

整理番号

2022年度4月入学（2021年度10月入学含む）東京農工大学工学府博士前期課程

13

問題用紙 専門科目

機械システム工学
専攻

5枚のうち1

受験番号	MC-
------	-----

注意事項（重要なことを記しているのので、試験が始まる前に読んでおくこと）

- ◎ この問題用紙は全部で5枚からなっている。留め金具をはずさないこと。
- ◎ 本用紙（問題用紙 5枚のうち1）には注意事項が記されている。
- ◎ 「解答始め」の指示の後、すべての問題用紙に受験番号を記入すること。
- ◎ 各問題に対する解答は、対応する解答用紙に記入すること。
- ◎ 解答用紙の冊子の表紙（解答用紙 5枚のうち1）にも重要な注意事項が記されている。試験が始まるまえに読んでおくこと。
- ◎ 問題用紙の冊子、解答用紙の冊子はいずれも「解答始め」の指示があるまで開いてはならない。
- ◎ 問題用紙、解答用紙、および下書き用紙はすべて試験終了後に回収するので、持ち帰らないこと。

5枚のうち2

受験番号 MC-

1

下図に示すはりについて、以下の問いに答えよ。ただし、はりは均質な弾性体であり、ヤング率は E 、断面二次モーメントは I 、断面積は S とし、はりの自重によるたわみは無視できるとする。また、はりに座屈は生じないものとする。解答は、問題文および図中に示す記号を用いて表し、解答用紙の所定欄に記入せよ。

- (1) 図1-1に示すように、片持ちはりの点Bにおいて x 方向の負の向きに荷重 P が作用するとき、点Bでの x 方向の変位を求めよ。
- (2) 図1-2に示すように、片持ちはりの点Bに曲げモーメント M が作用するとき、点Aでのたわみとたわみ角を求めよ。また、区間AB ($0 \leq x \leq l$) におけるたわみとたわみ角を x の関数として表せ。ただし、はりのたわみ形状が下に凸になる場合に、曲げモーメントの符号を正とする。
- (3) 図1-3に示すように、片持ちはりに等分布荷重 w が作用するとき、せん断力線図(SFD)と曲げモーメント線図(BMD)を描け。ただし、外向き法線ベクトルが x 方向の正の方向を向く断面において、 y 方向の正の方向を向くせん断力の符号を正とする。曲げモーメントの符号は、(2)と同じである。
- (4) 図1-3に示すように、片持ちはりに等分布荷重 w が作用するとき、区間AB ($0 \leq x \leq l$) におけるたわみ曲線を x の関数として表せ。また、点Bでのたわみを求めよ。
- (5) 図1-4に示すように、L字型の片持ちはりの区間BCに等分布荷重 w が作用するとき、点Cでの x 方向と y 方向の変位を求めよ。

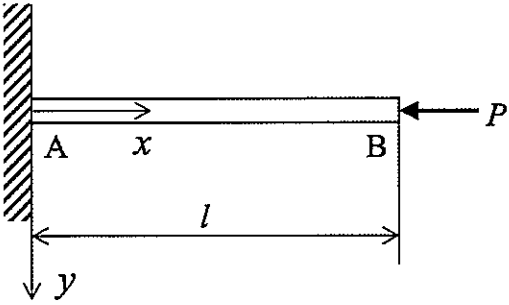


図1-1

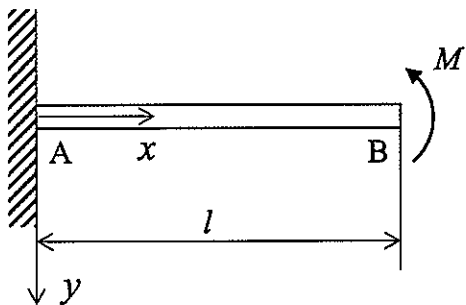


図1-2

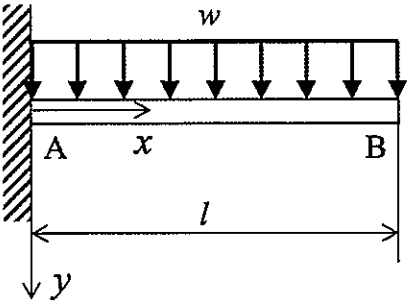


図1-3

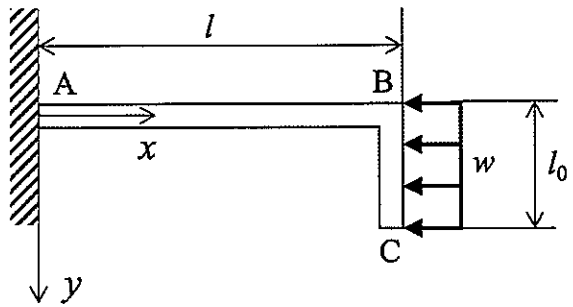


図1-4

5枚のうち3

受験番号 MC-

2

[1] 図2-1に示すような質量 m 、長さ l の一様な剛体棒が上部の支点 O を中心に振り子のように振動するとき以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度は g 、振れ角 θ は微小であるとする。

- (1) 振れ角 θ に関する運動方程式を求めよ。ただし、棒の点 O まわりの慣性モーメントは J とせよ。
- (2) 図2-2に示すように棒をさかさまにし、支点から a の位置でばね定数 k のばね2本で両側から支えた。系が安定となるための条件を記せ。
- (3) 剛体棒の点 O まわりの慣性モーメント J の値を求めよ。

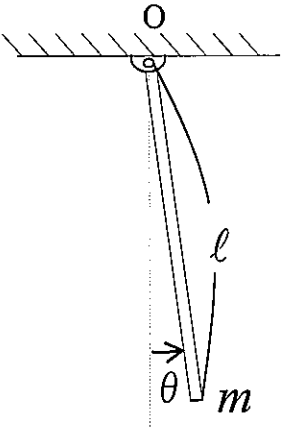


図2-1

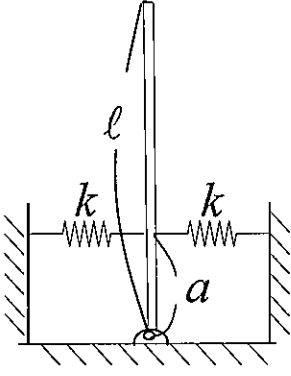


図2-2

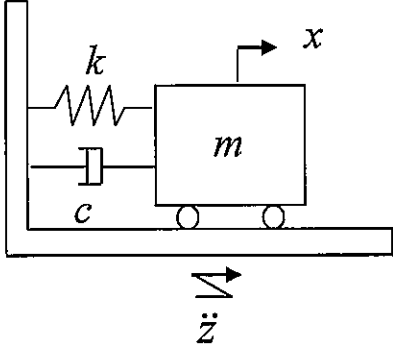


図2-3

[2] 図2-3に示すように、質量 m の重りがばね定数 k のばねと、減衰係数 c のダンパを介して台に繋がっている。台全体が加速度 \ddot{z} で加振されるとき、以下の問いに答えよ。なお、図中の x は台に対する重りの相対変位とし、ばねが自然長の状態での位置を x の原点とする。なお、 x の正方向は右向きで、 \ddot{z} も右向きを正とする。

- (1) ニュートンの運動の法則 $F=ma$ の a は絶対加速度であることに注意して、系の運動方程式を導け。
- (2) 外乱加速度 \ddot{z} から重りの絶対加速度 $\ddot{x}+\ddot{z}$ までの伝達関数を求めよ。なお、初期値は0、ラプラスの演算子は s とする。
- (3) $m=2[\text{kg}]$, $k=20[\text{N/m}]$, $c=4[\text{N}\cdot\text{s/m}]$ のとき、系の極を求めよ。
- (4) 重りの相対変位を抑えるために、制御力 $f=-(px+qx)$ を与えたところ、制御時のみかけの極(閉ループ系の極)が $-2\pm i$ となった。 p, q の値を求めよ。

図3に示すように、円管(半径 R)の入口①に噴流発生用ノズル(半径 $R/2$)が取り付けられている。断面①における噴流の平均流速を $7U$ 、噴流を除く面を通過する流体の平均流速を U とする。流体は円管出口②より速度分布 $u(r)$ で流出する。流出速度分布 $u(r)$ は

$$u(r) = U_{\max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

である。ただし、図3に示すように、 r は管軸からの距離とし、主流方向に x 軸をとる。流れは定常であり、断面①における圧力は p_1 、断面②における圧力は p_2 である。流体は非圧縮性ニュートン流体であり、流体の密度 ρ 、粘度 μ とする。円周率は π とし、重力は無視する。以下の問いに答えよ。

- 断面①における体積流量を ρ 、 R 、 U 、 π のうち必要な記号を用いて表せ。
- 断面②の出口速度分布 $u(r)$ における U_{\max} を U により表せ。
- 単位時間あたりに断面①から流入する運動量 M_1 および、断面②から流出する運動量 M_2 を ρ 、 R 、 U 、 π を用いて求めよ。ただし、主流方向(x 方向、図3参照)を正とせよ。
- 断面①、②間の流体が管壁から受ける摩擦力 F_τ を ρ 、 R 、 U 、 π 、 p_1 、 p_2 を用いて表せ。ただし、主流方向(x 方向、図参照)を正とし、符号に注意して解答せよ。

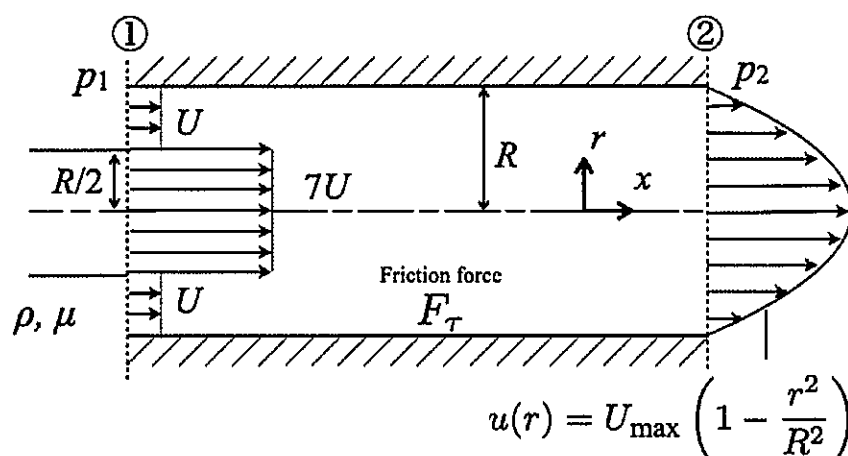


図3

5枚のうち5

受験番号 MC-

4

次の問題に答えよ。なお、答えの導出過程も明記すること。

- [1] 閉じた系(外界とエネルギーのやり取りはするが、質量のやり取りは行わない系)について考える。閉じた系が可逆変化した時、系のエントロピー S の微小変化量は

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (1)$$

と書ける。ここで δQ は外部から投入された微小な熱量、 T は系の熱力学温度である。閉じた系が可逆変化した時の内部エネルギー U の微小変化量が

$$dU = TdS - pdV \quad (2)$$

と書けることを示せ。ここで p, V はそれぞれ系の圧力と体積である。

- [2] 閉じた系に質量 m の理想気体を入れ、その熱力学温度を T_1 から T_2 ($> T_1$)まで可逆的に上げる。初期状態は同じとして、

- (A) 圧力一定
(B) 体積一定

の二通りの条件で行った。それぞれの条件でのエントロピーの増加量 ΔS_A と ΔS_B を求め、これらの比 $\Delta S_A/\Delta S_B$ が比熱比 c_p/c_V と等しいことを示せ。ここで c_V は定積比熱、 c_p は定圧比熱である。なお、理想気体は状態式

$$pV = m(c_p - c_V)T \quad (3)$$

を満足し、その内部エネルギー U の微小変化量は

$$dU = mc_V dT \quad (4)$$

と表せるとする。また、定積比熱 c_V 、定圧比熱 c_p はそれぞれ定数とし、式(2)を用いてよい。