大学院情報理工学研究科
博士前期課程一般入試　入学試験問題
（2024年8月16日実施）

【機械知能システム学専攻】

専門科目：［選択問題］

※注意事項

1．試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけない。

2．選択問題の問題冊子はこの注意事項を含めて１５枚、解答用紙は２枚である。（計算用紙は含まない。）

3．試験開始の合図の後、全ての解答用紙に受験番号を記入すること。

4．選択問題の試験時間は90分である。

5．選択問題では、８科目の中から２科目を選んで解答すること。

6．解答用紙の科目の番号欄には、選択した科目の番号を記入すること。
（採点は記入された番号についてのみ行う。誤記入、記入もれに注意すること。）

7．解答は、科目ごとに別々の解答用紙を使用すること。
必要なら裏面を使用してもよいが、その場合は表面下に「裏面へ続く」と記入すること。
解答は必ず解答用紙に記入すること。計算用紙に解答を記入しても採点の対象とはならない。

8．試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。

9．試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

１０．解答は英語でもよい。

問題は次のページからです。

このページは問題冊子の枚数には
含みません。

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024 年 8 月 16 日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

1　材料力学

以下の問１，問２，問３に答えよ．

問１．図 1 に示すように，長さ ℓ の単純支持はりに単位長さ当たり w の等分布荷重が作用している．支点 A を x 座標の原点(x=0)とするとき，次の問いに答えよ．

(1) x の任意の位置($0 \leqq x \leqq \ell$)におけるはりのせん断力 F と曲げモーメント M を x の関数として表せ．

(2) x の任意の位置($0 \leqq x \leqq \ell$)におけるはりのたわみ角 θ とたわみ曲線 y を x の関数として表せ．はりの曲げ剛性を EI とする．

(3) はりの断面形状を幅 b，高さ h の長方形とするとき，はりに生じる最大曲げ応力（最大引張応力）$\sigma_{\max}$ を w, ℓ, b, h を用いて表せ．

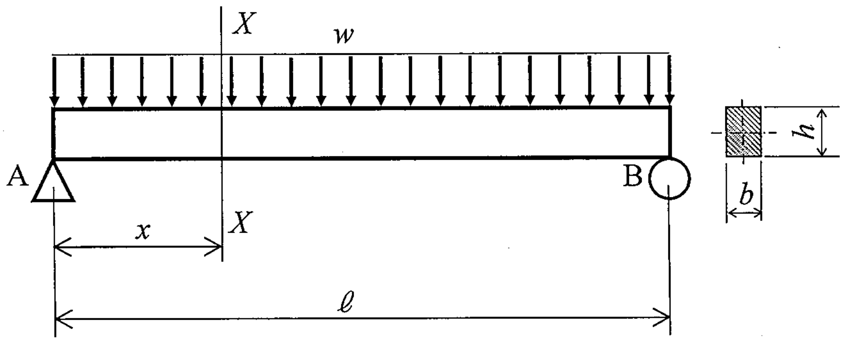


図 1

キーワード：Keyword

長さ：length，単純支持はり：simply supported beam，等分布荷重：uniformly distributed load，せん断力：shearing force，曲げモーメント：bending moment，関数：function，たわみ角：slope，たわみ曲線：deflection curve，曲げ剛性：flexural rigidity，断面形状：cross-sectional shape，幅：width，高さ：height，長方形：rectangle，最大曲げ応力：maximum bending stress，最大引張応力：maximum tension stress

【次ページへ続く】

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

1　材料力学

【前ページから続く】

問２．図 2 に示すように，長さ ℓ の一様断面の棒の両端が剛体壁で固定されている．このとき初期応力は発生していない．棒の位置 B と位置 C のそれぞれに同方向の荷重 P_B，P_C を作用させた．棒の断面積を A，縦弾性係数を E とする．次の問いに答えよ．

(1) 固定端 A と固定端 D に生じる反力 R_A，R_D を求めよ．

(2) 棒の AB 間に蓄えられるひずみエネルギー U_{AB} を P_B, P_C, ℓ, A, E を用いて表せ．

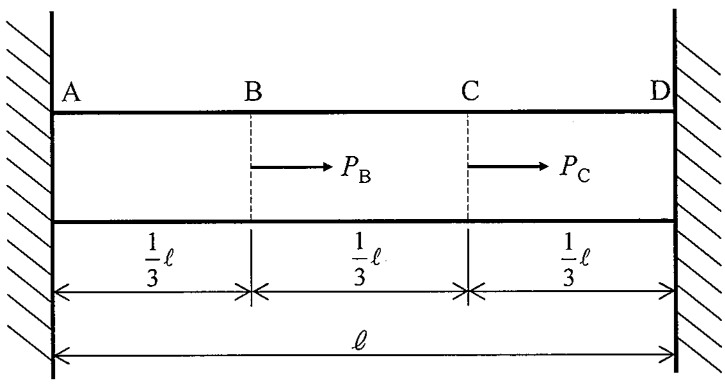


図 2

キーワード：Keyword

長さ：length，一様断面：uniform section，棒：bar，剛体壁：rigid wall，初期応力：initial stress，荷重：load，断面積：cross sectional area，縦弾性係数：Young's modulus，反力：reaction force，ひずみエネルギー：strain energy

【次ページへ続く】

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

1　材料力学

【前ページから続く】

問３．図 3 に示すように，直径 d，長さ ℓ の丸棒の両端が剛体壁で固定されている．このとき初期ねじりモーメントは発生していない．丸棒の位置 B と位置 C のそれぞれに同方向のねじりモーメント T_B, T_C を作用させた．丸棒のせん断弾性係数を G とする．次の問いに答えよ．

(1) 固定端 A と固定端 D に生じるねじりモーメント T_A, T_D を求めよ．

(2) 固定端 A に対する位置 B のねじれ角 ϕ_{AB} と固定端 D に対する位置 C のねじれ角 ϕ_{CD} を T_B, T_C, d, ℓ, G を用いて表せ．

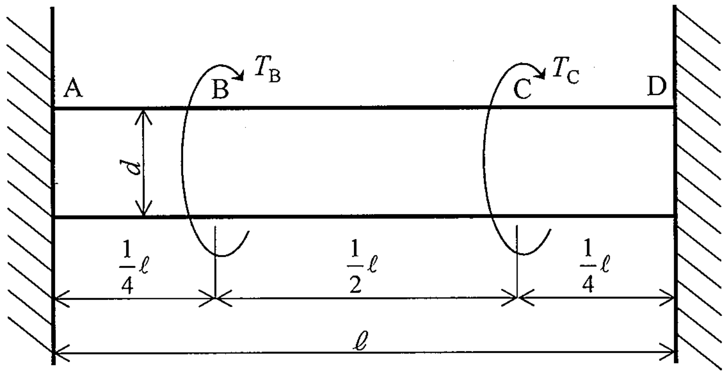


図 3

キーワード：Keyword

直径：diameter, 長さ：length, 丸棒：round bar, 剛体壁：rigid wall, 初期ねじりモーメント：initial torsional moment, ねじりモーメント：torsional moment, せん断弾性係数：shear modulus, ねじれ角：angle of torsion

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024 年 8 月 16 日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

2　機械力学

以下の問 1，問 2 に答えよ．

問 1．図 1 のようなばね-質量系を考える（この系には摩擦は一切働かないものとする）．物体 1 の質量をm，物体 2 の質量を$2m$，ばねのばね定数をk，$2k$とする．自然長からの物体 1 の変位をx_1，物体 2 の変位をx_2とする．

(1) この系の運動方程式を求めよ．
(2) $m = 1$，$k = 1$として，この系の 2 つの固有角振動数を求めよ．
(3) (2) で求めたそれぞれの固有角振動数において，X_2/X_1を求めよ．ここで，X_1はx_1の振幅，X_2はx_2の振幅である．

つぎに，図 1 のばね-質量系に図 2 のような周期外力$F = \sin\omega t$を与えた場合($\omega > 0$)を考える．なお，ωは角振動数で，tは時間である．

(4) $m = 1$，$k = 1$として，強制振動の解を求めよ．
(5) (4) の解において，x_1が常にゼロとなるωの値を求めよ．

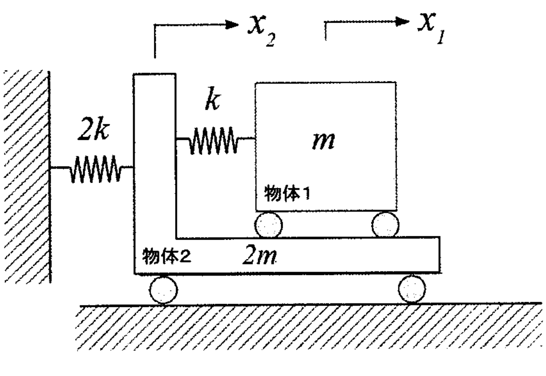


図 1

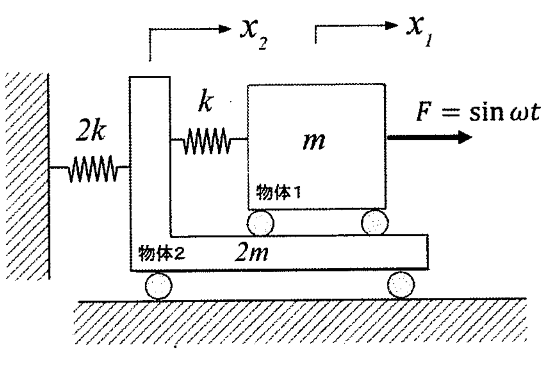


図 2

キーワード：Keyword
ばね-質量系：spring-mass system, 摩擦は一切働かない：all frictions are negligible, 物体：object, 質量： mass, ばね定数：spring constant, 自然長：natural length, 変位：displacement, 運動方程式：equation of motion, 固有角振動数：natural angular frequency, 振幅：amplitude, 周期外力：periodic external force, 角振動数：angular frequency, 時間：time, 強制振動の解：solution of the forced vibration, 常にゼロ：always zero

【次ページへ続く】

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

2　機械力学

【前のページから】

問２．図３のように半径 r，質量 m の円柱がばね定数 k のばねにつながれて回転運動をしながら床を左右に振動しているものとする（この系には摩擦は一切働かないものとする）．円柱の中心の位置をxで表し，円柱の回転角度をθで表す．静止した状態で２つのばねが自然長($x = 0$)となり，$x = 0$で$\theta = 0$であるとする．円柱の慣性モーメントをIとする．円柱は床の上を滑らずに転がるものとして，以下の問に答えよ．

(1) rとθを用いてxを表せ．
(2) この系の運動エネルギーとポテンシャルエネルギーを求めよ．ただし，θの関数として表せ．
(3) (2)のエネルギーを用いて，ラグランジュ法により運動方程式を求めよ．
(4) この系の振動の周期を求めよ．
(5) 時間$t = 0$でのxの値をゼロとし，$\dot{x}\ (= \frac{dx}{dt})$の値を$v$としたところ，1/4 周期で円柱がちょうど１回転する．この vの値を求めよ．ただし，$v > 0$とする．

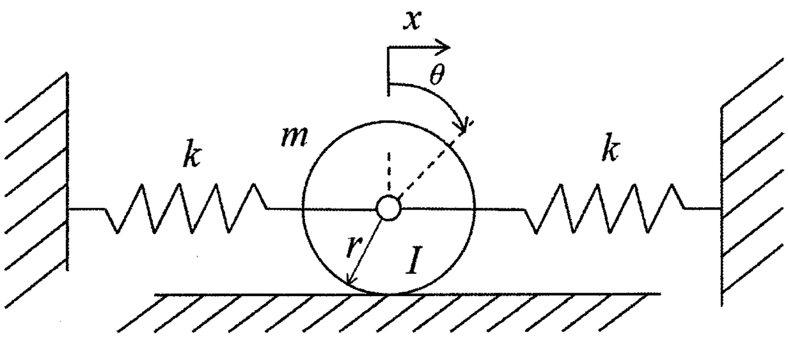


図３

キーワード：Keyword
半径：radius，質量：mass，円柱：cylinder，ばね定数：spring constant，ばね：spring，回転運動：rotational motion，系：system，摩擦は一切働かない：all frictions are negligible，自然長：natural length，慣性モーメント：moment of inertia，滑らずに転がる：rolling without slipping，運動エネルギー：kinetic energy，ポテンシャルエネルギー：potential energy，θの関数：function of θ，ラグランジュ法：Lagrangian method，運動方程式：equation of motion，周期：period，時間：time，ゼロ：zero，円柱がちょうど１回転する：the cylinder makes exactly one rotation

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024 年 8 月 16 日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

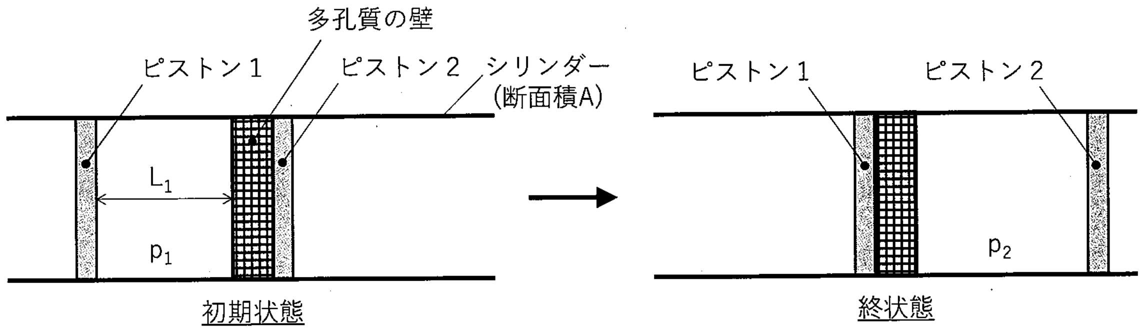
科目の番号

3　熱力学

以下の問１～３に解答せよ。なお、解答には途中経過も示すこと。

問１　下図に示すように断面積が A で多孔質の壁を有するシリンダーがあり、壁の左にピストン１、右にピストン２が配置されている。初期状態において、壁の左側に n モルの理想気体（気体定数 R）が封入されており、ピストン１の壁からの距離は L_1、気体の圧力は p_1 であった。ピストンを操作して気体を壁の右側にゆっくりと移動させたところ、終状態において気体の圧力は p_2（$p_2 < p_1$）になった。また、初期状態から終状態に至る過程で、気体の温度に変化はなかった。シリンダー、多孔質の壁、ピストンはすべて断熱材料でできており、ピストンとシリンダーの間に漏れや摩擦は無いものとするとき、次の問いに答えよ。

(1) 気体の温度を求めよ。
(2) この過程で生じる気体のエンタルピーの変化と内部エネルギーの変化を求めよ。
(3) 終状態に至るまでに気体がなす正味の仕事と終状態における隔壁とピストン２の距離を求めよ。
(4) この過程で生じる気体のエントロピーの変化を求めよ。また、この過程は可逆過程と不可逆過程のいずれであるかを論ぜよ。
(5) 理想気体の代わりに、正のジュール・トムソン係数を有する気体が同様の過程を経た場合、気体の温度は上昇するか、低下するか、あるいは不変であるかを論ぜよ。



キーワード：Keyword
断面積 : cross-sectional area, 多孔質の壁 : porous wall, シリンダー : cylinder, ピストン : piston, 初期状態 : initial condition, 理想気体 : ideal gas, 気体定数 : gas constant, 距離 : distance, 圧力 : pressure, 終状態 : final condition, 過程 : process, 断熱材料 : thermal insulation material, 漏れ : leakage, 摩擦 : friction, 温度 : temperature, エンタルピー : enthalpy, 内部エネルギー : internal energy, 正味 : net, 仕事 : work, エントロピー : entropy, 可逆 : reversible, 不可逆 : irreversible, ジュール・トムソン係数 : Joule-Thomson coefficient

【次ページへ続く】

【前ページから続く】

問２　質量 m、温度 T_0、体積 V_0 の理想気体（比熱比 γ、気体定数 R_m）が準静的に膨張して体積が β 倍になった。このとき、次の問いに答えよ。

(1) 気体の定積比熱と定圧比熱を求めよ。

(2) 膨張過程を等温膨張とするとき、気体に加えられる熱、気体がなす仕事、気体の内部エネルギーの変化、気体のエントロピーの変化を求めよ。

(3) 膨張過程を断熱膨張とするとき、気体に加えられる熱、気体がなす仕事、気体の内部エネルギーの変化、気体のエントロピーの変化を求めよ。

(4) 膨張前の状態、等温膨張後の状態、断熱膨張後の状態を一つの p-v 線図上に示せ。

(5) 膨張前の状態、等温膨張後の状態、断熱膨張後の状態を一つの T-s 線図上に示せ。なお、膨張前における理想気体の比エントロピーを s_0 で表すこととする。

キーワード：Keyword
質量：mass, 温度：temperature, 体積：volume, 理想気体：ideal gas, 比熱比：specific heat ratio, 気体定数：gas constant, 準静的：quasi-static, 膨張：expansion, 体積：volume, 定積比熱：specific heat at constant volume, 定圧比熱：specific heat at constant pressure, 等温：isothermal, 熱：heat, 仕事：work, 内部エネルギー：internal energy, エントロピー：entropy, 断熱：adiabatic, 線図：diagram, 比：specific

問３　ポンプ、ボイラー、タービン、復水器で構成され、ランキンサイクルに従って動作する熱機関がある。単位時間当たりにボイラーで作動流体に投入される熱量が Q_b、単位時間当たりにタービンで発生する工業仕事が W_t、単位時間当たりにポンプで作動流体に投入される工業仕事が W_p であるとき、次の問いに答えよ。

(1) 単位時間当たりに復水器で作動流体から除去される熱量を求めよ。

(2) この熱機関の熱効率を求めよ。

(3) 作動流体の質量流量を G、ボイラー入口における作動流体の比エンタルピーを h_{in} とするとき、ボイラー出口における作動流体の比エンタルピーを求めよ。

(4) T-s 線図の概形を描け。ただし、作動流体は、復水器における冷却により飽和液となってポンプに流入し、また、ボイラーにおける加熱により飽和蒸気となってタービンに流入するものとする。なお、線図には、ポンプ、ボイラー、タービン、復水器の入口を各々1〜4 の番号で示すとともに、飽和液線と飽和蒸気線も記入せよ。

キーワード：Keyword
ポンプ：pump, ボイラー：boiler, タービン：turbine, 復水器：condenser, ランキンサイクル：Rankine cycle, 熱機関：heat engine, 単位時間：unit time, 作動流体：working fluid, 熱量：heat, 工業仕事：technical work, 熱効率：thermal efficiency, 質量流量：mass flow rate, 比エンタルピー：specific enthalpy, 線図：diagram, 飽和液：saturated liquid, 飽和蒸気：saturated vapor

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024 年 8 月 16 日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

4　流体力学

以下の問１〜問３を答えよ。

問 1. 図 1 に示す水が流れる管路に水銀の入ったマノメータが取り付けられている。水と水銀の密度はそれぞれ ρ_w、ρ_m と表し、重力加速度の大きさは g とする。

(1) 管路の圧力 p_A をゲージ圧力として求めよ。

(2) 図 1 で h_1=300 mm、h_2=150 mm、$\rho_w = 10^3$ kg/m^3、ρ_m =1.36×10^4 kg/m^3、g=9.81m/s^2 とする。p_A の値を求めよ。

問 2. 二次元の非圧縮性定常流れ $\boldsymbol{u} = (u, v)$に関する以下の問いに答えよ。

(1) $u=3x^2y+xy^2, v=axy^2+by^2+cy^3$ で表されるとき、係数 $a \sim c$ に適した値を求めよ。

(2) (1)の条件における渦度を求めよ。

問 3. 図 2 に示すように、無限に広く水平面に対して角度 α の傾斜を持つ斜面の上を、液膜が流れている。壁面上では滑りなし、液膜表面では滑り条件とする。流れは完全発達した非圧縮の層流であり、液膜の厚さは h で一定である。また周囲の気体の流れは無視することができ、液膜表面での圧力は一定とする。流体の粘性係数を μ、密度を ρ、重力加速度の大きさを g とする。

(1) x 方向の速度分布 $u(y)$を求めよ。

(2) x 方向の最大速度を求めよ。

(3) 断面平均速度を求めよ。

キーワード：keyword

水: water, 水銀: mercury, マノメータ: manometer, 密度: density, 重力加速度: acceleration of gravity, 圧力: pressure, ゲージ圧力: gauge pressure, 二次元: two-dimensional, 非圧縮性定常流れ: incompressible steady flow, 係数: coefficient, 渦度: vorticity, 角度: angle, 斜面: inclined plane, 液膜: liquid film, 滑りなし: no-slip condition, 液膜表面: surface of liquid film, 滑り条件: slip condition, 完全発達: fully developed, 層流: laminar flow, 厚さ: thickness, 一定: constant, 無視する: negligible, 粘性係数: viscosity, 速度分布: velocity profile, 最大速度: maximum velocity, 断面平均速度: cross-sectional averaged velocity

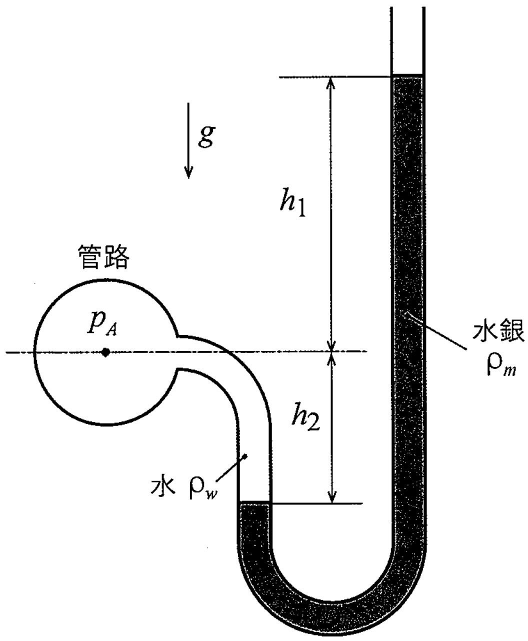


図 1

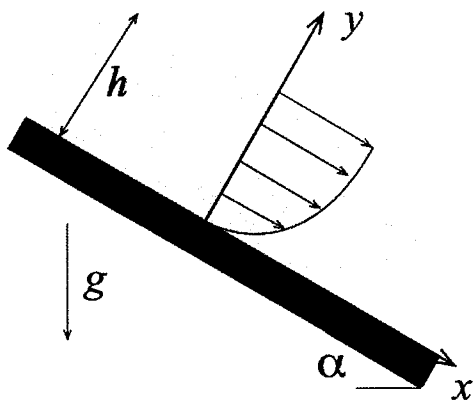


図 2

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

5　制御工学

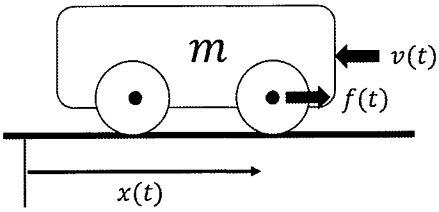


図 1　移動体

図 1 の移動体の制御を考える．移動体は 4 つの車輪を有し，右側を前方とする前輪駆動である．質量をm，時間をt，位置を$x(t)$，前輪による駆動力を$f(t)$，移動体に加わる抵抗力を$v(t)$とすると，時間tにおける運動方程式は

$$m\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}x(t) = f(t) - v(t) \tag{1}$$

となる．この移動体を制御するために，問 1 から問 3 に答えよ．問題は複数ページにまたがるので注意せよ．なお，時間tのある信号$g(t)$に対するラプラス変換は$G(s)$と表し，sは複素数の変数とする．

問 1：(1)式の駆動力$f(t)$を直接制御でき，かつ，抵抗力が

$$v(t) = c_v\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t) \tag{2}$$

で与えられる状況を考える．ただし，c_vは速度抵抗係数であり，$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(0) = x(0) = 0$とする．

(1-a) 位置$x(t)$，駆動力$f(t)$のラプラス変換をそれぞれ$X(s)$，$F(s)$と表す．(1)式と(2)式を用いて，$F(s)$から$X(s)$までの伝達関数$G_1(s)$を求めよ．

(1-b) $m = c_v = 1$のとき，(1-a)で求めた$G_1(s)$にインパルス信号を与えたときの時間応答$x(t)$を求めよ．

問 2：(1)式の駆動力$f(t)$を直接操作でき，かつ，$f(t)$に対して以下の制御則

$$f(t) = -k_p(x(t) - x_r(t)) - k_d\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t) \tag{3}$$

を用いて移動体の位置$x(t)$を目標値$x_r(t)$に移動させることを考える．ただし，$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(0) = x(0) = 0$であり，目標値$x_r(t)$と抵抗力$v(t)$はそれぞれ，位置$x(t)$や速度$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t)$に依存しないものとする．

(2-a) (1)式と(3)式において，$v(t) = 0$，かつ，$m = 1$とし，目標値$x_r(t)$のラプラス変換を$X_r(s)$と表す．$X_r(s)$から$X(s)$までの伝達関数$G_2(s)$の極が-2の 2 重根になるk_pとk_dを求めよ．

(2-b) (1)式と(3)式において，$x_r(t) = v(t) = 1$，かつ，$m = 1$とする．(2-a)で求めたk_pとk_dを用いた時の移動体の位置$x(t)$の時間無限大での最終値$x(\infty)$を求めよ．

【次ページへ続く】

科目の番号

5　制御工学

【前ページから続く】

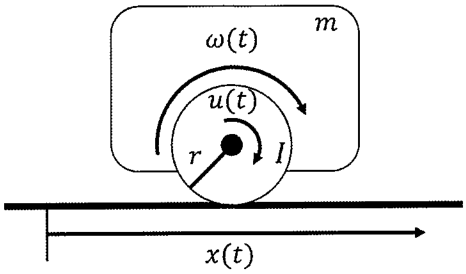


図 2　移動体の一輪車モデル

問 3：移動体の前輪トルクを操作して位置制御するために，図 1 の移動体を図 2 の一輪車モデルで近似する．前輪の慣性モーメントをI，回転速度を$\omega(t)$，前輪トルクを$u(t)$，前輪の半径をrとし，時間tにおける一輪車モデルの運動方程式を

$$m\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}x(t) = -k_x x(t) - k_\omega \omega(t) \tag{4}$$

$$I\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\omega(t) = u(t) + r(k_x x(t) + k_\omega \omega(t)) \tag{5}$$

で与える．k_xとk_ωは適当な物理パラメータである．

(3-a) (4)式と(5)式に対して状態ベクトル$\boldsymbol{z}(t)$と出力$y(t)$を

$$\boldsymbol{z}(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}, \qquad y(t) = x(t) \tag{6}$$

で定める．このとき，状態方程式

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{z}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{z}(t) + \boldsymbol{B}u(t), \qquad y(t) = \boldsymbol{C}\boldsymbol{z}(t) \tag{7}$$

の係数行列$\boldsymbol{A}$，$\boldsymbol{B}$，$\boldsymbol{C}$をパラメータm，I，k_x，k_ω，rを用いて求めよ．

(3-b) $m = I = 1$のとき，(3-a)で求めた状態方程式(7)が可制御になるための条件を求めよ．条件にパラメータk_x，k_ω，rのいずれか，もしくは全てを用いても構わない．

(3-c) $m = I = r = 1$のとき，(3-a)で求めた状態方程式(7)に対して，制御則

$$u(t) = -k_x(x(t) - x_r(t)) - 2k_\omega \omega(t) \tag{8}$$

を適用した閉ループシステムの極をλとする．ただし，目標値$x_r(t)$は位置$x(t)$，速度$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t)$，回転速度$\omega(t)$に依存しないものとする．パラメータ$k_x$，$k_\omega$，$\lambda$を用いて閉ループシステムの特性方程式を求めよ．ただし，極λの値自体は求めなくても良い．

キーワード：Keywords

移動体：Moving body，前輪駆動：Front wheel drive，質量：Mass，時間：Time，位置：Position，駆動力：Driving force，抵抗力：Resistance，運動方程式：Motion equation，信号：Signal，ラプラス変換：Laplace transformation，複素数：Complex number，変数：Variable，速度：Velocity，抵抗係数：Resistance coefficient，伝達関数：Transfer function，インパルス：Impulse，応答：Response，制御則：Control law，目標値：Target value，極：Pole，2 重根：Double root，最終値：Final value，トルク：Torque，一輪車モデル：Unicycle model，慣性モーメント：Moment of inertia，回転：Rotation，半径：Radius，物理パラメータ：Physical parameter，状態ベクトル：State vector，出力：Output，状態方程式：State-space equation，係数行列：Coefficient matrix，可制御：Controllable，閉ループシステム：Closed-loop system，特性方程式：Characteristic equation

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024年8月16日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

6　電気回路学

問 1. 図 1 の線形回路は角周波数 ω [rad/s] の交流電源と，複素インピーダンスが Z_1, Z_2, Z_3 で記される素子①, ②, ③にて構成されている．図 1 に示すように①, ②, ③の各素子に流れる電流をそれぞれ I_1, I_2, I_3 と記す．以下の問いに答えよ．

(1) $Z_2 = -Z_1$ のとき，I_3 は Z_3 に依存しないことを示せ．

(2) 素子①を $L_1 > 0$ [H] のインダクタ（コイル），素子②を $C_2 > 0$ [F] のキャパシタ，素子③を $R_3 > 0$ [Ω] の抵抗とする．I_1 と交流電源の電圧が同相となるときの R_3 と ω の条件を求めよ．

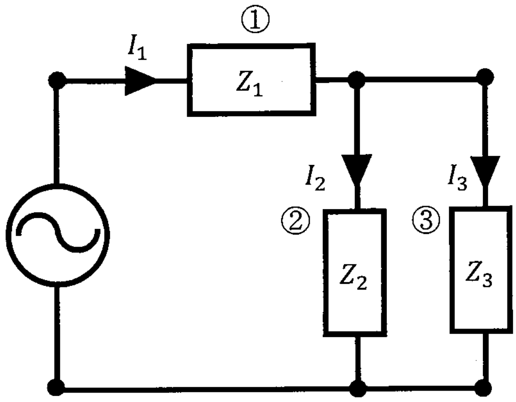


図 1

問 2. 図 2 の回路は内部抵抗が無視できる起電力が E [V] の直流電圧源，スイッチ SW，L [H] のインダクタ（コイル），C [F] のキャパシタ，R [Ω] の抵抗で構成した RLC 回路である．この回路のスイッチを a 側に接続して定常状態に達した後，時刻 $t = 0$ でスイッチを b 側に接続した．以下の問いに答えよ．

(1) 図 2 のようにキャパシタにかかる電圧を $v(t)$ と記す．$t \geq 0$ における $v(t)$ の最大値を記せ．

(2) 抵抗に流れる電流を $i(t)$ と記す．次式で与えられる K の値を記せ．

$$K = \int_0^\infty R\, i(t)^2 \, \mathrm{d}t$$

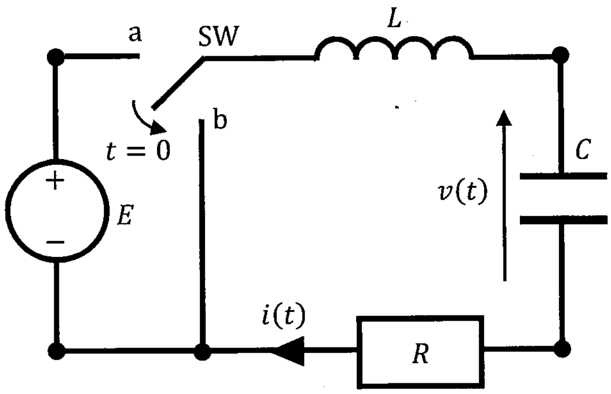


図 2

キーワード：Keywords
線形：linear，回路：circuit，角周波数：angular frequency，交流電源：AC power source，複素インピーダンス：complex impedance，素子：electronic component，電流：current，インダクタ：inductor，コイル：coil，キャパシタ：capacitor，抵抗：resistor，電圧：voltage，同相：in-phase，内部抵抗：output impedance，起電力：electromotive force，直流電源源：DC power source，スイッチ：switch，定常状態：steady state

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

7 ディジタル信号処理

問 1.

入力が離散時間信号$x[n], n = 0, 1, 2, \cdots$の 3 点移動平均システムを考える．その出力$y[n]$を式(1. 1)で表す．

$$y[n] = \frac{1}{3}(x[n] + x[n-1] + x[n-2]) \qquad (1.1)$$

ただし，$x[-1] = x[-2] = 0$とする．　以下の小問に答えよ．

(1)　1[Hz]の連続時間信号cos (2πt)を6[Hz]でサンプリングした後の離散時間信号$x[n]$の正規化角周波数ωを求めよ．

(2)　この離散時間信号$x[n]$を 3 点移動平均システムに通したときの出力信号$y[n]$を求めよ．

(3)　式(1. 1)の 3 点移動平均システムの伝達関数$H(z)$を求めよ．

(4)　この 3 点移動平均システムの周波数特性における振幅特性$A(\omega)$と位相特性$\theta(\omega)$を正規化角周波数ωの関数として表せ．

(5)　入力信号$x[n]$に対し，定常状態時の出力信号$y[n]$の振幅$A(\omega)$と位相$\theta(\omega)$を計算せよ．

【次のページに続く】

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

7　ディジタル信号処理

【前ページより続く】

問 2.

入力信号が$x[n]$，出力信号が$y[n]$である図 1 に示すディジタル信号処理システムを考える．このディジタルシステムについて，次の問いを答えよ．

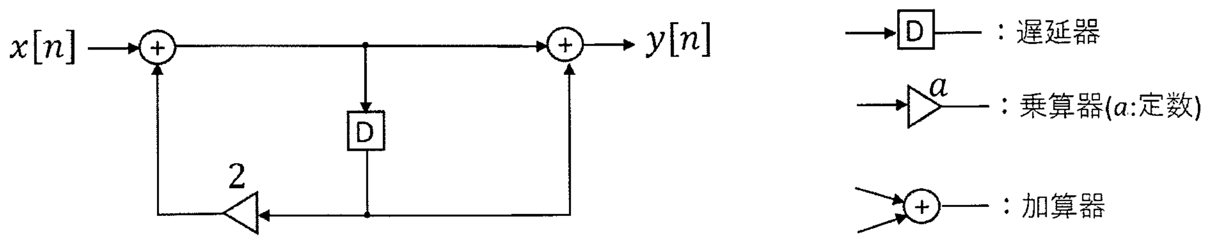


図 1．ディジタル信号処理システム

(1)　このシステムの差分方程式を求めよ．

(2)　このシステムの伝達関数を求めよ．

(3)　このシステムのインパルス応答を求めよ．

(4)　このシステムは BIBO 安定（Bounded Input Bounded Output Stability）か．理由を付して答えよ．

キーワード：Keywords

離散時間信号:discrete time signal，移動平均システム:moving average system，連続時間信号:continuous time signal，サンプリング:sampling，正規化角周波数:normalized angular frequency，周波数特性：frequency characteristic，振幅特性:gain characteristic，位相特性：phase characteristic，ディジタル信号処理:digital signal processing，差分方程式:difference equation，伝達関数:transfer function，インパルス応答:impulse response

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2024年8月16日実施）

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

8 応用数学

虚数単位を i で記す．つぎの大問に答えよ．

問１　つぎの小問に答えよ．

(1) $e^{i\pi}$ を計算せよ．

(2) $|e^{i\theta}|$ を計算せよ．ただし，任意の実数 $\theta \geq 0$ とする．

(3) $(i+1)^i$ を計算せよ．

(4) 複素関数 $z = \sin w$ の逆関数を $w = \sin^{-1} z$ と表すとき，$\sin^{-1} z = -i \log\left(iz + \sqrt{1-z^2}\right)$ と表せることを示せ．ここで，z および w は，複素数の変数とする．

問２　つぎの小問に答えよ．ただし，複素関数 $f(z)$ の微分をつぎの通りに定義する．

$$\frac{df(z)}{dz} = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{f(z+\Delta z) - f(z)}{\Delta z}$$

(1) 正則な複素関数 $f(z)$ および $g(z)$ に対し，$\frac{df(z)\cdot g(z)}{dz} = \frac{df(z)}{dz} \cdot g(z) + f(z) \cdot \frac{dg(z)}{dz}$ の等式が成立することを示せ．

(2) $z^2 \log z$ $(z \neq 0)$ の微分を求めよ．

(3) e^{iz} の微分を求めよ．

問３　反時計回りを正とする経路 $C: |z| = \frac{1}{2}$ に対し，ローラン展開と留数を用いて線積分

$$\oint_C \frac{1}{z^2(1-z)}\, dz$$

の値を計算せよ．

キーワード：Keywords

虚数単位：imaginary unit，実数：real number，複素関数：complex function，逆関数：inverse function，複素数：complex number，変数：variable，微分：differential，正則な：regular，反時計回り：counterclockwise，経路：curve，ローラン展開：Laurent expansion，留数：residue，線積分：line integral