

令和3年10月入学／令和4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3年10月入学／令和4年4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

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

図1に示すように、長さ l のはりの左端 A が回転支点で、右端 B が移動支点で、それぞれ支えられており、はりに台形状の分布荷重が働いている。ただし、 $w_a < w_b$ である。はりの左端 A からの距離を x として、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。

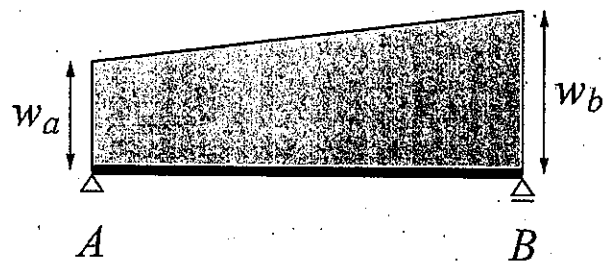


図1

令和3年10月入学/令和4年4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

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1のように上下二枚の平行平板間（間隔 h ）を、粘性係数 μ の粘性流体が満たしている。下の平板は固定されており、速度はゼロである。一方、上の平板は速度 U で動いている。下の平板から垂直方向を y 、流れの方向を x とする。平板からの距離 y における x 方向の流速を u とする。 u が以下の式で与えられるとき、(1)から(4)の問いに答えよ。

$$u = \frac{1}{2\mu} \left(\frac{dp}{dx} \right) y^2 + \left\{ \frac{U}{h} - \frac{1}{2\mu} \left(\frac{dp}{dx} \right) h \right\} y$$

(1) 以下の無次元パラメータを使って、与式を表せ。

$$y^* = \frac{y}{h}, \quad u^* = \frac{u}{U}, \quad P = -\frac{h^2}{2\mu U} \left(\frac{dp}{dx} \right)$$

(2) $P = 0$ のときの u^* の式を導出し、横軸を無次元速度 u^* 、縦軸を無次元距離 y^* として速度分布を示せ。またこの流れは何と呼ばれるか答えよ。

(3) 平板に作用するせん断応力 τ が以下の式で表せたとする。粘性係数 μ が一定となる流体を何と呼ぶか。

$$\tau = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)$$

(4) 粘性係数 μ の単位をSI単位で示せ。

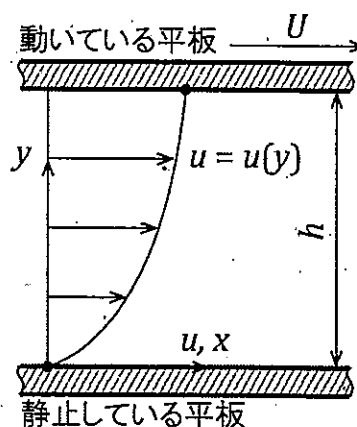


図1

令和3年10月入学／令和4年4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

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 図1の制御系において、入力信号 $x(t)$ として単位インパルス信号 $\delta(t)$ を入力したとき、制御対象の時間応答が $y(t) = 2e^{-2t}$ だった。このとき、制御系の伝達関数 $G_p(s)$ を求めよ。ここで、図1における $X(s)$ と $Y(s)$ は、それぞれ、入力信号 $x(t)$ と出力信号 $y(t)$ のラプラス変換を表し、全ての初期値は零とする。

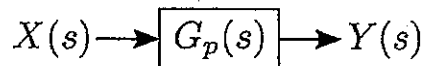


図1

問2 図2のフィードバック制御系を考える。計算過程とともに以下の問いに答えよ。

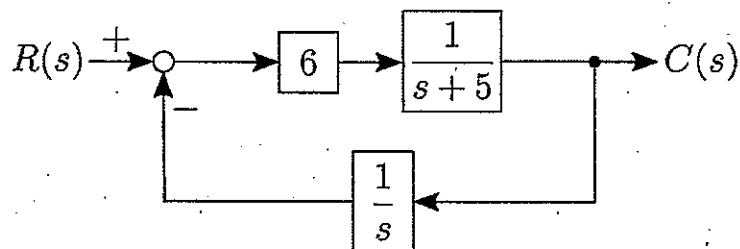


図2

- (1) 閉ループ伝達関数 $G(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ を求めよ。
- (2) 閉ループ系の極と零点を求めよ。
- (3) 閉ループ系の固有角周波数と減衰係数を求めよ。
- (4) この系に生じるインディシャル応答を以下から選び、理由とともに答えよ。
・過制動 ・臨界制動 ・不足制動
- (5) インディシャル応答 $c(t)$ を求めよ。

令和3年10月入学／令和4年4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

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は超音波センサ回路を一部模式的に表現したものである。パルス波形を端子Aに入力することで、その入力時間だけパルス発信器の周波数で超音波センサ(発信器)から音波が出力され、物体に反射する音波を超音波センサ(受信器)で受信し、音波が戻って来るまでの時間から物体までの距離を計測できる。以下の問いに答えよ。

- (1) 端子Aに1パルス信号が入力された際の(a)～(f)の信号の変化(波形)の概形図を書け。横軸は時間、縦軸は電圧とし、受信波形(d')は図中の通りとする。時間遅れを無視しても良いこととする。
- (2) 破線で囲まれた(ア)～(ウ)の回路の名称とその役割を簡単に答えよ。
- (3) 超音波センサの受信感度を高めたい。その調整方法を答えよ。

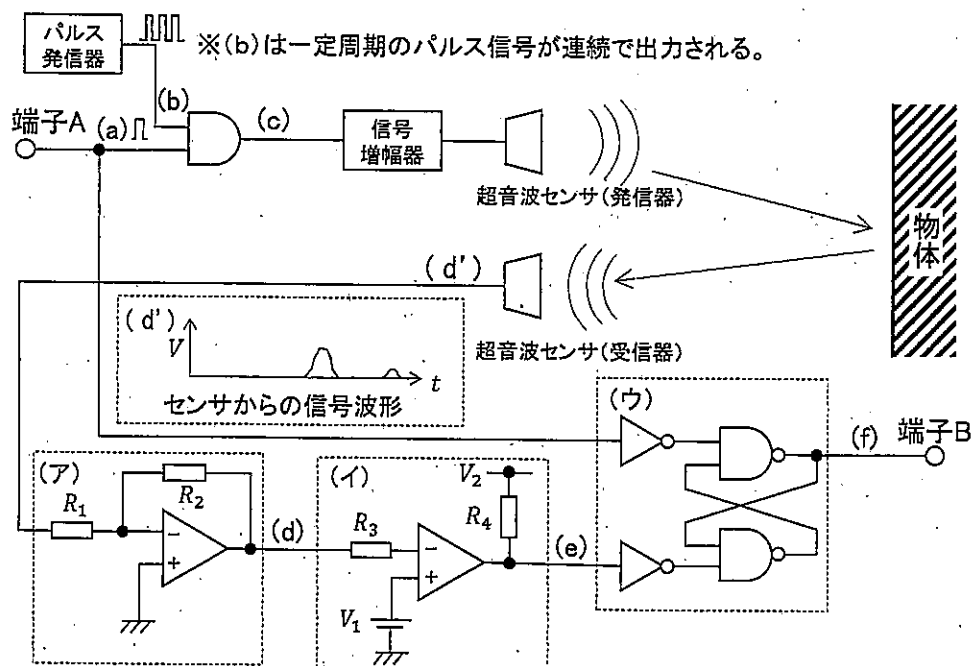


図1 超音波センサの回路図 (一部模式的に表現)

令和4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4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
-------------------	--

右図は、Fe-C 合金の平衡状態図の一部を拡大したものである。この図を用いて次の問いに答えよ。

- (1) 図のように、Fe-0.77%C 合金を 1000°C から冷却すると、相 2 → 相 1 + 相 3 の相変態（相変化）が起こることが分かる。これは固相から別の 2 種類の固相への変態であるから、ア変態という。アに入る適切な用語を答えよ。

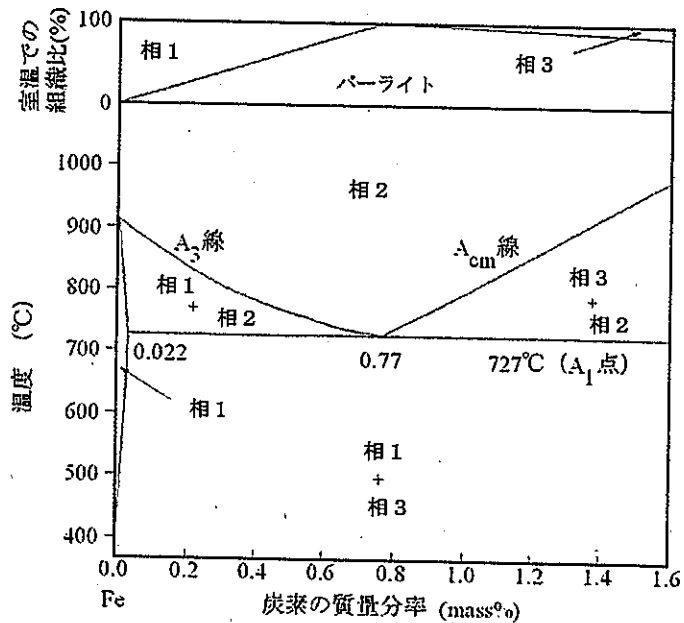


図 Fe-C 合金の平衡状態図（一部を拡大）

- (2) 相 1, 相 2 および 相 3 は, Fe-C 合金に現れる主要な相である。それぞれの相の名前を答えよ。
- (3) 過ア鋼を 1000°C から室温まで徐冷したときの組織変化を C 濃度の変化を含めて説明せよ。
- (4) 図において、Fe-0.2%C 合金を 800°C に保持したときに現れる 2 つの相の割合を、図から読み取った C 濃度（質量分率）を用いて、てこの法則により計算せよ。

令和4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
-------------	--

図のような水平な縮小流路において水が流れている。以下の問いに答えよ。
なお、水の密度は ρ [kg/m³]、粘性の影響は無視できるものとする。

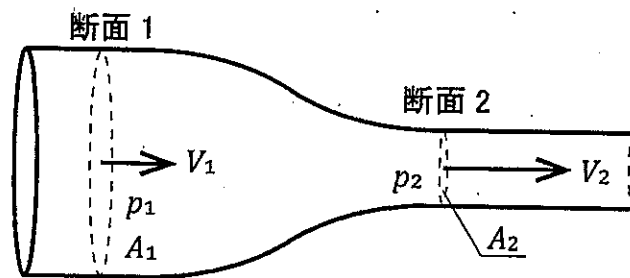


図 縮小流路

- (1) 断面1の断面積を A_1 [m²]、流速を V_1 [m/s]として、流入する質量流量 Q_1 [kg/m³]を求めよ。
- (2) 断面2の断面積を A_2 [m²]として、断面2での流速 V_2 [m/s]を示せ。
- (3) 断面1の圧力を p_1 [Pa]、断面2の圧力を p_2 [Pa]として、断面1と2でのベルヌーイの式を立てよ。
- (4) $A_1 > A_2$ のとき、 $p_2 - p_1$ が負になることを示せ。
- (5) ベルヌーイの式は、オイラーの運動方程式を流線に沿って積分することで得られる。このことから、ベルヌーイの式が成り立つ条件について述べよ。

令和4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 図1に示す，時間波形 $x(t)$ のラプラス変換 $X(s)$ を求めよ。

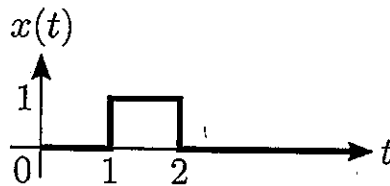


図1

問2 図2のフィードバック制御系を考える。計算過程とともに以下の問いに答えよ。ここで，図2における $R(s)$ ， $C(s)$ と $E(s)$ は，それぞれ，目標値 $r(t)$ ，制御量 $c(t)$ と制御偏差 $e(t)$ のラプラス変換を表す。

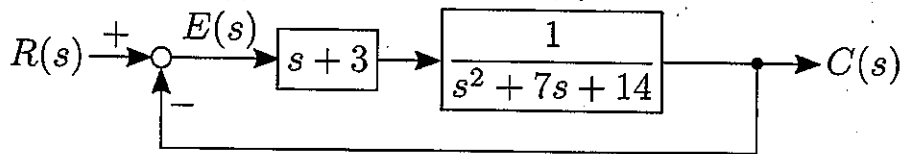


図2

- (1) 閉ループ伝達関数を求めよ。
- (2) 閉ループ系の極，零点，固有角周波数，減衰係数を求めよ。
- (3) インディシャル応答の定常偏差 $e(\infty)$ を求めよ。
- (4) 図1の時間波形 $x(t)$ を目標値としたときの制御量 $c(t)$ を求めよ。

表1 ラプラス変換表 (表中の a は実数、 ω は正の実数を表す)

$f(t)$	$F(s) = \mathcal{L}[f(t)]$	$f(t)$	$F(s) = \mathcal{L}[f(t)]$
$e^{-at}f(t)$	$F(s+a)$	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$f(t-a)$	$e^{-sa}F(s)$	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

令和4年4月入学

地域創生科学研究科修士課程入学試験問題

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

超音波センサユニットを用いて超音波距離計を完成させたい。図1は、その入出力系回路を一部模式的に表現したものである。センサユニット発信器から超音波が発信され、物体に当たって反射して戻って来るまでの時間をパルス発信器(A)からのパルスをカウントすることで計測し、この時間から距離を測定する。カウンタ回路にリセット入力が入るとカウント値が0になって初期化され、パルス入力が行われるとカウントが行われ距離の計測が可能になる。センサユニットは、「スタート信号入力(C)」に所定のパルス信号を受けると超音波を発信し、反射した超音波が受信された時刻に「反射時間出力(D)」を出力する。スタート信号発信器(B)からは1パルスの信号が出力される。以下の問いに答えよ。

- (1) 超音波距離計を設計せよ。図1の信号タイムチャートになるように、端子A～Gを配線せよ。解答欄には端子の接続を全て記すること。
- (2) 図1の論理回路(ア)に当てはまる論理演算回路を次の語群から選択せよ。
[語群] 排他的論理和(XOR) 論理積(AND) 論理和(OR) 否定論理和(NAND)
- (3) 図1の超音波距離計をコンピュータに接続し、距離データを記録したい。その方法を論じよ。コンピュータには汎用の入出力端子を有するものとする。

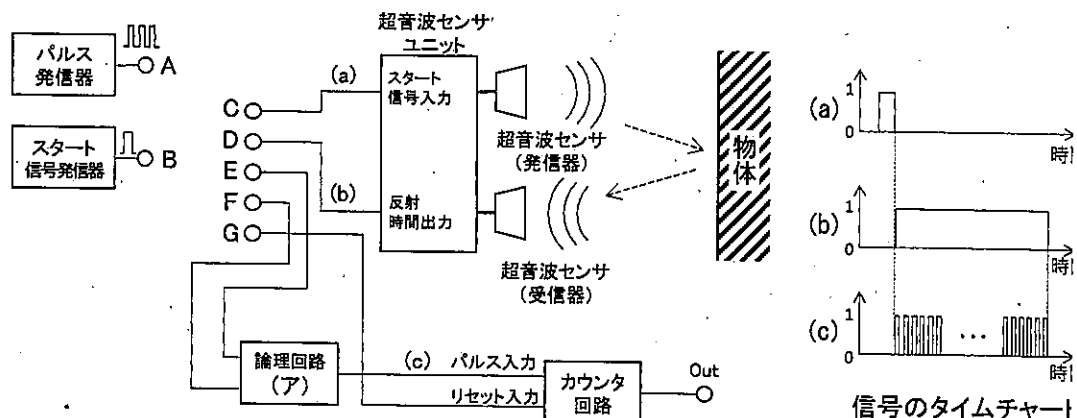


図1 超音波距離計の論理回路とタイムチャート

令和4年4月入学（第2次）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」

科目名 材料力学・機械材料学，機械力学と制御
試験時間 9：30～11：00（2科目に対して）

【注意事項】

1. 監督者の指示に従ってください。時間は、監督者の時計で計ります。
2. 概ね9:30～10:15に一つ目の科目、10:15～11:00に二つ目の科目の試験問題を表示します。
3. 開始の合図後、解答用紙の上部に、科目名、受験番号、記してください。解答用紙が複数ページの場合は、すべてのページに記入してください。匿名性を確保するため、氏名は書かないてください。
4. 文字は濃く大きく書いてください。
5. 解答中は、カメラとマイクを常時ONにしてください。
6. 不正がないことを確認するため解答の様子を録画します。
7. 教科書・参考資料等は、カバン、机の中などにしまってください。
8. 通信遮断など、不測の事態の場合、電話連絡することがありますので電話はカメラに映る位置に置いてください。
9. 試験中パソコンに触らないでください。Zoom以外のアプリは停止してください。

科目名 材料力学・機械材料学

問題

純金属のほとんどは、bcc、fccおよびhcpのいずれかの結晶構造を持つ。これらの結晶構造に関する次の問いに答えよ。

(1) bcc、fccおよびhcpは、それぞれ日本語では「○○○○格子」と呼ばれる。3種類の構造の○に入る適当な漢字4文字を答え、またそれぞれの結晶構造を持つ金属を1つ挙げよ。

(2) 立方晶系では、 (hkl) 面と $[hkl]$ 方向は垂直である。このことを次の①～③の手順で示せ。

- ① 立方晶の稜（正方形面の辺）の長さを a とすれば、図のように (hkl) 面は x 軸、 y 軸および z 軸と各指数の逆数に対応する点A, BおよびCで交わる。このとき、点A, BおよびCの座標をそれぞれ示す。
- ② (hkl) 面上のベクトル $\overrightarrow{AB}$ および $\overrightarrow{BC}$ と $[hkl]$ 方向のベクトル $\overrightarrow{OP}$ との内積を計算する。
- ③ 内積から、ベクトルのなす角が計算できるので、その結果から「 (hkl) 面と $[hkl]$ 方向は垂直である」ことを示す。

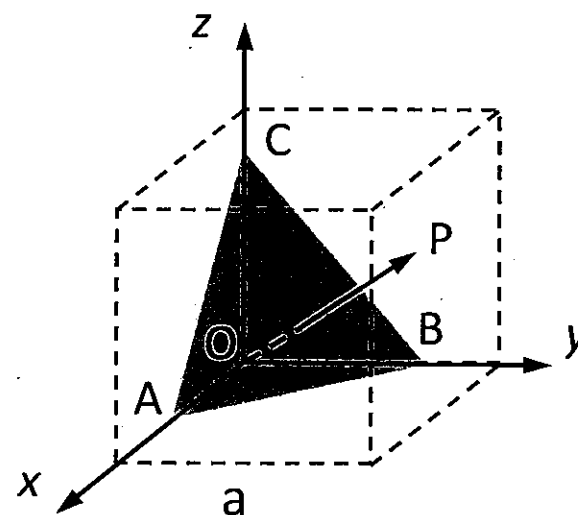


図 立方晶における (hkl) 面

科目名 機械力学と制御

問題

図1に示すように、長さ l のリンクの先端に質量 m の分銅が取り付けられた単振子を、質量 M の台車に乗せ、外力 f を台車の x 軸方向に作用させる倒立振子を考える。台車の重心の水平位置 x と振り子の角度 θ を一般化座標とすると、以下の問いに答えよ。ただし、リンクの重量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g 、床面から台車の重心までの高さを G 、台車の重心から振子の支点までの高さを S とする。

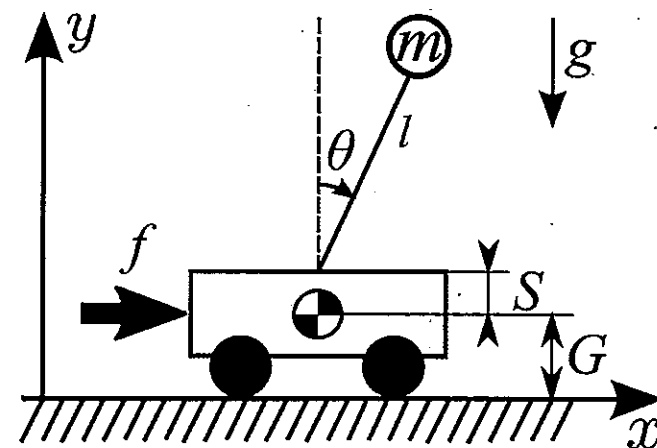


図1

1. 台車の重心の直交座標 $p_M = (x_M, y_M)$ と、分銅の直交座標 $p_m = (x_m, y_m)$ を一般化座標を用いて表わせ。
2. 台車と分銅の速度 $\dot{p}_M, \dot{p}_m$ を一般化座標を用いて表わせ。
3. 台車と分銅の運動エネルギー T_M, T_m を一般化座標を用いて表わせ。
4. 台車と分銅のポテンシャルエネルギー U_M, U_m を一般化座標を用いて表わせ。ただし、ポテンシャルエネルギーは床面を基準とする。
5. ラグランジアン L を求めよ。
6. ラグランジュ方程式より、 x と θ に対する運動方程式を求めよ。