

摂南大学大学院理工学研究科博士前期課程

(生産開発工学専攻)

2023年度一般入学試験(第3回)試験問題

<p><機械工学系> 機械工学-1</p>	<p>問題番号</p>	<p>3</p>	<p>受験番号</p>	
---------------------------------	-------------	----------	-------------	--

ガスタービンに代表される熱サイクルであるブレイトンサイクルは、圧縮機動作によりサイクル内の気体は初期状態の圧力 p_1 から p_2 まで加圧される。このとき、初期状態と加圧後の圧力の比 p_2/p_1 を圧力比 γ と呼ぶ。

ブレイトンサイクルは、断熱圧縮(状態1→状態2)、等圧加熱(状態2→状態3)、断熱膨張(状態3→状態4)、等圧冷却(状態4→状態1)を経過し、等圧加熱過程の入熱量 Q_{23} と等圧冷却過程の除熱量 Q_{41} の差が、一連のサイクル動作で取り出すことができる正味の仕事 W となる。そして、サイクルへの入熱量 Q_{23} に対するサイクルの正味の仕事 W の割合が、サイクルの熱効率 η である。

(1)

ブレイトンサイクルの p - v 線図を示せ。

(2)

ブレイトンサイクルの理論熱効率 η を圧力比 γ で表す式を導出せよ。

なお、理論熱効率を導出するにあたり、

等圧過程によって状態Aから状態Bに変化するときの気体への入熱量 Q_{AB} は、
気体の質量 m 、等圧比熱 c_p 、温度 T をつかって

$$Q_{AB} = mc_p(T_B - T_A)$$

とあらわすことができること

断熱過程によって状態Cから状態Dに変化するときの気体の温度 T の変化は、
気体の圧力 p 、比熱比 κ をつかって

$$T_C / T_D = (p_C / p_D)^{(\kappa-1)/\kappa}$$

とあらわすことができることに参考にせよ。

摂南大学大学院理工学研究科博士前期課程

(生産開発工学専攻)

2023年度一般入学試験(第3回)試験問題

<p><機械工学系> 機械工学-2</p>	<p>問題番号</p>	<p>4</p>	<p>受験番号</p>	
---------------------------------	-------------	----------	-------------	--

【問】次の文章は強制渦について概説したものである。(a)から(e)の括弧に入る適切な式もしくは記号を記せ。

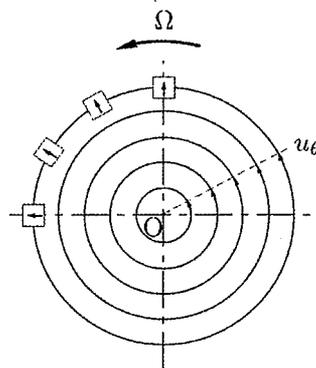
右図のように、円周方向の速度 u_θ が半径 r に比例するとき、これを強制渦という。比例定数を Ω とすれば速度場 u_θ は

$$u_\theta = \Omega r \quad (1-1)$$

と書けるので、

$$\frac{du_\theta}{dr} = [\text{(a)}] = \text{一定} \quad (1-2)$$

である。強制渦の場合、流体は剛体と同じように一体となって中心 O のまわりを回転しており、流体粒子もまた角速度 Ω で回転する。



本問題の場合、半径方向の速度 u_r はゼロであり、 u_θ は周方向 θ に依存しないので、極座標表示した定常流れにおける非圧縮・粘性流体のナビエ・ストークス方程式(注釈参照)より、

$$\frac{dp}{dr} = [\text{(b)}] \quad \text{※ここでは、} u_\theta \text{は展開せずそのまま残しておくこと} \quad (1-3)$$

となる。ベルヌーイの式は同じ流線上で成立するので、全圧を p_0 とすれば、ベルヌーイの式はある同心円の流線上で

$$[\text{(c)}] + p = p_0 \quad \text{※} u_\theta \text{は展開せずそのまま残しておくこと} \quad (1-4)$$

である。一般に、全圧 p_0 は異なった流線上では異なる値をとることから、式(1-4)を r で微分して得られる式に式(1-3)を代入すれば次式を得る。

$$\frac{dp_0}{dr} = [\text{(d)}] \quad \text{※} u_\theta \text{は展開せずそのまま残しておくこと} \quad (1-5)$$

式(1-1)の速度分布を式(1-5)に代入したものを r で積分し、境界条件($r=0$ で $p_0=0$)を用いれば全圧 p_0 が求まる。この全圧 p_0 を式(1-4)に代入し式(1-1)の速度分布を用いれば、強制渦の圧力分布

$$p = [\text{(e)}] \quad (1-6)$$

が求められる。強制渦の一例として、水で満たしたグラスを回転させたときに生じる渦が挙げられる。なお、式(1-6)を $p = \rho g z$ に代入すれば、強制渦によって上昇する水面の高さ z が得られる(ただし、 g は重力加速度である)。

(注) 極座標表示による定常な非圧縮・粘性流体のナビエ・ストークス方程式の半径方向成分：

$$u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{u_\theta^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left(\nabla^2 u_r - \frac{u_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} \right)$$

ただし、 ρ は流体の密度、 ν は動粘性係数であり、 $\nabla^2 \equiv \partial^2/\partial r^2 + (1/r)\partial/\partial r + (1/r^2)\partial^2/\partial \theta^2$ である。

【解答欄】

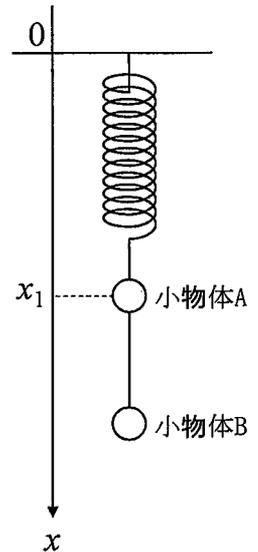
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

摂南大学大学院理工学研究科博士前期課程
(生産開発工学専攻)

2023年度一般入学試験(第3回)試験問題

(専門関連基礎) 力学	問題番号	7	受験番号	
----------------	------	---	------	--

図のように、自然長 l [m]、バネ定数 k [N/m]の軽いバネに質量 m_1 [kg]の小物体Aを吊るし、小物体Aの下に質量 m_2 [kg]の小物体Bを長さ L [m]の軽い糸で吊り下げた。小物体Bを下方に a [m]だけ引き下げて静かに手を放したところ、糸がたるまない状態で小物体Aと小物体Bは振幅 a [m]で単振動を行なった。これについて以下の問いに答えよ。なお、重力加速度は鉛直下向きに g [m/s²]、糸の小物体への張力を T [N]とする。また、図のように x 軸を定義し、鉛直下向きを正とする。



(1) 図のように小物体Aに小物体Bを吊るし、静止させた。この時、つり合いの位置 x_1 [m]を求めよ。

$$(x_1 = \quad \quad \quad)$$

(2) 小物体Aと小物体Bを単振動させた時、任意の時刻 t [s]における小物体Aの任意の位置を x [m]として、小物体Aと小物体Bの運動方程式を示せ。

小物体A : _____, 小物体B : _____

(3) 単振動している小物体Aと小物体Bの角振動数 ω [rad/s]を求めよ。

$$(\omega = \quad \quad \quad)$$

(4) 単振動している小物体Aの任意の時刻 t [s]における位置 $x(t)$ を求めよ。なお、つり合いの位置 x_1 、角振動数 ω を用いて良い。(初期条件： $t=0$ の時 $x = x_1 + a$, $\frac{dx}{dt} = 0$ である)

$$(x(t) = \quad \quad \quad)$$

(5) 単振動している糸の張力 $T(t)$ を求めよ。なお、角振動数 ω を用いて良い。

$$(T(t) = \quad \quad \quad)$$

(6) 糸がたるまないで単振動する振幅 a の条件を導出せよ。

(導出過程を記入)

摂南大学大学院理工学研究科博士前期課程

(生産開発工学専攻)

2023年度一般入学試験(第3回)試験問題

(専門関連基礎) 数学	問題番号	8	受験番号	
----------------	------	---	------	--

I 関数 $f(x) = \sqrt{\frac{e^x - 1}{e^x + 1}}$ ($x > 0$) の導関数を求めよ。(15点)

II ベクトル $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ を3次元実ベクトル空間 \mathbb{R}^3 の正規直交基底として

$$\mathbf{a} = \mathbf{e}_1 + 2\mathbf{e}_2 + \mathbf{e}_3, \quad \mathbf{b} = 4\mathbf{e}_1 - 4\mathbf{e}_2 + 7\mathbf{e}_3$$

とする。次の問に答えよ。(25点)

(1) \mathbf{a} を \mathbf{b} に平行なベクトル \mathbf{a}_{\parallel} と \mathbf{b} に直交するベクトル \mathbf{a}_{\perp} に分解するとき、 \mathbf{a}_{\parallel} と \mathbf{a}_{\perp} を求めよ。

(2) \mathbb{R}^3 の原点を O とし、 $\overrightarrow{OA} = \mathbf{a}$, $\overrightarrow{OB} = \mathbf{b}$ となる点を A, B とする。 $\triangle OAB$ の面積を求めよ。

III 行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 3 \end{pmatrix}$ について、次の間に答えよ。(25点)

- (1) 逆行列 A^{-1} を求めよ。 (2) A の固有値と固有ベクトルを求めよ。

IV 次の定積分の値を求めよ。(35点)

(1) $\int_1^2 \frac{dx}{x^2 + x}$ (2) $\int_{\pi/4}^{\pi/3} \frac{dx}{\sin^2 x}$ (3) $\int_0^{\sqrt{3}} \log(1 + x^2) dx$

摂南大学大学院理工学研究科博士前期課程

(生産開発工学専攻)

2023年度一般入学試験(第3回)試験問題

(専門関連基礎) 電気工学基礎	問題番号	9	受験番号	
--------------------	------	---	------	--

[1] 図1の回路 ($R = 20\sqrt{3} [\Omega]$, $C = \frac{500}{3\pi} [\mu\text{F}]$) の端子間に周波数 $50 [\text{Hz}]$ の電圧 $\dot{V} = 120\angle 0^\circ [\text{V}]$ が加えられているとき, つぎの問いに答えよ. ただし, 答えに平方根もしくは分数が含まれる場合は小数に直す必要はない. 数式を書いて求めることが望ましい. 単位も書くこと.

(1) 端子間のインピーダンス $\dot{Z} [\Omega]$ を求めよ.

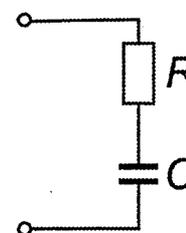


図1

(2) 流れる電流 $\dot{I} [\text{A}]$ のフェーザ表示を求めよ.

(3) 力率 ($\cos \theta$), 有効電力 $P [\text{W}]$ の値をそれぞれ求めよ.

[2] 電荷量 $Q_1 = -1 [\mu\text{C}]$ と $Q_2 = 3 [\mu\text{C}]$ の点電荷の位置ベクトルをそれぞれ $\mathbf{r}_1 = (3, 2)$ および $\mathbf{r}_2 = (1, -1)$ とする. ここで座標の単位は $[\text{m}]$, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 [\text{m/F}]$ である. 円周率 π や $\sqrt{\quad}$ はそのまま使用してもよい.

(1) 点 P の位置ベクトルが $\mathbf{r}_P = (1, 2)$ であるとき, 点電荷 Q_1 および点電荷 Q_2 が点 P に作る電界ベクトル \mathbf{E}_1 および \mathbf{E}_2 をそれぞれ求めよ.

(2) 点電荷 Q_1 および Q_2 が点 P に作る合成電界ベクトル \mathbf{E} を計算せよ.

(3) 点 P に電荷量 $q = 2 [\mu\text{C}]$ の点電荷を置いた. この点電荷に働く力のベクトル \mathbf{F} を求めよ.