

2021年9月・2022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なさい。
- ◎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なさい。

注意事項 (Notice for Examinees)

1. 選択方法 (How to choose the subjects (problems))

- (1) 専門科目は問題番号2から問題番号8までで構成されている。
(The elective subjects consist of seven problems from Problems No.2 to No.8)
- (2) 問題番号2から8までの計7題のうち2題を選択して解答すること。
(Examinees must choose two (2) problems from Problems No.2 to No.8)
- (3) 3題以上解答した場合は無効とし、すべてを採点の対象外とする。
(If examinees answer three or more problems, all the answers are not graded)

2. 解答方法 (How to answer)

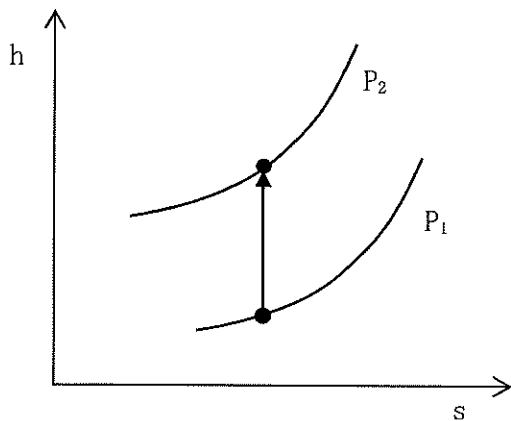
- (1) 解答は解答用紙の表面に記入すること。裏面の記入は採点対象としない。
(Examinees should write the answers to the front (printed) side of the sheets.
The answers on the reverse side of the sheets are not graded.)
- (2) 解答用紙は7枚ある。
(There are seven answering sheets.)
- (3) 関数計算ができる電卓は使用して良い。ただし、プログラム機能のある電卓は使用できない。
(Examinees can use a scientific electronic calculator, but cannot use pre-programmable calculator.)

2021年9月・2022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

25 °C, 標準大気圧 P_1 (the standard atmospheric pressure) から吸い込み, 圧力比 3.5 の空気圧縮機 (Air compressor) がある。空気を定圧比熱 (isobaric specific heat) 1.005 kJ/(kg·K) 一定の理想気体 (ideal gas) として扱い, 入口・出口の流速による運動エネルギーは無視できる (kinetic energy is ignorable) として以下の問いに答えよ。必要であれば一般気体定数 (universal gas constant) 8.314 J/(mol·K) を用いよ。

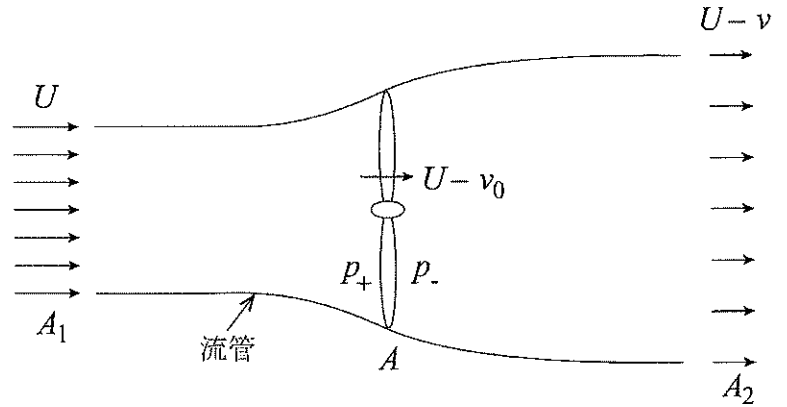
- (1) 空気の平均分子量 (molecular weight of air) を 28.9 g/mol として, 空気の気体定数 R [kJ/(kg·K)] と空気の比熱比 κ (specific heat ratio) をそれぞれ求めよ。
- (2) 可逆的に断熱圧縮 (reversible adiabatic compression process) されると仮定した場合の圧縮後の絶対圧 P_2 (the outlet air pressure) [kPa] および空気温度 (the outlet air temperature) [°C] をそれぞれ求めよ。
- (3) 実際には, 圧縮空気温度 (actual outlet air temperature) は 450 K であった。圧縮機の断熱効率 (adiabatic efficiency of the compressor), 作動流体 1 kg あたりのエントロピー生成 Δs (entropy generation) [J/(kg·K)] およびエクセルギー損失 (exergy destruction) [kJ/kg] をそれぞれ求めよ。
- (4) h - s 線図 (エンタルピー - エントロピー線図) には, 可逆断熱圧縮の圧縮過程が示されている。図に(3)の実際の圧縮過程の線 (operation line of the actual compression process) を加えよ。
- (5) 圧縮機の空気流量 (air mass flow of the compressor) は 0.8 kg/s であった。所要動力 (required power) [kW] を求めよ。



2021年9月・2022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

図に示すような風車(Wind turbine)を考えるとき、以下の問いに答えよ。ここでは図のような風車を囲む流管(Stream tube)をとり、1次元流れを仮定する。また、流体の密度を ρ とし、ここでは密度変化は生じないとする。風車から十分上流での流速を U 、流管の断面積を A_1 とし、風車から十分下流での流速を $U - v$ 、流管の断面積を A_2 とする。風車から十分上流および下流での圧力は互いに等しいとする。また、風車面での流速を $U - v_0$ 、風車の断面積を A 、風車面の直ぐ上流の圧力を p_+ 、直ぐ下流の圧力を p_- とする。ここで、十分上流から風車の直ぐ上流まで、風車の直ぐ下流から十分下流までの間ではそれぞれベルヌーイの定理(Bernoulli's principle)が成立するとみなす。また、 $0 < v < U$ 、 $0 < v_0 < U$ とする。なお、重力の影響は無視できる。

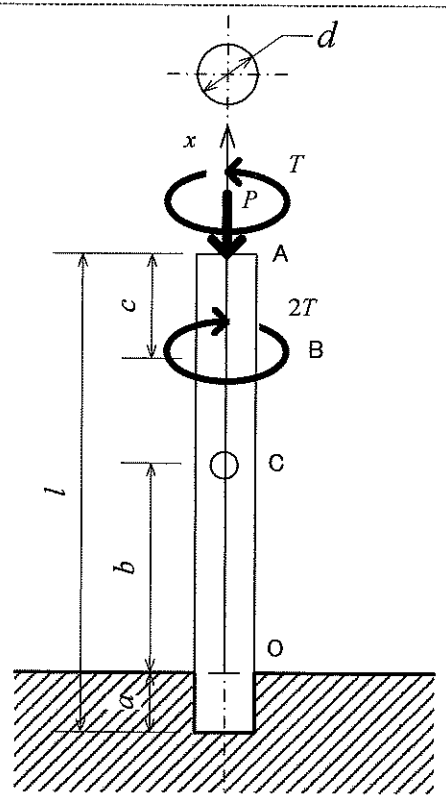


- (1) 風車の上流、下流での断面積 A_1 および A_2 の間の関係を U 、 v を使って表せ。
- (2) 風車の受ける力を U 、 v 、 v_0 、 A 、 ρ を使って表せ。
- (3) $p_+ - p_-$ を U 、 v 、 ρ を使って表せ。
- (4) v と v_0 の間の関係を求めよ。
- (5) 風車が吸収する動力が最大となるとき、断面積 A_1 および A_2 の間の関係を求めよ。

2021年9月・2022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

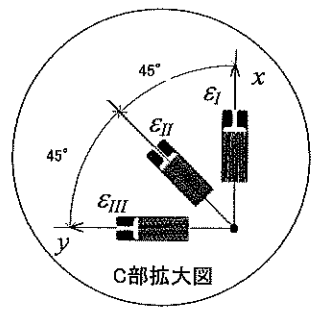
図のように長さ l の柱 (column) が地面 (ground) に一定の長さ a だけ没入し支持 (support) されている状態を考える。断面は直径 (diameter) を d とする円形形状 (circular shape) であり、没入部は固定されている。柱の点 A, B にねじりモーメント (twisted moment) $T, 2T$ が作用し、点 A に圧縮荷重 (compressive load) P が作用している。ヤング率 (Young's modulus) を E , 横弾性係数 (modulus of rigidity) を G , ポアソン比 (Poisson's ratio) を ν , 断面二次モーメント (second moment of area) を I , 断面二次極モーメント (second polar moment of area) を I_x として以下の問いに答えよ。



- (1) 支持部における支点反力 (reaction force) を求めよ。
- (2) 断面二次極モーメント I_x を d を用いて表せ。
- (3) ねじりモーメントの分布図 (diagram) を描け。
- (4) 点 A のねじり角 (angle of twist) を求めよ。

点 C (柱の側面部) に角度を変えて図の通り付設した 3 つのひずみゲージ (strain gauge) $\epsilon_I, \epsilon_{II}, \epsilon_{III}$ により、ひずみを測定して、以下の値を得た。以下の問いに答えよ。

$$\begin{aligned} \epsilon_I &= -8.00 \times 10^{-5} \\ \epsilon_{II} &= -1.00 \times 10^{-5} \\ \epsilon_{III} &= 0.00 \times 10^{-5} \end{aligned}$$



- (5) ひずみ $\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}$ をモールのひずみ円 (Mohr's strain circle) を描き求めよ。
- (6) ひずみ $\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}$ と応力 (stress) $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ の間の関係式を示せ。
- (7) 主応力 (principal stress) σ_1, σ_2 をヤング率 $E=182$ [GPa], ポアソン比 $\nu=0.3$ とし、算出せよ。角度は数式で示してよい。

ねじりモーメント $T, 2T$ が作用しない状態 ($T=0$) で、圧縮荷重 P のみを考える。ヤング率 E , ポアソン比 ν などは記号を用いてよい。以下の問いに答えよ。

- (8) 座屈を生じる荷重 (buckling load) P を、計算過程を示し求めよ。

2021年9月・2022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

- (1) 図1のような一辺 10 mm の正方形断面で、長さ 20 cm のロッド(rod)に、軸(axis)方向に沿って引張荷重(tension load) $P = 30 \text{ kN}$ が作用するとする。軸線と 30 度の角度をなす仮想断面(virtual section)を考える。
- (a) 仮想断面の面積と仮想断面全体に加わる荷重から、この面上の応力(stress)の大きさを求めよ。
- (b) 仮想断面における垂直応力(normal stress)の大きさとせん断応力(shear stress)の大きさを求めよ。有効数字は2桁とすること。

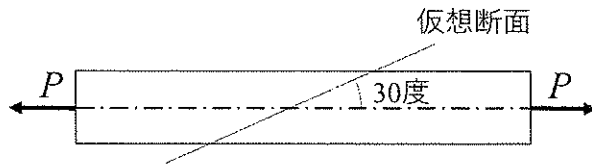


図 1

- (2) 図2のように、円弧状の中間部分で 90 度曲がった曲がりはり(curved beam)の先端に、集中荷重 P (concentrated load)を加える。はりの各部の長さ a, b や、円弧の曲率半径 R (radius of curvature)は図に示すものとする。はりの断面(section)を直径 d (diameter)の中実の円とし、はりのヤング率(Young's Modulus)を E とする。
- (a) はりの断面二次モーメント I (second moment of area)を、 d を用いて表せ。
- (b) 区間 AB, BC, CD のそれぞれの区間における曲げモーメント(bending moment)を導出し、この曲がりはり全体に蓄えられるひずみエネルギー(strain energy)を導出せよ。ただし、ここでは断面二次モーメントは I として、直径 d は用いないこと。
- (c) カスチリアノの定理(Castigliano's theorem)より、荷重点の垂直方向の変位(displacement)を求めよ。ここでも、断面二次モーメントは I として、直径 d は用いないこと。

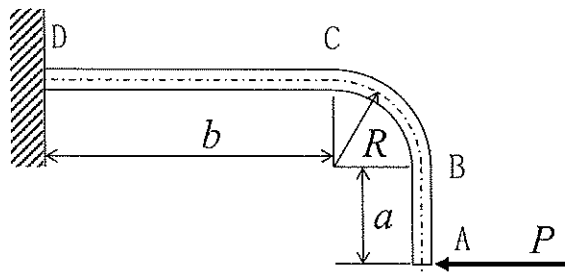


図 2

- (3) 図のように、120 度の間隔で 3 本のロッド(rod)が連結されている。ロッドの長さ(length), 断面積(sectional area), ヤング率は 3 本とも同一で、それぞれ L, A, E とする。今、中心点に荷重 P を加える。 θ が 20 度の時と 90 度の時について、中心点の荷重方向の変位を示せ。

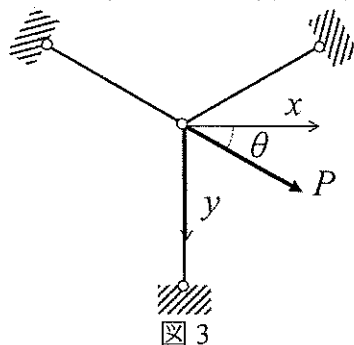


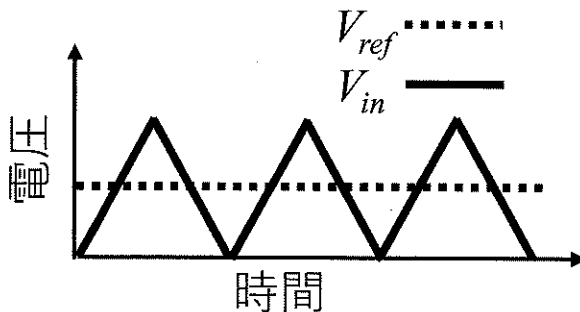
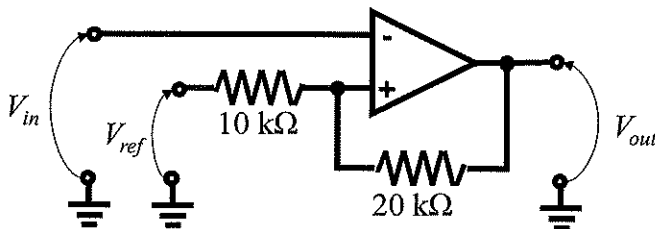
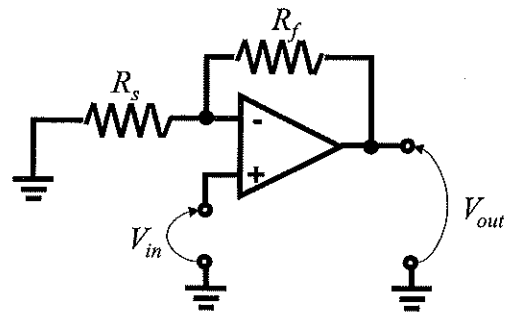
図 3

2021年9月・2022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) フォトリフレクタ (別名：反射型フォトインタラプタ) (photoreflector/photointerrupter)の構造 (structure)および計測原理(sensing method)について、図(figure)を用いて説明せよ。また、応用例(application)を1つ挙げよ。
 - (b) ブラシレス直流モータ(brushless DC motor)とブラシ式直流モータ(brushed DC motor)の動作原理について、図を用いて説明せよ。その際、両者の違い(differences)を明確に示し、それぞれの長所(advantage)と短所(disadvantage)についてもあわせて説明せよ。

- (2) 以下の電子回路(electronic circuit)に関する設問に答えよ。*
- (a) ブラシ式直流モータ(brushed DC motor)の制御に用いられる H ブリッジ回路(H-bridge circuit)について、回路図を描いて動作原理(working principle)を説明せよ。
 - (b) 右図に示す OP アンプ(OP amplifier)を用いた回路について、出力電圧(output voltage) $V_{out}[V]$ を、入力電圧(input voltage) $V_{in}[V]$ 、抵抗(resistor) $R_f[\Omega]$ および $R_s[\Omega]$ を用いて表せ。
 - (c) 下図に示す OP アンプを用いた回路の名称と動作原理を述べよ。また、下図に示すように $V_{in}[V]$ と $V_{ref}[V]$ が入力された場合に $V_{out}[V]$ がどのような波形を示すか解答用紙に掲載されている図に記入せよ。



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

以上

2021年9月・2022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

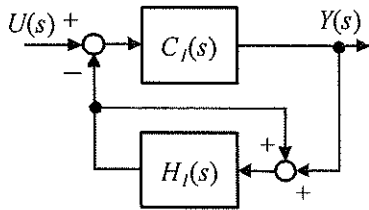
(1) 以下の小問に答えよ。

- (a) 「倒れない自動一輪車(self-balancing unicycle robot)」の転倒安定制御(balance control)を例にとり, (i) 制御器(controller), (ii)制御対象(controlled object), (iii)検出部(sensing unit)について説明せよ。その際, (iv)操作量(manipulated variable)と(v)制御量(controlled variable)との関係性を明示せよ。
- (b) 上記のシステム(system)で制御対象を $A(s)$, 制御器を $B(s)$, 検出部のゲイン(gain)を1とするととき, ブロック線図(block diagram)で表せ。また, $A(s)$ と $B(s)$ が以下であるとき, 定常偏差(steady state deviation)が0.05となるような入力の種類(the type of input)とその時の K の値を求めよ。

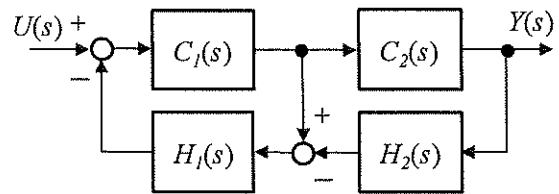
$$A(s) = \frac{(s+8)}{s(s+2)(s+4)} \quad B(s) = \frac{K}{s(s+3)}$$

(2) 次のフィードバックシステム(feedback system)の開ループ伝達関数(closed-loop transfer function)を求めよ。

(a)



(b)



(3) 右図の電気回路(electric circuit)に入力電圧 $v_i(t)$ を印加(input voltage applied)した場合において, 図に示す端子間電圧 $v_o(t)$ (terminal voltage)の応答(transient response)を考える。ただし, $t=0$ において, コンデンサ(capacitor)の電荷(electric charge)はゼロ(zero)とする。以下の問いに答えよ。

- (a) Fig.7-1の回路において, 時間領域(in the time domain)で成立する関係式(equations)を導出せよ。なお, R_i は抵抗(resistor)($i=1\sim 2$), C はコンデンサを表す。
- (b) (3-a)で導出した関係式をそれぞれラプラス変換して(Laplace transform), s 領域(s-domain)の関係式に変換せよ。なお, s 領域における入力電圧と出力電圧(output voltage)はそれぞれ $V_i(s)$, $V_o(s)$ とする。
- (c) $V_i(s)$ に単位ステップ入力(unit step input)を加えた際の出力の応答 $V_o(s)$ を求めよ。

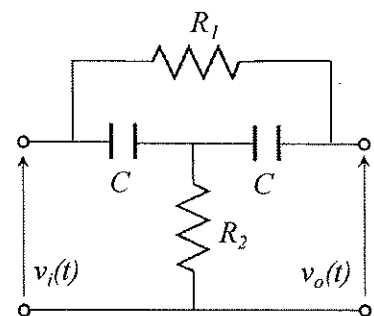


Fig.7-1

2021年9月・2022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) 靱性と強度の違いを説明せよ。
 - (b) Mode I 破壊靱性(fracture toughness) K_{Ic} はどのような式で表されるか。
 - (c) 高強度であるが低靱性の材料を採用することが困難な理由を述べよ。
 - (d) 低温あるいは高歪み速度において靱性が低下する金属材料一つと結晶構造を述べよ。
 - (e) (d) の現象が発生する理由について述べよ。
 - (f) 延性破壊破面と脆性破壊破面が各々どのような特徴を有するか図示して説明せよ。
 - (g) 刃状転位(edge dislocation)を図示して示せ。
- (2) 金属材料における溶接に関する下記の問いに答えよ。
- (a) 高温多湿の環境下で鉄鋼材料の溶接を実施した。どのような欠陥が発生する可能性が高いか述べよ。
 - (b) 溶接部で SCC が発生する要因を3つ記せ。
 - (c) 溶接後熱処理は何のために実施するか述べよ。
- (3) 鉄鋼材料についての下記の問いに答えよ。
- (a) 共析鋼の連続冷却変態曲線(CCT)を図示せよ。その際冷却速度が異なるいくつかの冷却曲線を記し冷却後の金属組織も記せ。
 - (b) 亜共析鋼,共析鋼,過共析鋼の金属組織を図示せよ。
 - (c) (b)の3つの鋼の硬さの順番を述べよ。また,そうなる理由を記せ。