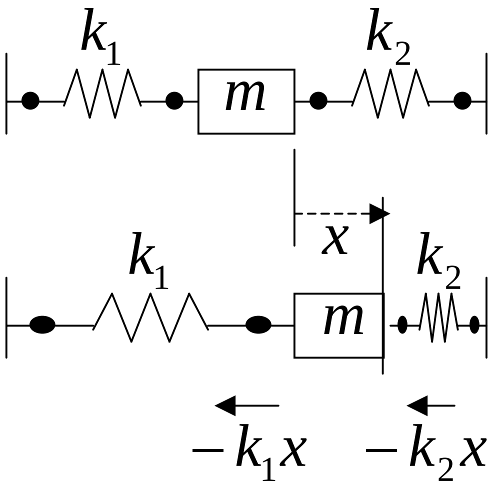
Ⅳ-11 ③

① 

$$-kx = m\frac{d^2x}{dt^2} \to \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \to$$

$$x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \alpha\right) \to f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

---

②～⑤ 

$$-(k_1 + k_2)x = m\frac{d^2x}{dt^2} \to \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0 \to$$

$$x = A\sin\left(\sqrt{\frac{K}{m}}t + \alpha\right) \to f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$K = k_1 + k_2$$

---

②$k_1 = k_2 = k, \to K = 2k$

③$k_1 = 2k, k_2 = k/2, \to K = 5k/2$

④$k_1 = k, k_2 = k/2, \to K = 3k/2$

⑤$k_1 = k, k_2 = k, \to K = 2k$

fの式の形から① のKはkに等しい。

振動数は$\sqrt{K}$に比例するので③が最大となる。

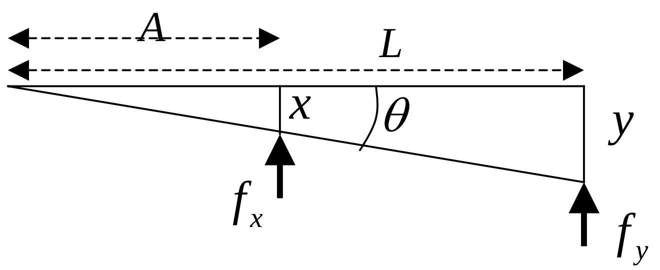
Ⅳ-12 ②

振動数に比例する値であるωが

$\omega >> \sqrt{m/k}$

なので、ペンとバネの部分の振動はyの振動に比して無視できるので、スクリーンには、yの振動がそのまま反映される。したがって、その振幅は、Aである。

Ⅳ-13 ⑤



回転運動として見ると、$-f_x A - f_y L = J\dfrac{d^2\theta}{dt^2}$

すなわち、$J\dfrac{d^2\theta}{dt^2} + f_y L + f_x A = 0$ が成り立つ

$f_x = kx,\ f_y = c\dfrac{dy}{dt}$ である。

$$\theta \approx \frac{x}{A},\ y = \frac{xL}{A},\ J = \int_0^L \rho r^2 dm = \int_0^L \frac{m}{L} r^2 dr = \frac{mL^2}{3}$$

であるから、代入すれば、

$$\frac{mL^2}{3A}\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{cL^2}{A}\frac{dx}{dt} + kAx = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{3A}{mL^2}\frac{cL^2}{A}\frac{dx}{dt} + \frac{3A}{mL^2}kAx = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{3c}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{3kA^2}{mL^2}x = 0$$

$\dfrac{3c}{m} > 0$ であるから減衰系、臨界条件は

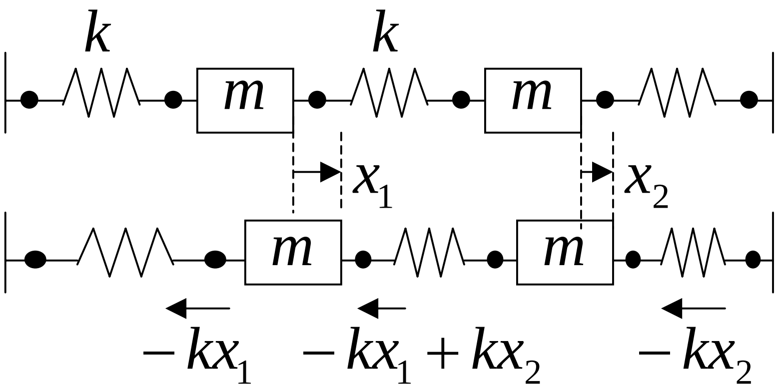
$$\left(\frac{3c}{m}\right)^2 - \frac{4\times 3A^2k}{mL^2} = 0$$

$$\therefore \frac{3c}{m} = \sqrt{\frac{4\times 3A^2k}{mL^2}} \to c = \frac{2A}{\sqrt{3}L}\sqrt{km}$$

Ⅳ-14 ④

Ⅳ-15 ①

Ⅳ-16 ②



運動方程式は、

$$m\frac{d^2x_1}{dt^2}=-kx_1-kx_1+kx_2=-2kx_1+kx_2$$

$$m\frac{d^2x_2}{dt^2}=-kx_2-kx_2+kx_1=-2kx_2+kx_1$$

初期値を無視してラプラス変換して

$$(s^2+2A)X_1=AX_2\cdots①,\ A=k/m$$

$$(s^2+2A)X_2=AX_1\cdots②$$

①式から、$(s^2+2A)^2X_1=A(s^2+2A)X_2$

②式から、$(s^2+2A)^2X_1=A^2X_1$

$$\{(s^2+2A)^2-A^2\}X_1=0$$

$$(s^2+2A-A)(s^2+2A+A)=0$$

$$(s^2+A)(s^2+3A)=0$$

これから$s=\pm i\sqrt{A}\ or\ \pm i\sqrt{3A}$

すなわち、$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\ or\ \sqrt{\frac{3k}{m}}$

Ⅳ-17①

$F(s)=\dfrac{1}{(s+2)(s-3)}$を一次遅れ式の和に書き直す。

$$\frac{1}{(s+2)(s-3)}=\frac{A}{s+2}+\frac{B}{s-3}=\frac{(A+B)s+(2B-3A)}{(s+2)(s-3)}$$

両辺が等しいためには、

$A+B=0\cdots①$

$2B-3A=1\cdots②$

①から、$B=-A$ ②に代入して

$$-2A-3A=-5A=1 \therefore A=-\frac{1}{5}, B=\frac{1}{5}$$

$$\therefore F(s)=\frac{1}{5}\left(-\frac{1}{s+2}+\frac{1}{s-3}\right)$$

∴逆変換して、$f(t)=\dfrac{1}{5}\left(-e^{-2t}+e^{3t}\right)$

Ⅳ-18②

Yから逆にたどった値と、Xから順に進んだ値とをどこかで等しいとおけばよい。図の赤い点線の位置で前後から来た値を等しいと置けば、

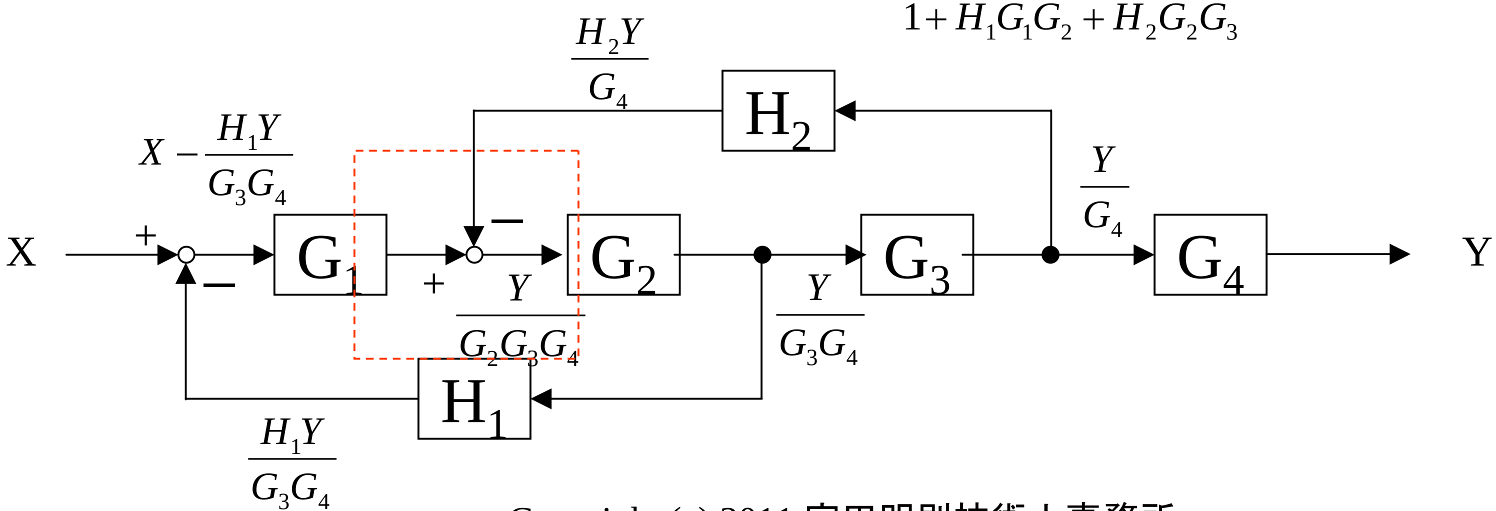
$$\frac{Y}{G_2G_3G_4}=G_1\left(X-\frac{H_1Y}{G_3G_4}\right)-\frac{H_2Y}{G_4}$$

$$Y\left(\frac{1}{G_2G_3G_4}+\frac{H_1G_1}{G_3G_4}+\frac{H_2}{G_4}\right)=G_1X$$

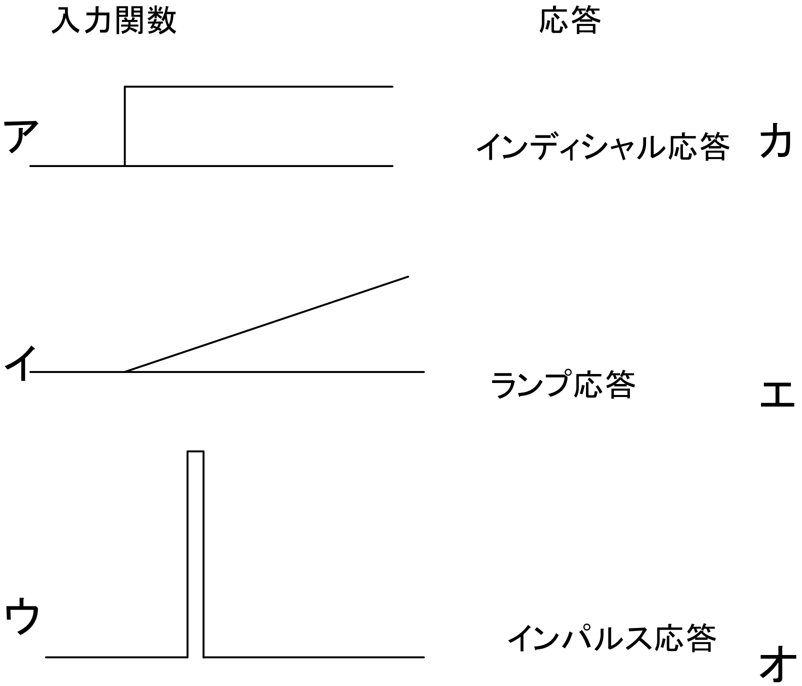
これから、

$$\frac{Y}{X}=\frac{G_1}{\dfrac{1}{G_2G_3G_4}+\dfrac{H_1G_1}{G_3G_4}+\dfrac{H_2}{G_4}} \to 分子分母\times G_2G_3G_4$$

$$=\frac{G_1G_2G_3G_4}{1+H_1G_1G_2+H_2G_2G_3}$$



Ⅳ-19 ④

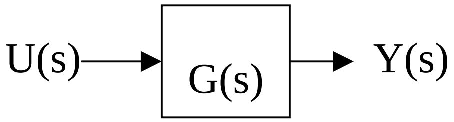


Ⅳ-20 ①

① 位相遅れ補償は高周波域でゲインを
下げるので誤り。

Ⅳ-21 ③

$$G(s)=\frac{10}{s+2},\ v(t)=\sin t$$



$v(t)=\sin t$をラプラス変換すると、

$IV-16$の表から　$V(s)=\dfrac{1}{s^2+1}$

$$\therefore Y(s)=U(s)G(s)=\frac{10}{(s^2+1)(s+2)},$$

これを$\dfrac{As+B}{s^2+1}+\dfrac{C}{s+2}$と変形する

(分子は分母の次数より1つ低い次数までとる)

通分して等しいと置くと、

$$\frac{10}{(s^2+1)(s+2)}=\frac{(A+C)s^2+(2A+B)s+2B+C}{(s^2+1)(s+2)}$$

$\therefore A+C=0,\quad 2A+B=0,\quad 2B+C=10$

$C=-A,\ B=-2A,\ 2B+C=-5A=10$

$\therefore A=-2,\ B=4,\ C=2$

$$\therefore Y(s)=\frac{-2s+4}{s^2+1}+\frac{2}{s+2}$$

ラプラス逆変換して、

$$y(t)=-2\cos t+4\sin t+2e^{-2t}$$

$$y(t)=-2\cos t+4\sin t+2e^{-2t}$$

$$=\sqrt{(-2)^2+4^2}\left(\frac{-2}{\sqrt{20}}\cos t+\frac{4}{\sqrt{20}}\sin t\right)+2e^{-2t}$$

(最後の項は時間とともに消滅する)

定常項$=\sqrt{20}\sin(t+\alpha),\ \ \alpha=\tan^{-1}\left(-\dfrac{1}{2}\right)$

参考　加法定理の応用

$a\cos A+b\sin A$

$$=\sqrt{a^2+b^2}\left(\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}\cos A+\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}\sin A\right)$$

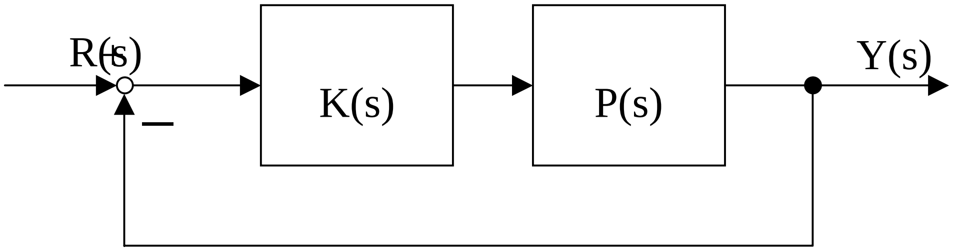
$$=\sqrt{a^2+b^2}(\sin\alpha\cos A+\cos\alpha\sin A)$$

$$=\sqrt{a^2+b^2}\sin(\alpha+A)$$

ただし、$\sin\alpha=\dfrac{a}{\sqrt{a^2+b^2}},\ \cos\alpha=\dfrac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$\tan\alpha=\dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}=\dfrac{a}{b}\rightarrow\alpha=\tan^{-1}\dfrac{a}{b}$と書く。

Ⅳ-22 ③



$$P(s)=\frac{1}{s+1},\ K(s)=\frac{10}{s+10}$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{K(s)P(s)}{1+K(s)P(s)}=\frac{\dfrac{10}{(s+1)(s+10)}}{1+\dfrac{10}{(s+1)(s+10)}}$$

$$=\frac{10}{(s+1)(s+10)+10}=\frac{10}{s^2+11s+20}$$

特性根とは伝達関数の 分母を 0 にする根であるから、

$$s^2+11s+20=0$$

$$\therefore s=\frac{-11\pm\sqrt{11^2-4\times 20}}{2}=\frac{-11\pm\sqrt{41}}{2}$$

Ⅳ-23 ③
Ⅳ-24 ②

Ⅳ-25 ④

ボイルの式から、 $TV^{\gamma-1}=$一定、 $\gamma=c_p/c_v$

$T_1v_1^{k-1}=T_2v_2^{k-1}\rightarrow T_2/T_1=(v_2/v_1)^{1-k}$

Ⅳ-26 ④

$h=N_u\times k/L$から、

$h=4.36\times 0.033/(10\times 10^{-3})=14.388$

N_u :ヌセルト数、 k :熱伝導率、 L :代表長さ

Ⅳ-27 ③

Ⅳ-28 ③

エントロピー変化は、

$$\frac{100\,J}{(273+223)K}-\frac{100\,J}{(273+23)K}=0.200-0.333$$

$$=-0.133\,J/K$$

Ⅳ-29 ②

Ⅳ-30 ②

ベルヌーイの定理により、

$$p_1 + \rho v_1^2 / 2 = p_2 + \rho gh + \rho v_2^2 / 2, v_1 = \frac{Q}{A}, v_2 = \frac{4Q}{A}$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho gh + 3\rho Q^2 / 2A^2$$

Ⅳ-31 ④

ベルヌーイの定理により、

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

いま、高さ $z_1 = z_2,\ v_2 = 0$ として、

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{v_1^2}{2g} \times \rho g$$

$$= \frac{v_1^2 \rho}{2} = \frac{\left(270 \times 10^3 / 3600\right)^2}{2} \times 1.2 = 3375\ Pa$$

Ⅳ-32 ③

必要な動力(W数)は、1秒あたりの運動エネルギーに等しいから、

$$Pt = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \rho Avt \cdot v^2 = \frac{1}{2} \rho Av^3 t$$

$$\therefore P = \frac{1}{2} \rho Av^3 = 0.5 \times 1.2 \times 0.10 \times 10^3$$

$$= 60[W]$$

Ⅳ-33 ①

単位面積あたりに加えるべき力 F は

U : 速度、μ : 粘性率、h : 水膜の厚さ

$$F = \mu \frac{U}{h},$$

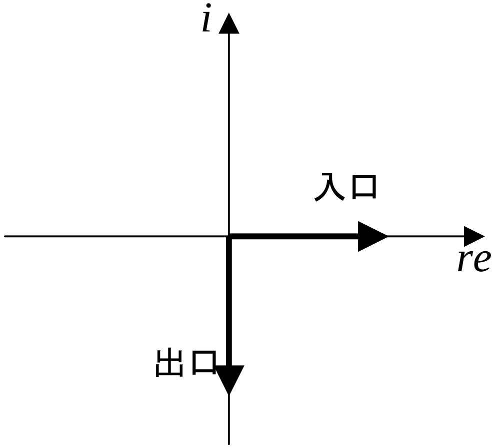
$$\therefore P = FU = \frac{\mu U^2 A}{h}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 0.4^2 \times 0.5^2}{0.5 \times 10^{-3}} = 0.08[W]$$

Ⅳ-34 ⑤

入口から出口までの水の運動量ベクトル $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ の単位時間当たりの変化量が力に等しい $\left\{ \mathbf{F} = m \frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} \right\}$ ことから求める。$\mathbf{v}$ は速度ベクトル。

次図のように複素座標系をとる。(次ページへ)



入口, 出口での運動量 $\mathbf{p}_1$ 、$\mathbf{p}_2$は

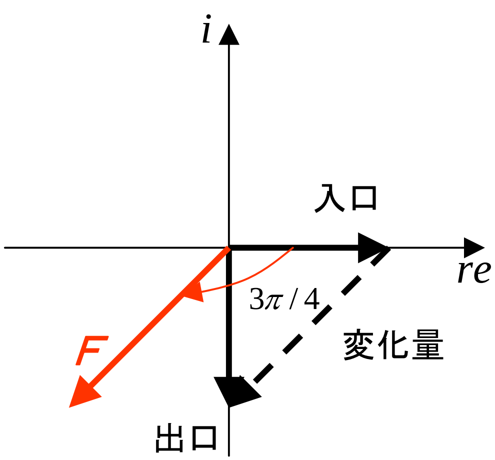
$\mathbf{p}_1 = mU$, $\mathbf{p}_2 = -i\,mU$

変化量は、$\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1 = -imU - mU = mU(-1-i)$

時間を t とすれば、$m = \rho AU\,t$ であるから、

単位時間当たりの運動 量の変化量は、

$\rho\,AU^2(-1-i) = \sqrt{2}\rho\,AU^2 \angle -3\pi/4$



Ⅳ-35 ③

レイノルズの相似法則 により、レイノルズ数 が同じなら流れの場が力 学的に相似になる。

$R = \dfrac{\rho\,l\,U}{\mu} \rightarrow l$ が$1/2$ならばUを2倍にすれば等価。

すなわち、 $U_1 = \dfrac{36 \times 10^3}{60 \times 60} = 10, U_2 = 2U_1 = 20m/s$

U : 流速、l : 代表長さ、ρ : 密度、μ : 粘性率