

2023年9月・2024年4月入学試験

大学院創造理工学研究科修士課程

総合機械工学専攻

専門科目表紙（選択科目）

- ◎問題用紙が 7 ページあることを試験開始直後に確認してください。
- ◎解答用紙が 7 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認してください。
- ◎選択科目届け出用紙に受験番号と氏名を記載して、解答用紙とともに提出してください。
- ◎解答用紙に解答を記入する際は選択科目届け出用紙に記載された指示に従ってください。

注意事項（Notice for Examinees）

解答方法（How to Answer）

- (1) 解答は解答用紙のおもて面に記入すること。裏面の記入は採点対象としない。
(Examinees should write the answers to the front(printed) side of the sheets. The answers on the reverse side of the sheets are not graded.)
- (2) 関数計算が使用できる電卓は使用して良い。ただし、プログラム機能のある電卓は使用できない。
(Examinees can use a scientific electronic calculator, but cannot use pre-programmable calculator.)

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

科目名： 熱と流れの工学問題番号

2

電動の圧縮機 (compressor) によって空気を圧縮して内容積 10 m^3 の蓄圧タンクに貯蔵し、所望の使用時に膨張機 (expander) によって発電する圧縮空気電力貯蔵システム (CAES, Compressed Air Energy Storage System) について以下の問いに答えよ。なお、空気はガス定数 (gas constant) $R=0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、定圧比熱 (specific heat at constant pressure) $C_p=1.005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 一定の理想気体 (ideal gas) として扱えるものとする。

- ① 圧縮機は 15°C 、標準大気圧 (standard atmospheric pressure) から 1.0 MPa まで加圧する。理想的な可逆断熱圧縮 (reversible adiabatic compression process) を仮定した場合の圧縮空気温度 $[\text{C}]$ (temperature of the compressed air) を求めよ。なお、入口・出口の流速 (inlet and outlet velocity of the compressor) は無視できる (ignorable) としてよい。
- ② 実際には、圧縮空気温度は 300°C であった。圧縮機の断熱効率 (adiabatic efficiency) と蓄圧タンク内の空気の質量 $[\text{kg}]$ 、所要エネルギー $[\text{MJ}]$ (required energy) をそれぞれ求めよ。
- ③ 上記圧縮後、使用時には 200°C まで温度が低下していた。容器からの空気の漏洩 (air leakage) はないものとして、容器内の圧力 $[\text{MPa}]$ を求めよ。
- ④ ③の状態から断熱効率 0.8 の膨張機を用いて標準大気圧まで膨張させ (expanded to the standard atmospheric pressure)、発電機を駆動した (drive a generator)。膨張後の空気温度 $[\text{C}]$ (temperature of the expanded air) と取り出したエネルギーによる電力貯蔵効率 (energy storage efficiency) を求めよ。なお、発電機の損失 (loss of the generator) は無視できるものとする。

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

科目名： 熱と流れの工学

問題番号 3

以下では、流れは定常で非圧縮性とし、準一次元的に扱うこととする。

- 1) 図1, 2に示すような大気圧下(圧力: p_a)に水平におかれた先細ノズル(converging nozzle)を流れる密度 ρ の流体を考える。ノズル入口断面での流速(flow velocity)を v_i 、圧力(pressure)を p_i 、断面積(cross-sectional area)を S_i とする。また、ノズル出口断面での噴流(jet)の流速を v_j ($v_j > v_i$)、断面積を S_j ($S_j < S_i$)とし、ノズルの出口での噴流の圧力は大気圧 p_a に等しいとする。ここでノズル内での流れの損失は無視することができる。このとき、以下の問いに答えよ。

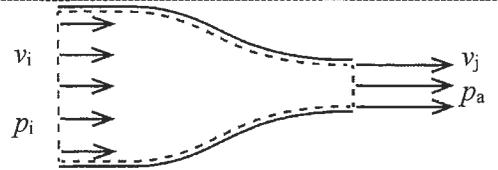


図1

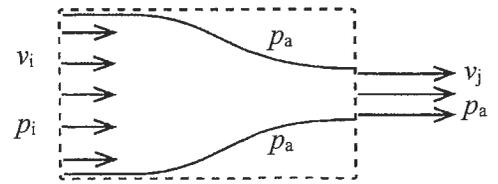


図2

- i) 図1のように、ノズル内に破線で示されるような検査体積を設置して考える。このとき、ノズルの出入口の断面間で連続の式を考えることで、 v_i と v_j の関係式を導出せよ。
- ii) ベルヌーイの式を考えることで、 v_i と v_j の関係式を導出せよ。
- iii) 図1の検査体積を考えたとき、ノズルに働く力を求めよ。ただしノズルを流れる体積流量(volumetric flow rate)を Q としてよい。
- iv) 図2のようにノズルの外側を囲む破線で示されるような一定の断面積 S_i の検査体積を考えたとき、ノズルに働く力の大きさと向きを答えよ。また図1, 2で考慮する検査体積をかえたことでノズルに働く力に違いが生じる理由を述べよ。

- 2) ノズルを図3のように大きな配管内に水平に設置した装置を考える。この装置は大気圧下(圧力: p_a)に設置されている。この装置は揚液を行うポンプとして動作し、液体を高さ h だけ吸い上げている。このとき噴流と揚液される液体は同種の流体であり、密度は ρ である。下側の水槽は十分に大きく液面高さの変化は無視でき、表面張力の影響も無視できる。さらに水槽から断面1まで揚液される過程での損失も無視できるとする。ここでノズルから噴出する噴流と吸い上げられた液体が混合する破線の領域に検査体積を考える。ノズルの出口の位置に断面1をとり、ここでの圧力を p_1 とする。ノズルから噴出する噴流の流速を v_j とする。ノズルの断面積と噴流の断面積は等しく S_j である。またこのとき、配管内の周囲の流体の流速を v_s とし、配管の断面積を rS_j (ただし $r > 1$)とする。噴流と周囲流体は互いに混合し、断面2において一様な流速 v_m になり、圧力は大気圧 p_a になっている。重力加速度を g とするとき以下の問いに答えよ。

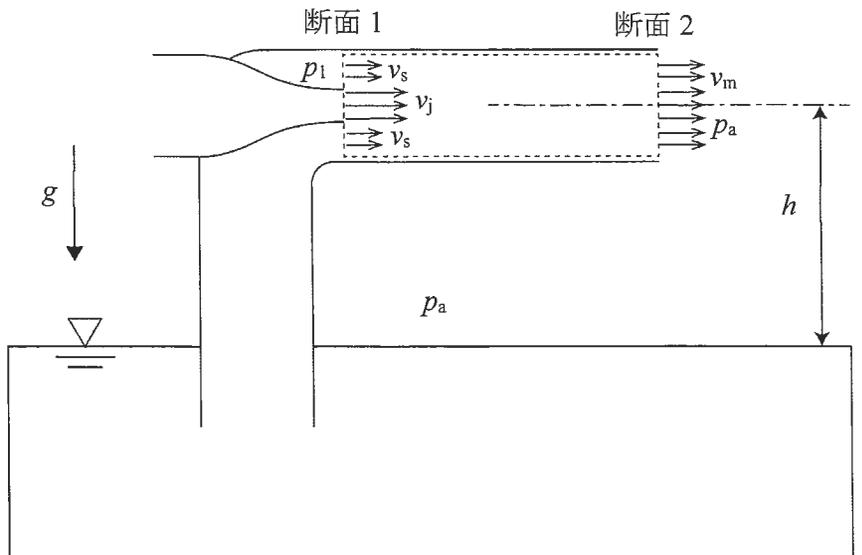


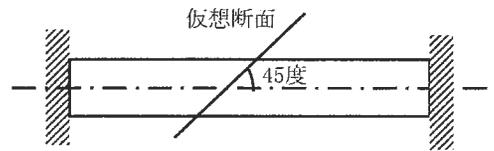
図3

- i) 混合後の流速 v_m を v_j , v_s , r を用いて表せ。
- ii) 混合前後の圧力変化 $p_a - p_1$ を v_j , v_s , r , ρ を用いて表せ。
- iii) 揚液が可能な最小の噴流流速 v_j を g , h , r を用いて表せ。

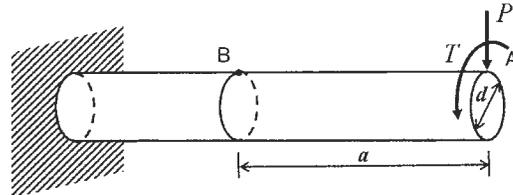
2023年9月・2024年4月入学試験問題
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻
 科目名： _____ 材料の力学 _____

問題番号 4

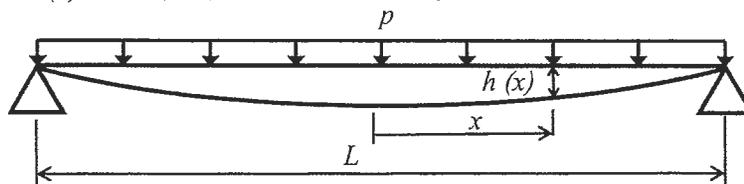
- (1) 図1に示すような断面積 (cross-sectional area) 0.01 m^2 , ヤング率 (Young's modulus) 200 GPa , 線膨張係数 (coefficient of linear expansion) $10 \times 10^{-6} \text{ strain/K}$ の中実円柱 (solid cylinder) の両端が拘束されている。無ひずみの状態から、全体の温度が 50 K 上昇したときに発生する軸方向応力 (axial stress) を求めよ。さらに、軸線と 45 度の角度をなす仮想断面におけるせん断応力 (shear stress) を求めよ。ただし、有効数字は2桁とすること。



- (2) 図2に示すような直径 d の円形断面を有する片持ちばり (cantilever) を考える。先端 A において、集中荷重 (concentrated load) P を下向きに加え、さらにトルク (torque) T を加える。以下の問いに答えよ。
- (a) この片持ちばりの断面二次モーメント (moment of inertia of area) を示せ。
 - (b) この片持ちばりの断面二次極モーメント (polar moment of inertia of area) を示せ。
 - (c) 先端から距離 a で断面の上端に位置する点 B における軸方向応力 (axial stress) を求めよ。
 - (d) 前述の点 B におけるせん断応力 (shear stress) を求めよ。
 - (e) 前述の点 B におけるモールの応力円 (Mohr's stress circle) を描け。円の中心座標と最大せん断応力 (maximum shear stress) を明記せよ。
 - (f) 前述の点 B における最大主応力 (major principle stress) を求めよ。



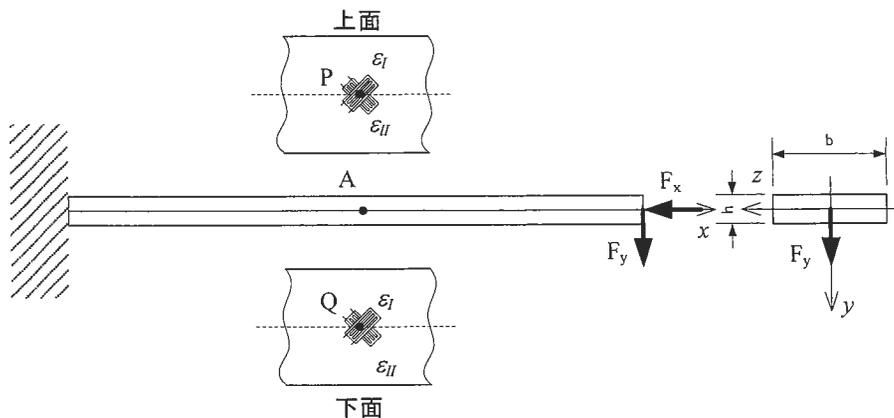
- (3) 平等強さのはり (beam of uniform strength) とは、はりの軸方向に沿ってどの位置でも、はりの断面での最大垂直応力 (maximum normal stress) が一定となるはりのことである。図3に示すような、一様な分布荷重 (uniformly distributed load) p が加わる両端単純支持ばり (simply supported beam) を考える。はりの断面は、幅 b の矩形 (rectangular) として、はりの厚み (thickness) が x の関数として $h(x)$ で表されるものとする。はりの長さは L であり、座標 x の原点は図3に示すようにはりの中央とする。以下の問いに答えよ。
- (a) 座標 x の関数として、はりの断面での曲げモーメント (bending moment) $M(x)$ を求めよ。
 - (b) 座標 x の関数として、はりの断面での最大垂直応力 $\sigma_{\max}(x)$ を求めよ。
 - (c) 平等強さのはりとなるように、はりの厚み $h(x)$ を求めよ。ただし、はり中央部 $x=0$ における厚みを H として、 $h(x)$ を、 H, L, x の関数で表せ。



2023年9月・2024年4月入学試験問題
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻
 科目名： 材料の力学

問題番号 5

図に示す矩形断面 (rectangular section) で、長 (length) さ l の片持ちはり (cantilever) の先端に荷重 (load) が作用している。はりの中央 (center) の点 A の上面 (upper surface) の点 P 及び下面 (bottom surface) の点 Q にはひずみゲージ (strain gauge) が x 軸と $45[\text{deg}]$ の角度で貼付されている。ひずみゲージの測定結果は以下の通りである。はりの縦弾性係数 (Young's modulus) は、 $E=200[\text{GPa}]$ であり、ポアソン比 (Poisson's ratio) は $\nu=0.3$ である。荷重 F_x , F_y は断面の図心 (centroid) を通り、点 P, Q の応力 (stress) σ_z は 0 とする。



$$\begin{aligned} \text{点 P : } & \epsilon_I = 1.0 \times 10^{-5}, \quad \epsilon_{II} = 1.0 \times 10^{-5} \\ \text{点 Q : } & \epsilon_I = -3.0 \times 10^{-5}, \quad \epsilon_{II} = -3.0 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

先端に作用している荷重 F_x , F_y をひずみゲージの値より求めたい。以下の問いに答えよ。なお、問題(1)-(6)は定義されている記号を用いて計算過程を示し答えよ。

- (1) はりの断面の寸法 (dimension) が、図のように幅 (width) b , 高さ (height) h であるとき、断面二次モーメント (moment of inertia of area) I_z を求めよ。
- (2) 壁面 (wall) における支点反力 (reaction force), 反モーメント (reaction moment) を求めよ。
- (3) はりに生じる曲げモーメントの分布 (bending moment diagram) を図示せよ。
- (4) はりの点 P, 点 Q に生じる応力 (stress) を求めよ。
- (5) $F_x = 0$ の場合に、点 A のたわみ (deflection) とたわみ角 (angle of deflection) を求めよ。
- (6) $F_y = 0$ の場合に、はりの座屈荷重 (buckling load) を求めよ。

以下の問題(7)-(8)は、はりの長さ $l = 200[\text{mm}]$, 幅 $b = 30[\text{mm}]$, 高さ $h = 2.0[\text{mm}]$ として数値により計算過程を示し答えよ。

- (7) 点 P 及び点 Q におけるひずみゲージの値よりモールのひずみ円 (Mohr's strain circle) を測定結果の数値を用いて描け。
- (8) 先端に作用している荷重 (load) F_x , F_y の値を求めよ。

以上

2023年9月・2024年4月入学試験問題
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻
 科目名： メカトロニクスとコントロール

問題番号 6

(1) 以下のセンサ(sensor)とアクチュエータ(actuator)に関する設問に答えよ。*

(a) 超音波式距離センサ(ultrasound distance sensor)および赤外線式距離センサ(infrared distance sensor)の計測原理(sensing method)について説明せよ。また、両者の長所(advantage)と短所(disadvantage)について述べよ。

(b) 図1に示されている3つの素子(circuit element)を用いて、DCモータ(DC motor)の等価回路(equivalent circuit)の回路図を作成せよ。なお、DCモータへの印加電圧(applied voltage) V も正負の符号(+ and -)を含めて明記せよ。 V を一定としたとき、モータが停止している状態と、高速回転している状態では、 E_g およびモータ電流(motor current) I_a がどのように変化するか説明せよ。

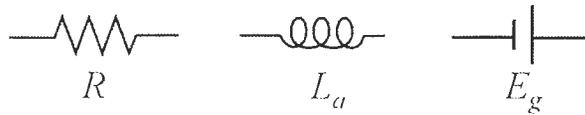


図1

(2) 以下の電子回路(electronic circuit)に関する設問に答えよ。*

(a) 図2のAとBよりローパスフィルタ(low-pass filter)として用いられるものを選択し、記号で答えよ。またそのカットオフ周波数(cut-off frequency)を答えよ。

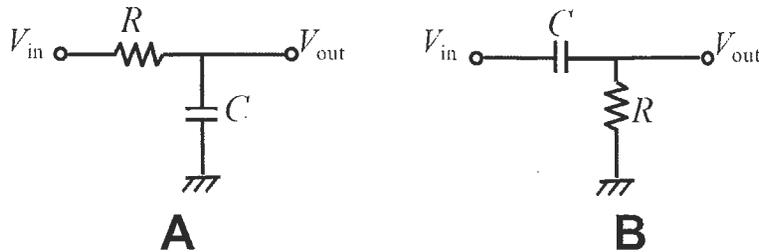


図2

(b) 図3に示す定電流駆動回路(bilateral constant-current source)を用いてDCモータ(DC motor)を駆動する場合、DCモータと抵抗(resistor)を、図3のAからDのどこに配置するのがよいか答えよ。また、回路の入力電圧を V_{in} としたときのDCモータに流れる電流(motor current) I_a は各抵抗の抵抗値を用いてどのように計算できるか答えよ。この際、各抵抗値が図3のどこの抵抗に対応しているか明確となるよう添え字をつけて記せ(例: R_A, R_B, R_C, R_D)。なお図3のオペアンプは、理想オペアンプ(ideal OP amp)とし、モータを定電流駆動するのに十分な性能をもつものとする。

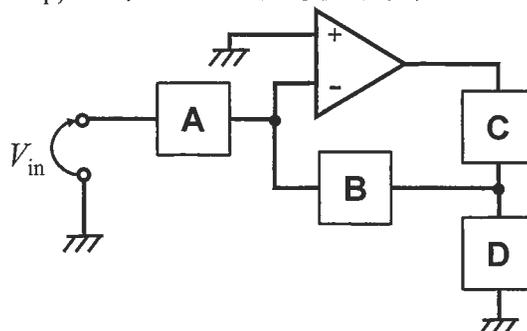


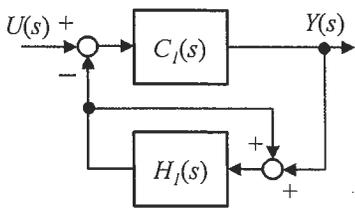
図3

*必要に応じて変数(variables)や定数(constants)等を追加すること。

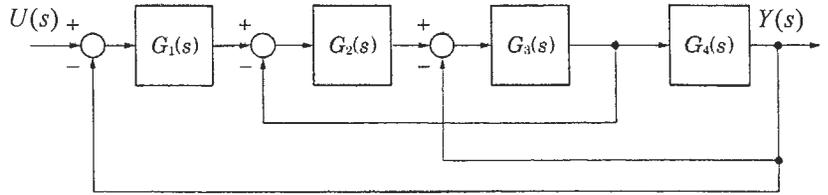
2023年9月・2024年4月入学試験問題
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻
 科目名： _____ メカトロニクスとコントロール _____

問題番号 7

- (1) 下図(a)および(b)に示すフィードバックシステム(feedback systems)に関して、それぞれ閉ループ伝達関数(closed-loop transfer function)を求めよ。



(a) Fig.7-1



(b) Fig.7-2

- (2) Fig.7-3に示す電気回路(electric circuit)の入出力関係に関して時間領域(in the time domain)における微分方程式(differential equation)を導出せよ。さらに、入力 $v_i(s)$ に単位ステップ入力を加えた際の出力の応答 $v_o(s)$ を求めよ(unit step response)。なお、 R_i は抵抗(resistor)($i=1\sim 2$)、 C はコンデンサ(capacitor)を表す。

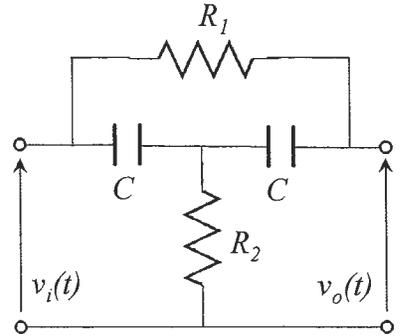


Fig.7-3

- (3) 以下の設問に答えよ。

- (a) PID制御系の構成についてブロック線図で表記せよ。その際、(i)制御対象(controlled object), (ii)検出部(sensing unit), (iii)目標量(desired value), (iv)偏差(deviation), (v)操作量(manipulated variable), (vi)制御量(controlled variable), (vii)比例(Proportional), 微分(Derivative), 積分(Integral)の関係性を図示せよ。また、微分動作と積分動作の働きについて説明せよ。
- (b) 上記(a)の制御システムにおいて制御対象を $A(s)$, 制御器を $B(s)$, 検出部のゲインを1とするととき、ブロック線図で表せ。また、定常偏差が0.05になるような入力とその時の K の値を求めよ。

$$A(s) = \frac{(s+8)}{s(s+2)(s+4)} \quad B(s) = \frac{K}{s(s+3)}$$

- (4) Fig.7-4に示すフィードバック系が安定となるための K の条件を導出せよ。

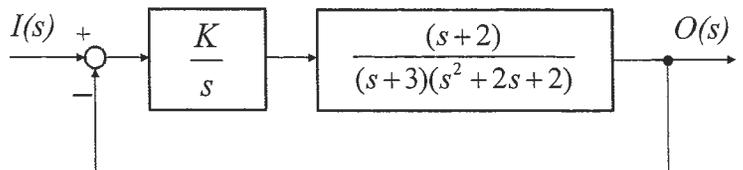


Fig.7-4

2023年9月・2024年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻
科目名： _____ 材料工学の基礎 _____

問題番号

8

(1) 金属材料における機械的特性 (mechanical properties)に関する下記の問いに答えよ。

- (a) 固溶強化(solid solution hardening)のメカニズムについて説明せよ。
- (b) ポアソン比(Poisson's ratio)とはどういう値か記せ。多くの金属材料のポアソン比はどれくらいの値か記せ。
- (c) 体心立方格子(body centered cubic)を有する材料を低温で使用する際に留意すべきことを記せ。
- (d) 時間依存型の永久変形についてどのような変形機構があるか記せ。
- (e) 公称ひずみについて加法性が成立しないことを示せ。
- (f) 靱性(toughness)と降伏強度(yield strength)の違いを記せ。
- (g) 塑性ひずみが増加すると硬化する理由について転位(dislocation)という言葉を使用して説明せよ。

(2) 鉄鋼材料について下記の問いに答えよ。

- (a) 置換型固溶体(substitutional solid solution)とはなにか。図示して説明せよ。
- (b) 炭素鋼における焼入れ(quenching)とはどういう熱処理か説明せよ。
- (c) 炭素鋼におけるマルテンサイト(Martensite)とはどういった物質か説明せよ。
- (d) 溶融溶接(Welding)を行ったあと硬さを測定すべき理由を説明せよ。

受験番号					
氏名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No.

1	/	7
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

2

科目名

熱と流れの工学

③

①

②

④

受験番号					
氏名					

No.

2	/	7
---	---	---

採点欄

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

3

科目名

熱と流れの工学

ii)

1)
i)

ii)

iii)

iv)

iii)

2)
i)

受験番号					
氏名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No.

3	/	7
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

4

科目名

材料の力学

(1)

(2)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(3)

(a)

(b)

(c)

受験番号					
氏名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No.

4	/	7
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

5

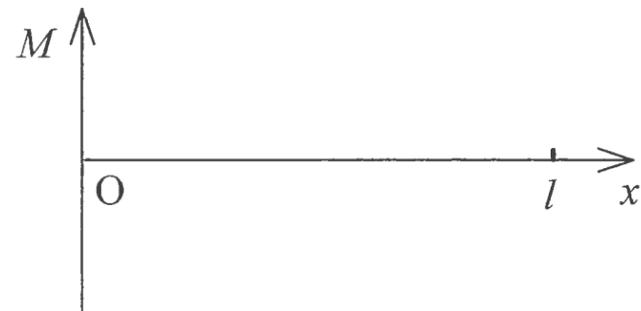
科目名

材料の力学

(1)

(2)

(3)



(4)

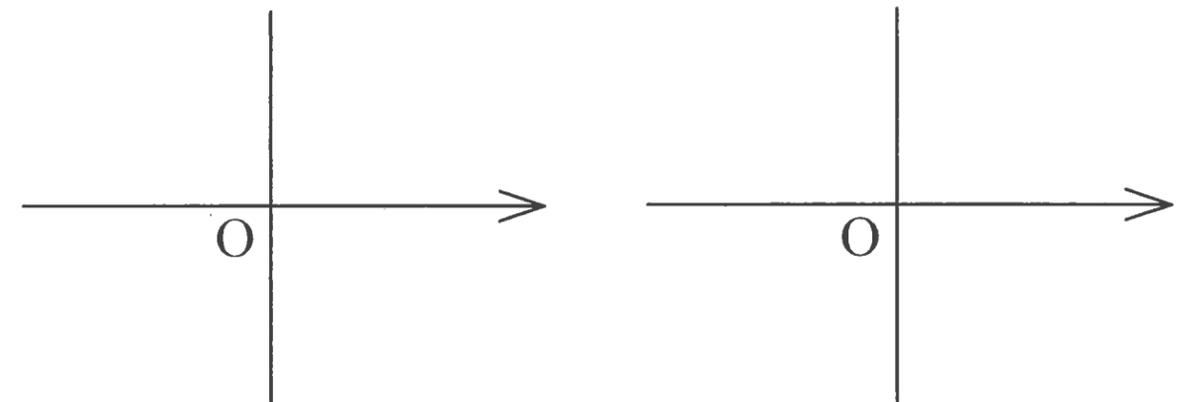
(5)

(6)

(7)

点P

点Q



(8)

受験番号					
氏名					

No.

5	/	7
---	---	---

採点欄

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

6

科目名

メカトロニクスとコントロール

(2)

(a)

記号	
----	--

(1)

(a)

(b)

A	
B	
C	
D	

(b)

受験番号					
氏名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No.

6	/	7
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択	問題番号	7
----	------	---

科目名	メカトロニクスとコントロール
-----	----------------

受験番号					
氏名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No.

7	/	7
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	8
---------	---

科目名	材料工学の基礎
-----	---------