

令和6年10月入学/令和7年4月入学（第1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. 答案は試験問題ごとに 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6年10月入学／令和7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
-------------------	--

- (1) 断面積が一樣でまっすぐな長さ 1000 mm の棒があり、棒の両端につながれた2本の金属線 A, B で天井から吊されて水平を保っている。金属線 A, B の断面積をそれぞれ 0.100 mm^2 , 0.500 mm^2 とする。この棒の金属線 A がつながった左端から 750 mm の距離に質量 60.0 kg のおもりを糸で吊した。金属線 A, B に生じる垂直応力を有効数字3桁で求めた上で、金属線の破断応力を 1000 MPa とした場合に金属線 A, B のどちらが破断するか答えよ。重力加速度を 9.81 m s^{-2} 、金属線 A, B の縦弾性係数（ヤング率）を 200 GPa とする。棒、金属線、糸の質量は無視できるものとする。棒はたわまないものとし、金属線に生じるひずみは十分に小さいため棒は水平を保つものとする。
- (2) 長さ l の真直ばりの左端 P が回転支点、右端 Q が移動支点でそれぞれ支えられている。はりの左端 P からの距離を x として、 $x=l/3$ に集中荷重 W が、さらに、はり全体に一樣な分布荷重 $w(x) = w_0$ が働いている。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。

令和6年10月入学／令和7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
-------------	--

理想気体 m [kg] が図1に示すオットー・サイクルを行う。理想気体の定積比熱 c_v 、比熱比 κ は一定とする。圧力は p_i 、体積は V_i 、温度は T_i で、各添え字 i は状態1から状態4を表すとして以下の問いに答えよ。

- (1) 状態1から状態2までは断熱変化(圧縮)である。状態2のときの圧力 p_2 を、 κ , p_1 , V_1 , V_2 で表せ。
- (2) 状態1の圧力 p_1 は 101 kPa, 体積 V_1 は 200 cc (cc は cm^3) である。図1から圧力 p_2 , 体積 V_2 を読み取るなどして、 $(V_1/V_2)^\kappa$ を計算せよ。
- (3) 状態2から状態3までは等容変化(定積変化)である。この間に加えられた熱量 Q を、 m , c_v , T_2 , T_3 を用いて表せ。
- (4) 状態3から状態4までは断熱変化(膨張)である。状態3から状態4までに、外部にする絶対仕事 W を、 m , c_v , T_3 , T_4 を用いて表せ。
- (5) 状態4から状態1までは等容変化である。このサイクルの熱効率 η を、 V_1 , V_2 , κ を用いて表せ。

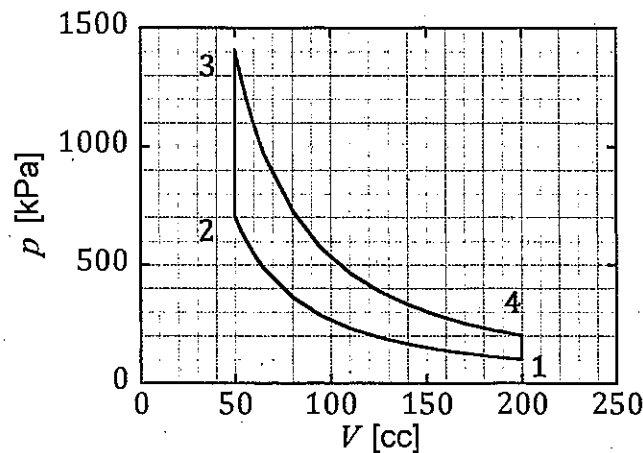


図1 オットー・サイクルの p - V 線図

令和6年10月入学／令和7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
----------------	--

問1 入力信号 $u(t)$ と出力信号 $x(t)$ との間に、 $t \geq 0$ で、次式の常微分方程式が成り立つシステムを考える。

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = -9\frac{dx(t)}{dt} - 14x(t) + u(t)$$

ただし、 $x(0) = 0$ 、 $\frac{dx(0)}{dt} = 0$ とする。以下の問いに答えよ。

(1) $U(s)$ と $X(s)$ を、それぞれ、 $u(t)$ と $x(t)$ のラプラス変換とすると、伝達関数 $G(s) = \frac{X(s)}{U(s)}$ を求めよ。ここで、 $X(s)$ と $x(t)$ との関係式は次式で表される。

$$X(s) = \int_0^{\infty} e^{-st}x(t) dt$$

(2) $u(t) = 0$ であるとき、システムの安定性を調べよ。

(3) 単位ステップ信号を入力したときの定常応答 $x(\infty)$ を求めよ。

問2 図1に示す直接フィードバック制御系を考える。ただし、図1中の K は制御器のゲインを表し、 $G(s)$ は、問1(1)で得られた伝達関数を表す。

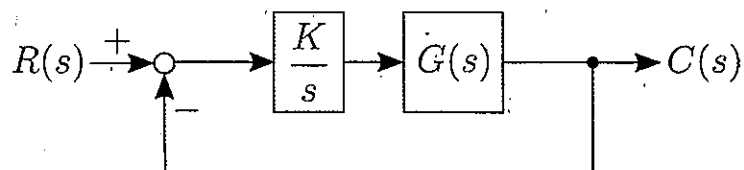


図1 直接フィードバック制御系

以下の問いに答えよ。

(1) 一巡伝達関数を求めよ。

(2) 閉ループ伝達関数を求めよ。

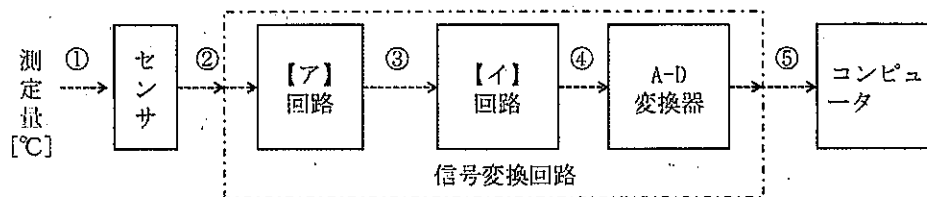
(3) フィードバック制御系が安定となる K の範囲を求めよ。

令和6年10月入学／令和7年4月入学

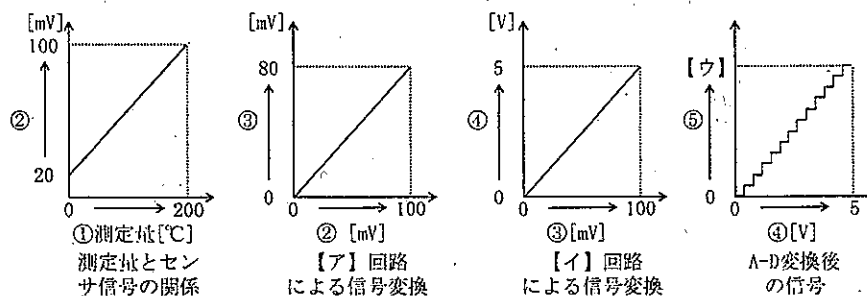
地域創生科学研究科博士前期課程入学試験問題

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
----------------	--

問1 図1の【ア】と【イ】に入る適した単語を答えよ。また、図1において、8ビットのA-D変換器を用いて変換する際、【ウ】に入る適当な整数を答えよ。



(a) アナログ信号をデジタル信号へ変換するブロック線図



(b) アナログ信号をデジタル信号へ変換する際の各信号の変化

図1 信号変換の一連の過程

問2 図2に示す回路はオペアンプを用いた増幅回路である。ただし、入力電圧を V_i 、出力電圧を V_o 、抵抗を R_1 、 R_2 とする。このオペアンプが理想的に動作するとき、電圧増幅度 A_s 、($V_o = A_s \cdot V_i$)を R_1 、 R_2 を用いて答えよ。

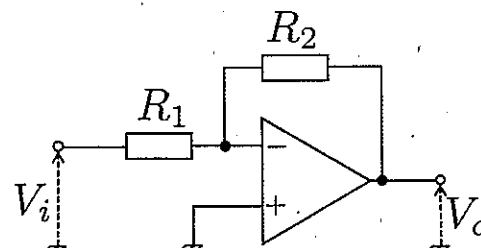


図2 増幅回路

令和7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. 答案は試験問題ごとに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 7 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 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
-------------------	--

問 1 単結晶におけるせん断応力に関する次の文を読んで空欄に当てはまる適切な用語・文字式を答えよ。

図 1 のような断面積 A の円柱状単結晶に引張力 F を加えると、変形は特定のすべり面で起こる。いま引張軸とすべり面の法線とのなす角を ϕ 、すべり方向とのなす角を λ とすれば、すべり面の面積は $\boxed{A}$ 、すべり方向へ働く力は $\boxed{B}$ となるから、外力 F のすべり方向へ分解したせん断応力は

$$\tau = \frac{\boxed{B}}{\boxed{A}} = \sigma \cdot \boxed{C}$$

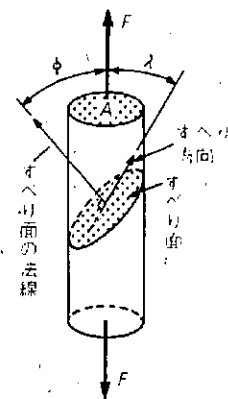
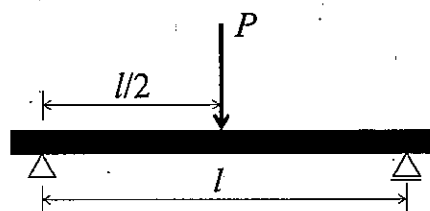


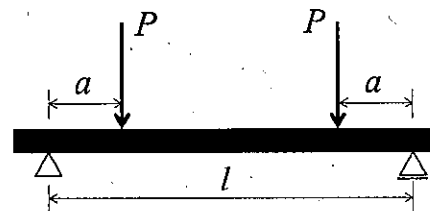
図 1 単結晶の引張変形

となる (引張応力 $\sigma = F/A$)。外力が増加して τ がある臨界の値以上になると、すべり面で変形が起こるが、このときの τ の値を $\boxed{D}$ と呼ぶ。外力 F は $\boxed{E}$ に依存して様々に変化するが、実際に変形に寄与する応力は τ で評価され、一般に金属結晶では一定温度および一定ひずみ速度下の変形では、 $\boxed{D}$ は $\boxed{E}$ に関係なく一定の値を示す。これが $\boxed{F}$ の法則であり、 $\boxed{C}$ を $\boxed{F}$ 因子という。

問 2 図 2 の 2 種類の曲げ試験における曲げモーメント図とせん断力図を示せ。また、図 2 に示す曲げ試験結果から応力-ひずみ線図を得るために必要なのは (a), (b) どちらの方式か答えよ。



(a) 3 点曲げ方式



(b) 4 点曲げ方式

図 2 曲げ試験

令和7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
-------------	--

問1 理想気体の定積モル比熱 C_v が $C_v = \frac{3}{2}R$ (R は気体定数) で与えられているとする。マイヤーの関係が成立するとして、定圧モル比熱 C_p を求めよ。さらに、このときの比熱比 γ を求めよ。

問2 図1に示すように、水平に置かれた直径 d の円管内を平均流速 v で流体が層流状態で太矢印の向きに流れているとする。ここで、距離 l だけ離れた位置①と位置②の圧力をそれぞれ p_1, p_2 ($p_1 > p_2$) とし、流体の密度を ρ 、粘性係数を μ 、重力の加速度を g とする。このとき次の(1)～(4)に答えよ。

- (1) ①と②の間の損失ヘッド h を p_1, p_2, ρ, g を用いて表せ。
- (2) 損失ヘッドはダルシー-ワイスバッハの式として $h = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}$ の形式で表されることが多い。このときの係数 λ の和名を述べよ。
- (3) ハーゲン-ポアズイユの式より平均流速 v は $v = \frac{d^2}{32\mu} \frac{p_1 - p_2}{l}$ と表せる。これより $\lambda = \alpha \frac{\mu}{\rho v d}$ (α は係数) と表すことができる。この係数 α を求めよ。
- (4) $\frac{\rho v d}{\mu}$ は無次元数となる。この無次元数の名称を述べよ。

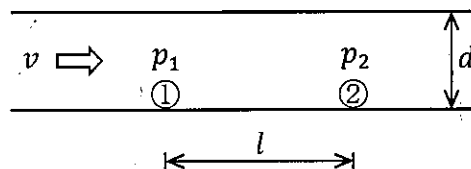


図1 円管内層流

令和7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
----------------	--

図1のように、質量 m_1, m_2 の台車がばねとダッシュポットで接続されている。質量 m_1 の台車は、ばね定数 k_1 のばね、粘性係数 c_1 のダッシュポットで左側の壁に接続されている。質量 m_2 の台車は、ばね定数 k_2 のばね、粘性係数 c_2 のダッシュポットで右側の壁に接続されている。さらに、質量 m_1 の台車と質量 m_2 の台車の間は、ばね定数 k_3 のばねで接続されている。また、床と車輪の間の摩擦は無視できるものとする。質量 m_1, m_2 の台車の静止平衡位置からの変位をそれぞれ x_1, x_2 とすると、以下の問いに答えよ。

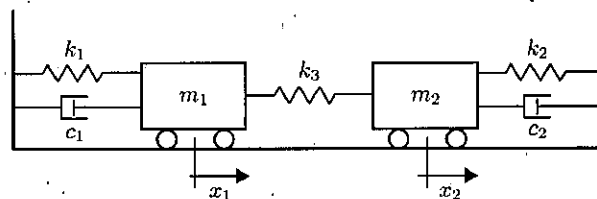


図1: 力学モデル

- (1) 質量 m_1 の台車の運動エネルギー T_1 と、質量 m_2 の台車の運動エネルギー T_2 を求めよ。
- (2) ばね定数 k_1 のばねのポテンシャルエネルギー U_1 、ばね定数 k_2 のばねのポテンシャルエネルギー U_2 、ばね定数 k_3 のばねのポテンシャルエネルギー U_3 を求めよ。
- (3) 粘性係数 c_1 のダッシュポットの散逸関数 D_1 と、粘性係数 c_2 のダッシュポットの散逸関数 D_2 を求めよ。
- (4) ラグランジアン L を求めよ。
- (5) オイラー・ラグランジュ方程式から、 x_1 に関する微分方程式と、 x_2 に関する微分方程式を求めよ。

令和7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
----------------	--

図1にベルトコンベアのモデルを示す。このモデルでは、駆動用モータにピッチ円半径 $R_1 = 50[\text{mm}]$ の歯車を取り付け、ピッチ円半径 $R_2 = 100[\text{mm}]$ の歯車を介し、コンベアに動力を伝達する。図2は、モータへの印加電圧 $[\text{V}]$ と回転数 $[\text{rpm}]$ の関係を示したものである。

問1 モータの回転数 $\omega_1[\text{rad/s}]$ と、ピッチ円半径 R_2 の歯車を介した後の回転数 $\omega_2[\text{rad/s}]$ の関係を示せ。

問2 ベルトコンベアの進行速度 $v[\text{m/s}]$ を $1[\text{m/s}]$ としたとき、必要なモータへの印加電圧 $[\text{V}]$ を求めよ。

問3 問2で設定した進行速度 $v[\text{m/s}]$ を、ロータリーエンコーダによって高精度で検出したい。エンコーダは1秒間に1000パルスを出力する。このときの、1回転あたりのエンコーダの出力パルス数を求めよ。

問4 回転数を減速させる際、減速機のサイズはコンパクトであることが求められる。コンパクトな減速機の例を1つ挙げて、その動作原理を述べよ。

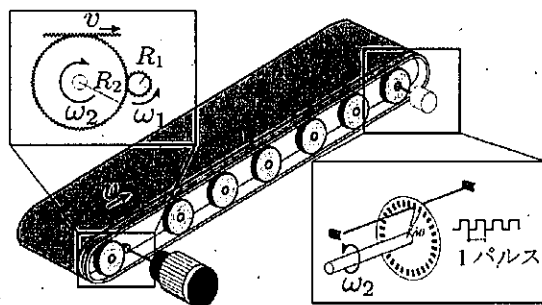


図1 ベルトコンベアのモデル

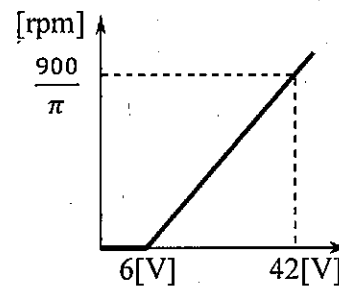


図2 モータへの印加電圧 $[\text{V}]$ と回転数 $[\text{rpm}]$ の関係