

令和5年10月入学／令和6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5年10月入学／令和6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) 十分な剛性を有する2つの十分大きな壁が向かい合って設置されており、その間隔は1000.0 mmに固定されている。気温が $-10.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ のときに壁の間に直径20.00 mm、長さ999.8 mmの中実丸棒を壁面と垂直に配置した。気温が $40.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ に達したときに中実丸棒に生じる応力を有効数字4桁で求めよ。また、その応力が引張応力か圧縮応力かを答えよ。さらに、中実丸棒の降伏応力が300.0 MPaの場合、気温の上昇により降伏するかどうか答えよ。ただし、中実丸棒のヤング率（縦弾性係数）を200.0 GPa、線膨張係数を $2.000 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ とする。

- (B) 長さ l の真直ばりの左端 A が回転支点、右端 B が移動支点でそれぞれ支えられている。左端 A からの距離を x として、はりに分布荷重 $w(x)$,

$$w(x) = \frac{w_0}{l^2} \left(x - \frac{l}{2} \right)^2$$

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5年10月入学／令和6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
-------------	--

文中の(ア)から(コ)に当てはまる適切な語句や記号、値などを示せ。

理想流体において、定常な流れで以下のベルヌーイの式が成り立つ。ただし、 ρ [kg/m³]を流体の密度、 V [m/s]を断面平均流速、 p [Pa]を圧力、 g [m/s²]を重力加速度、 z [m]を基準位置からの高さ、 C を定数とする。

$$\frac{p}{\rho g} + (\text{ア}) + (\text{イ}) = C \quad \dots(1)$$

この式の各項の単位は(ウ)である。この場合(1)式の第1項 $p/(\rho g)$ を(エ)と呼ぶ。

ベルヌーイの式は(オ)の保存を表している。工業上使用される管内の流れでは、流体の粘性を考慮しなければならない。一例として直径 d [m]の円管に断面平均流速 V [m/s]で流れる水について考える(図1を参照)。A、Bの位置での(エ)を測定したところ、 Δh の差があった。この距離 L [m]の間での Δh は以下のダルシー・ワイスバッハの式で表される。

$$\Delta h = \lambda \times \frac{(\text{カ})}{(\text{キ})} \times (\text{ア}) \quad \dots(2)$$

ここで λ は(ク)である。 Δh は(オ)の損失であり、工業上好ましくない。損失を低減させる工夫として円管の直径を(ケ)し、管路内の平均速度を(コ)する方法がある。

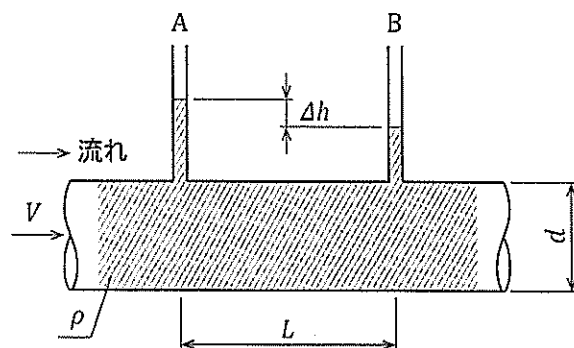


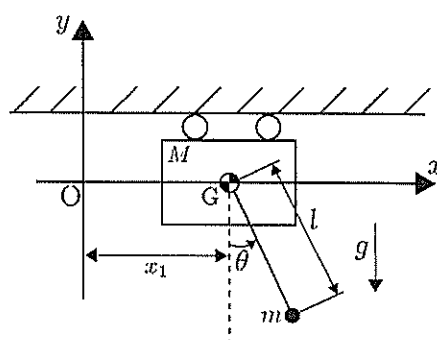
図1 円管内の流れ

令和5年10月入学／令和6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
----------------	--

図のように、天井に設置された水平で直線状のレールを質量 M の台車が走行している。台車の重心 G に長さ l の軽く質量を無視できる棒が取り付けられており、棒の先端には質量 m のおもりが吊り下げられている。また、台車の車輪とレールの間の摩擦は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g 、台車の重心 G を $(x_1, 0)$ 、おもりの位置を (x_2, y_2) 、棒の鉛直下向きからの角度を θ とする。 x_1 と θ を一般化座標とするとき、以下の問いに答えよ。



- (1) 台車の運動エネルギー T_M を x_1 を用いて表せ。
- (2) x_2, y_2 を一般化座標を用いて表せ。
- (3) おもりの速度 $\mathbf{v}_m = (\dot{x}_2, \dot{y}_2)$ 及び \mathbf{v}_m の大きさの2乗 $|\mathbf{v}_m|^2$ を一般化座標を用いて表せ。
- (4) おもりの運動エネルギー T_m を一般化座標を用いて表せ。
- (5) おもりの位置エネルギー U 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。
- (6) ラグランジアン L を一般化座標を用いて表せ。
- (7) x_1 についてのオイラー・ラグランジュ方程式を x_1 と θ に関する2階常微分方程式として表せ。
- (8) θ についてのオイラー・ラグランジュ方程式を x_1 と θ に関する2階常微分方程式として表せ。

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

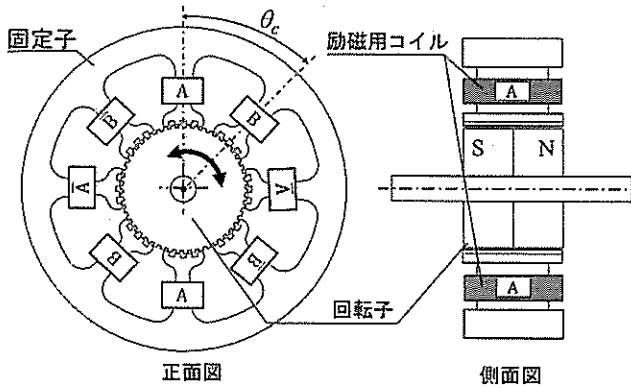


図1

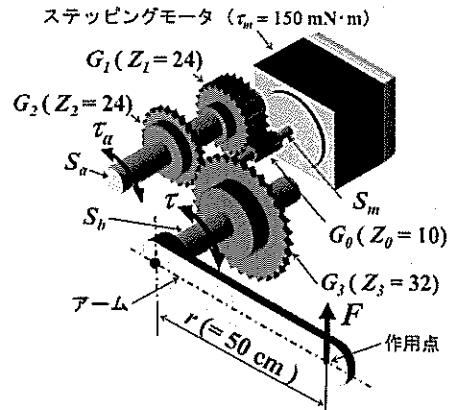


図2

(1) 図1にステッピングモータの内部構造の概略を示した。次の文章の①には数値を記入し、②-⑤の空欄には語群の単語を選択して埋めよ。

固定子磁極は回転方向に対して $AB\bar{A}\bar{B}$ の順に $\theta_c = \text{①}$ ° ずつずれた位置にあり、A相励磁コイルAと \bar{A} 、B相励磁コイルBと \bar{B} は、各電流が②になるように巻かれている。回転子はNとS極で歯のピッチが1/2ずれているため、A相B相の共通端子に1パルスが入力電流が加わって各相で逆転した磁極が発生すると、その磁極に合わせて③は1ステップ角(③の歯幅1/2)だけ回転する。この入力電流の④と⑤で回転角度と回転数を制御できる。

語群：正方向，回転子，逆方向，パルス数，固定子，周波数，励磁コイル

(2) モータ (トルク $\tau_m = 150 \text{ mN}\cdot\text{m}$) にギア列を装着して、アームのトルクを向上させる。そこで、4つのギア (歯数 $Z_0 = 10, Z_1 = Z_2 = 24, Z_3 = 32$, 全ギア間の伝達効率 $\eta = 90\%$) を介して、アーム (軸から作用点までの長さ $r = 50 \text{ cm}$) を駆動する機構を考案した (図2)。このときのアームのトルク τ [$\text{mN}\cdot\text{m}$]と作用点の出力 F [N]を計算過程が分かるように導出せよ。なお、ギア G_0 と G_1 のギア比 $i_1 = Z_1/Z_0$ 、シャフト S_a のトルク $\tau_a = \tau_m \cdot i_1 \cdot \eta$ で計算できる。

令和6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6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
-------------------	--

材料の強化方法に関する次の文章を読んで問いに答えよ。

材料の主な強化方法には、1) 加工硬化（強化）、2) 強化、3) 強化、4) 結晶粒微細化、5) 複合強化などがある。加工硬化は変形により密度を高め、の運動を阻害することによる。材料に溶質原子がすると、弾性的なひずみが生じる。この結晶格子のひずみによりの運動が困難になり、変形抵抗が増す。これが強化である。強化は2段階の熱処理からなる時効処理による。第1の熱処理はであり、単相状態の温度まで加熱後、溶解度曲線以下の温度へ急冷する。これにより、平衡固溶限以上の溶質原子が母相にしたが形成される。第2の熱処理は時効処理であり、より低い温度でから微細な物をさせる。この物がの運動の障害となり、材料が強化される。結晶粒微細化は運動の障害となるを増やすことを意味する。はに堆積し多数のが動けなくなる結果、変形抵抗が増加し強化される。複合強化は、マトリックス（母材）の中に他の分散材（強化材）を分散することによるものである。複合材料は強化相のから、強化複合材料と粒子強化複合材料に大別される。

(1) 上の文章の～に当てはまる適切な用語を答えよ。

(2) 複合材料の特性は一般的ににより予測できる。に入る法則の名称を答えよ。また、母相と強化相の体積率をそれぞれ V_m および V_f 、特性を P_m および P_f とするとき、並列および直列で構成される複合材料の特性 P_{comp} を表す式を示せ。

令和6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 レイノルズ数 Re の定義式を示せ。ここで、流れ場の代表長さ（基準となる寸法）を l [m]、流れの代表速度を u [m/s]、流体の密度を ρ [kg/m³] および流体の粘性係数を μ [Pa·s] とする。

問2 空気中で代表長さが実物の 1/2 の自動車の模型実験を行いたい。レイノルズの相似則に従うとすると、模型では実車に比べて風速を何倍にすればよいか。ただし、空気の密度と粘性係数は実車と模型とで同一とする。

問3 理想気体 n [mol] が圧力 p_1 [Pa]、体積 V_1 [m³]、温度 T_1 [K] の状態から定圧膨張（等圧変化）して、圧力 p_2 [Pa]、体積 V_2 [m³]、温度 T_2 [K] の状態になるときエントロピーの増加分 ΔS_p [J/K] を求めよ。ただし、定圧比熱を C_p [J/(mol·K)] とする。

令和6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
----------------	--

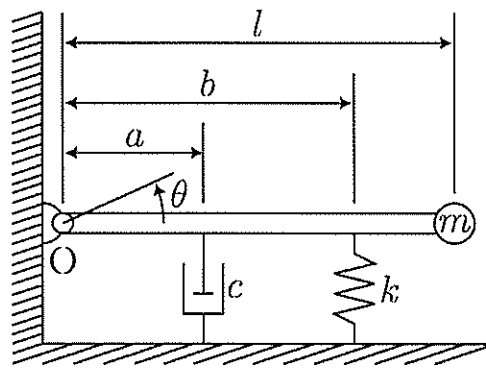


図1 力学モデル

図1のように、長さ l で質量の無視できる剛体棒の一端 O をピン支持し、他端に質量 m の重りを取り付け、棒の途中をばね定数 k のばねと減衰係数 c のダッシュポットで支持する。ただし、減衰係数 c の大きさは十分小さいものとし、ダッシュポット以外のすべてのエネルギー損失は無視できる。さらに、重力加速度の大きさは無視でき、剛体棒はつり合いの位置において水平であるとする。このとき、棒の回転角 θ が微小である場合の運動を考える。以下の問いに答えよ。

- (1) 支点 O 周りの慣性モーメント I_0 を求めよ。
- (2) ばねの復元力によるモーメントの大きさ T_1 を求めよ。
- (3) 回転角速度に比例してはたらく減衰力によるモーメントの大きさ T_2 を求めよ。
- (4) 棒の回転角 θ に関する運動方程式を導け。
- (5) 固有角振動数 ω_n を求めよ。
- (6) 減衰比 ζ を求めよ。

令和6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 農工総合科学専攻 機械知能工学プログラム
----------------	--

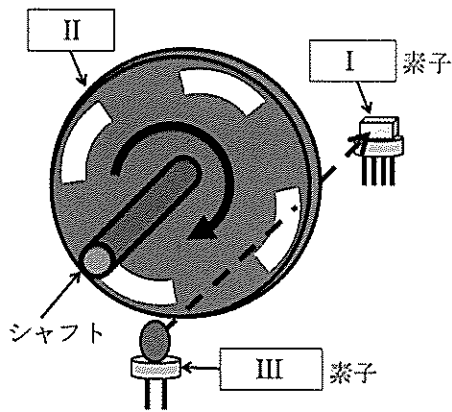


図1

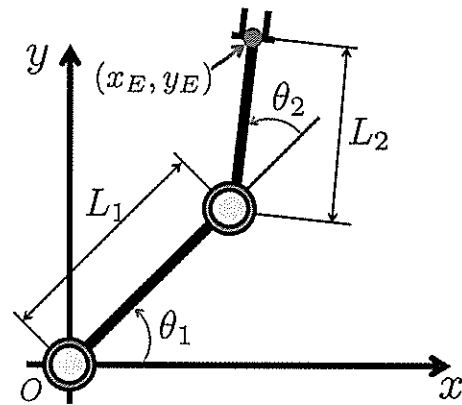


図2

問1 光学式インクリメンタル型エンコーダについて下記の問いに答えよ。

(1)以下の文は、ロータリーエンコーダの原理を説明したものである。図1を参考にしながら、I-IIIの空欄に語群の単語を選択して埋めよ。

インクリメンタル型のロータリーエンコーダは、回転運動をデジタル信号に変換するものである。エンコーダは、素子、, 素子からなる。が回転すると、がある部分では素子を介してパルスが発生する。そのパルス数をカウントすることで、回転角を測定する。

語群：アクティブ、発光、受動、受光、増幅回路、スリット、回転子

(2)ロータリーエンコーダが1回転あたり500パルスが発生するとき、その分解能を求めよ。

問2 図2に示すマニピュレータについて、座標原点 $O(0,0)$ からみたエンドエフェクタの位置 (x_E, y_E) をマニピュレータの関節角度 (θ_1, θ_2) を用いて表せ。なお、計算過程がわかるように導出せよ。