

令和4年10月入学／令和5年4月入学（第1期）

地域創生科学研究科修士課程

入学試験問題

工農総合科学専攻・機械知能工学プログラム

「専門科目」

材料力学・機械材料学	2 ページ
熱と流れ	3 ページ
機械力学と制御	4 ページ
メカトロニクス	5 ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 機械知能工学プログラムでは、専門科目2科目を課します。
2. この問題冊子の4科目の中から2科目を選び解答してください。
3. 答えは試験問題ごとに1枚の解答用紙を用い、それぞれに受験番号、試験科目名を記入してください。一つの科目の解答は必ず1枚の解答用紙に収まるように記述してください。
4. 試験終了後は、解答用紙及び下書き用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。

令和4年10月入学/令和5年4月入学

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 材料力学・機械材料学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
-------------------	--

(A) 上端を固定した直径 4.00 mm, 長さ 10.0 m の線材に質量が 1.00 t のおもりを吊した. 線材に生じる垂直応力と伸びを求めよ. ただし, 線材のヤング率 (縦弾性係数) を 206 GPa, 重力加速度を  $9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  とする. また, 自重ならびに降伏を考慮しない.

(B) 図1に示すように, 長さ  $l$  のはりの右端 B が固定支点で支えられており, はりに集中荷重  $W$  と三角形形状の分布荷重  $w(x)$  が働いている. はりの左端 A からの距離を  $x$  とし, はりの断面に生じるせん断力  $F$  と曲げモーメント  $M$  を求めよ.

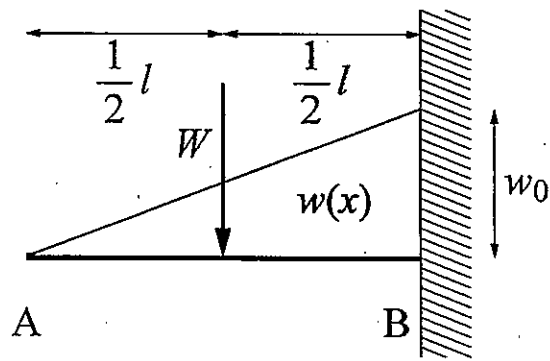


図1

令和4年10月入学/令和5年4月入学

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 熱と流れ	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
-------------	--

図のような管路に水が流れている。管路各断面での面積は $S$ 、平均流速は $V$ 、圧力は $p$ で、断面1から5の各断面は添え字で示す( $S_1$ は断面1での面積)。水の密度は $\rho$ 、重力加速度は $g$ で、圧力損失はないものとして以下の問いに答えよ。

- (1)  $S_1 = S_2$ の時、 $p_2$ を $p_1$ で示せ。
- (2)  $p_3$ を $S_1, S_3, V_1, p_1, \rho$ で示せ。
- (3) 断面4は、断面3から $y$ 軸方向に $h$ 離れた位置にあり、 $S_4 = S_3$ である。 $p_4$ を $\rho, g, h, p_3$ で示せ。
- (4) 断面1~2と断面4~5の間での圧力損失の大小について説明せよ。ただし、断面間の距離 $l$ は同じで、 $S_1 = S_2 > S_4 = S_5$ である。
- (5) 断面4では、図(b)に示す矢印のような主流方向とは異なる流れが観察される。これを何と呼ぶか答えよ。

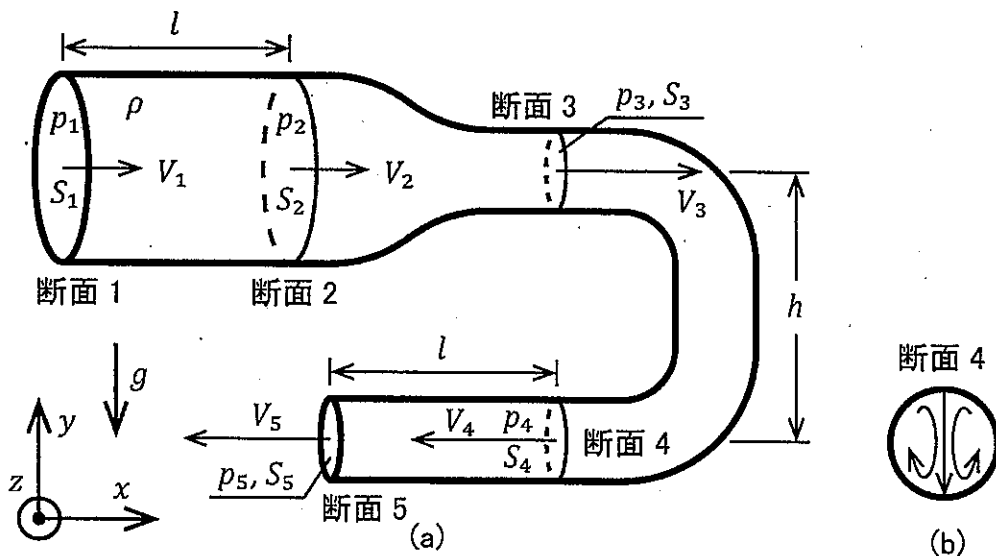


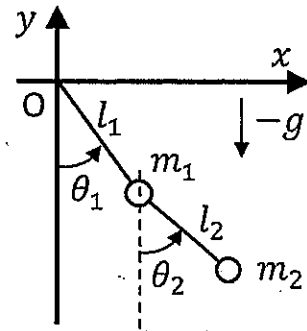
図 管路の(a)概略図と(b)断面図

令和4年10月入学／令和5年4月入学

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 機械力学と制御	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
----------------	--

右図のように、長さ $l_1$ の質量を無視できる軽い棒の上端を支持し、下端に質量 $m_1$ の重りをつけ、さらにその下端に質量 $m_2$ の重りがついた長さ $l_2$ の質量を無視できる軽い棒が連結された2自由度系を考える。重力加速度を $g$ とし、一般化座標を $\theta_1, \theta_2$ としたとき、以下の問いに答えよ。



- (1) 質量 $m_1$ の重りの直交座標を $\mathbf{p}_1 = (x_1, y_1)$ 、質量 $m_2$ の重りの直交座標を $\mathbf{p}_2 = (x_2, y_2)$ とする。 $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2$ を一般化座標を用いて表せ。
- (2) 質量 $m_1$ の重りと質量 $m_2$ の重りの運動エネルギーをそれぞれ $T_1, T_2$ とする。 $T_1, T_2$ を一般化座標を用いて表せ。
- (3) 質量 $m_1$ の重りと質量 $m_2$ の重りの重力による位置エネルギーをそれぞれ $U_1, U_2$ とする。 $U_1, U_2$ を一般化座標を用いて表せ。ただし、重力による位置エネルギーは、 $x$ 軸を基準とする。
- (4) ラグランジアン $L$ を $T_1, T_2, U_1, U_2$ を用いて表せ。
- (5) 次のオイラー・ラグランジュ方程式を、 $\theta_1$ と $\theta_2$ に関する2階常微分方程式として表せ。

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_1} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_1} = 0$$

ただし、 $\dot{\theta}_1 = \frac{d\theta_1}{dt}$ とする。

- (6) 次のオイラー・ラグランジュ方程式を、 $\theta_1$ と $\theta_2$ に関する2階常微分方程式として表せ。

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_2} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_2} = 0$$

ただし、 $\dot{\theta}_2 = \frac{d\theta_2}{dt}$ とする。

令和4年10月入学/令和5年4月入学

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 メカトロニクス	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
----------------	--

上部が開放されたステンレス製の貯水槽の底にひずみゲージを配置して、流入する水(密度  $\rho = 1000[\text{kg}/\text{m}^3]$ )の水位  $h[\text{m}]$  を測定する(図1(a))。貯水槽に水が流入することで、その底部の圧力  $P[\text{kPa}]$  が増加し、それに伴ってひずみゲージの抵抗  $R_g = R_0 + \Delta R_g[\Omega]$  も増大する。抵抗  $R_0$  は、底部の圧力  $P = 0[\text{kPa}]$  のときのひずみゲージの抵抗である( $\Delta R_g = 0[\Omega]$ ,  $R_g = R_0[\Omega]$ )。底部の圧力  $P = 500[\text{kPa}]$  のときの  $\Delta R_g$  は  $500/9.8[\Omega]$  ( $R_g = R_0 + 500/9.8[\Omega]$ ) である(図1(b))。この抵抗の変化を、図2の回路を用いることで電圧出力  $V_{out}[\text{V}]$  に変換し、 $h[\text{m}]$  を計測、記録することを試みた。次の問いに答えよ。

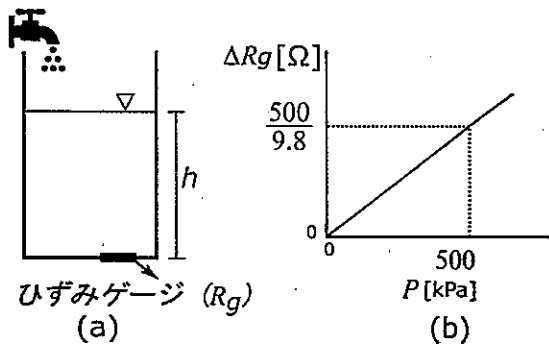


図1 水位測定システム

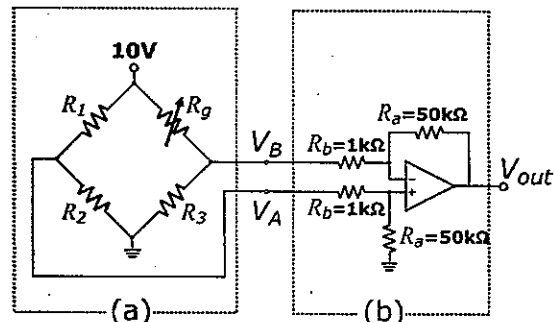


図2 システムの回路

- 問1 図2(a)の回路について、 $R_1 = R_2 = R_3 = R_g$  のときの本図(b)の回路への入力電圧  $V_{in} = V_A - V_B[\text{V}]$  を求めよ。また、 $R_g$  の増加に伴う  $V_{in}$  の増減について説明せよ。
- 問2 図2(b)の回路の使用目的と使用理由を説明せよ。
- 問3 貯水槽内の水の高さ  $h = 8[\text{m}]$  のときの出力電圧  $V_{out}[\text{V}]$  を求めよ。なお、 $h = 0[\text{m}]$  のときの各抵抗値は  $R_1 = R_2 = R_3 = R_0 = 496[\Omega]$ ,  $\Delta R_g = 0[\Omega]$ , 出力電圧  $V_{out} = V_{in}(R_a/R_b)$ , 重力加速度  $g = 9.8[\text{m}/\text{s}^2]$  である。
- 問4 パーソナルコンピュータに計測された水位を記録したい。その方法を具体的に提案し、説明せよ。



令和5年4月入学（第2期）  
地域創生科学研究科博士前期課程  
入学試験問題

工農総合科学専攻機械知能工学プログラム  
「専門科目」

材料力学・機械材料学	2ページ
熱と流れ	3ページ
機械力学と制御	4ページ
メカトロニクス	5ページ

試験開始前に以下をよく読んでください。

【注意事項】

1. 機械知能工学プログラムでは、専門科目2科目を課します。
2. この問題冊子の4科目の中から2科目を選び解答してください。
3. 答えは試験問題ごとに1枚の解答用紙を用い、それぞれに受験番号、試験科目名を記入してください。一つの科目の解答は必ず1枚の解答用紙に収まるように記述してください。
4. 試験終了後は、解答用紙及び下書き用紙を全て回収します。試験問題は持ち帰ってください。



科目名 材料力学・機械材料学	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
-------------------	--

複合材料は、母相(マトリックス)の種類からプラスチック基、金属基、セラミックス基などに分類できる。また、強化相の形状から、大きく2つに分類される。これらの複合材料に関する次の問いに答えよ。

(1) 複合材料を強化相の形状から分類するとき、2つの種類を述べよ。また、それぞれの種類について典型的な母相と強化相の組合せの例を挙げよ。

(2) 図は、直方体状の白色マトリックスをグレーの相で強化した2種類の複合材料の模式図である。母相と強化相の体積割合(体積率)をそれぞれ  $V_m$  および  $V_f$ 、ヤング率(縦弾性係数)を  $E_m$  および  $E_f$  とする。このとき、母相/強化相界面は十分な強度を有しているとして、①②の条件で複合材料のヤング率  $E_{comp}$  を表す式を導け。

- ① (a)の複合材料に対し  $z$  軸方向に荷重を負荷するときのヤング率  $E_{comp}$  を表す式を導け。
- ② (b)の複合材料に対し  $y$  軸方向に荷重を負荷するときのヤング率  $E_{comp}$  を表す式を導け。

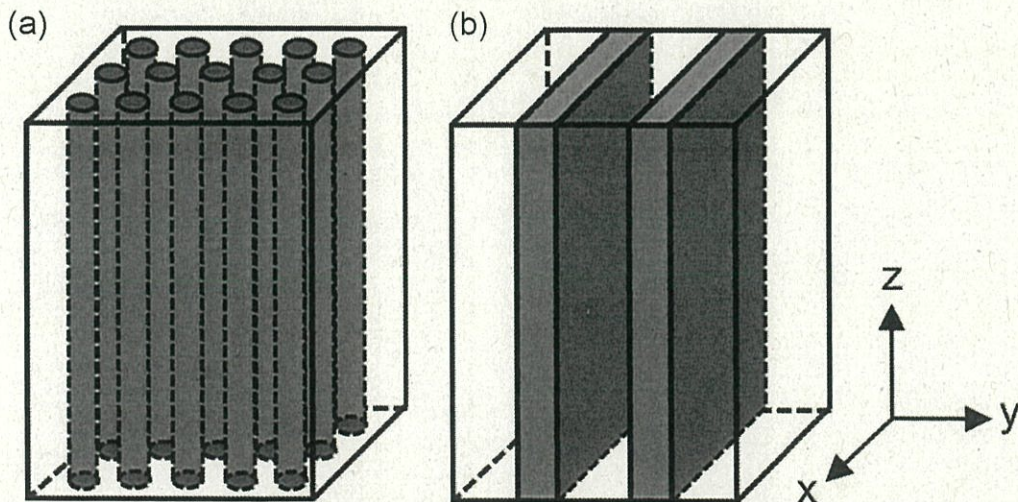


図 グレー相で強化された2種類の直方体状複合材料



令和5年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 熱と流れ	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
-------------	--

次の（1）～（5）の各問に答えよ。

- 熱の仕事当量について説明せよ。
- ある物質が圧力 $p$ の下で体積 $V$ であったとする。圧力 $p$ を変化させたときの体積 $V$ を調べ、図1の $p-V$ 線図を得た。体積 $V$ のときの曲線の傾きが $dp/dV$ であったとき、体積弾性係数 $K$ はどのように表せられるか答えよ。
- 図2の管路の断面1から密度 $\rho$ の流体を流入させ、断面2から流出する様子を観察した。断面の面積は $S$ 、断面平均流速は $w$ 、圧力は $p$ で、添え字は断面の番号を示す。この流れが定常非圧縮性非粘性流れであったとき、 $p_2$ を $\rho$ 、 $p_1$ 、 $w_1$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ を用いて示せ。
- 問（3）の流体を非圧縮性であるが粘性のあるニュートン流体に変更したところ流れの様子が変わった。 $w_2$ を図2中の $w_2$ 以外の量記号を使って示せ。
- 問（3）のときの $p_1 - p_2$ を $\Delta p_3$ とする。また問（4）のときの $p_1 - p_2$ を $\Delta p_4$ とする。 $\Delta p_4$ が、 $\Delta p_3$ と比較してどのように変化するか予想せよ。

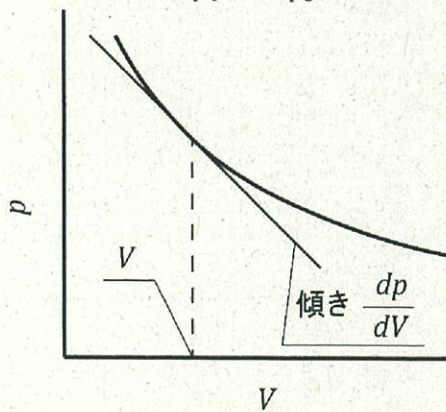


図1  $p-V$ 線図

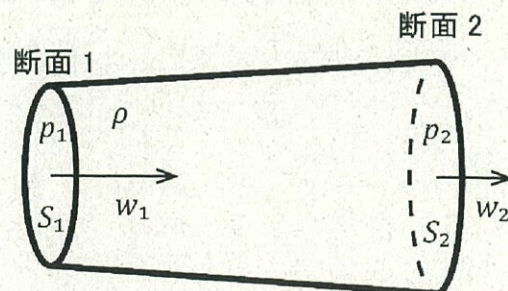


図2 管路

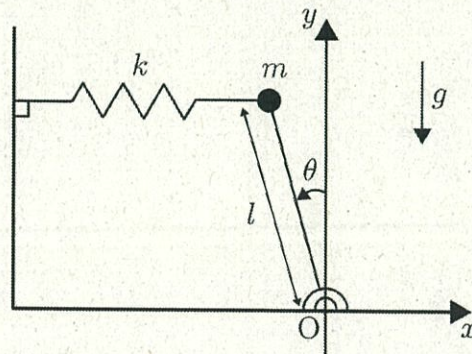


令和5年4月入学(第2期)

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 機械力学と制御	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
----------------	--

質量 $m$ のおもりが取り付けられた、長さ $l$ の質量を無視できる剛性棒からなる振子を考える。この振子が下図のように、床面の点 $O$ で支持され回転できるようになっている。また、おもりは質量を無視できるばねで壁に垂直に連結されている。振子の振れ角 $\theta$ を一般化座標とする。ばねは $\theta = 0$ のとき自然長であるとする。空気抵抗と摩擦は無視できるものとし、重力加速度の大きさを $g$ 、ばね定数は $k$ とする。振子が微小振動するとして、以下の問いに答えよ。



- (1) おもりの位置を $(x_i, y_i)$ とするとき、一般化座標 $\theta$ を用いて $x_i, y_i$ を表せ。
- (2) おもりの運動エネルギー $T$ を一般化座標 $\theta$ を用いて表せ。
- (3) おもりの重力によるポテンシャルエネルギー $U_1$ を求めよ。ただし、重力によるポテンシャルエネルギーは床面を基準面とする。
- (4) ばねの弾性力によるポテンシャルエネルギー $U_2$ を一般化座標 $\theta$ を用いて表せ。
- (5) (2) で求めた運動エネルギーと (3), (4) で求めたポテンシャルエネルギーを用いて、ラグランジアン $L$ を求めよ。
- (6) (5) で求めたラグランジアンに対するオイラー・ラグランジュ方程式から、 $\theta$ に関する2階常微分方程式を求めよ。
- (7) (6) で求めた $\theta$ に関する2階常微分方程式の一般解を求め、三角関数で表せ。



令和5年4月入学（第2期）

地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

科目名 メカトロニクス	専攻・学位プログラム名 工農総合科学専攻 機械知能工学プログラム
----------------	--

熱電対を貯水槽に入れ、水温を測定して一定の範囲に保つ制御システムを構築した(図1)。水槽内部に設置した熱電対の電圧は、 $V_{in} = K(T - 20)[V]$ で表される。ただし、 $K$ は $1/16000 [V/^\circ C]$ 、 $T$ は水温 $[^\circ C]$ である。回路A~Cは加熱器をON/OFFする2進コードに $V_{in}$ を変換するために使用される。回路Aは $V_{in}$ を800倍増幅して $V_{out}[V]$ を出力し、回路Bは、 $V_{out}$ 入力電圧に対して、出力が3bitの2進コードにA/D変換する役割を果たす。回路CはA/D

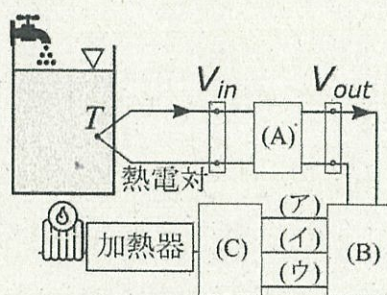


図1 水温制御システム

出力を使用して、加熱器をON (=1) にするかOFF (=0) にするかを決定する。以上を踏まえて、次の問いに答えよ。

問1 水温 ( $T$ ) が $80[^\circ C]$ の時の電圧 $V_{out}$ を求めよ。

問2 回路Bの動作を図2に示した。A/Dの出力が可能な全ての温度範囲を求めよ。回答は解答用紙に次の表を転記して記入すること。

ア	イ	ウ	水温 $[^\circ C]$
1	1	1	~
1	1	0	~
1	0	1	~
1	0	0	~
0	1	1	~
0	1	0	~
0	0	1	~
0	0	0	~

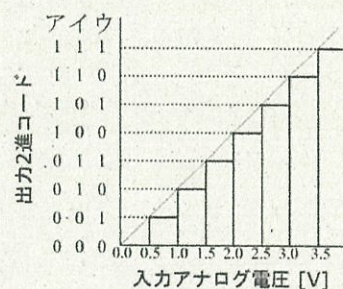


図2 アナログ-デジタル変換 (A/D) 回路