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
（2019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１４枚、解答用紙は４枚である。（予備用２枚を含む。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。（予備用２枚を含む）

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。
（予備用の解答用紙に３科目以上の解答を記入しても採点しない。）

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。使わなかった予備用の解答用紙には科目の番号は記入不要。）

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。

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 4ℓ の突き出しはりの自由端 A 点と D 点に集中荷重 W が作用している．はりの曲げ剛性を EI とする．A 点を 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($0 \leqq x \leqq 4\ell$)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) 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．

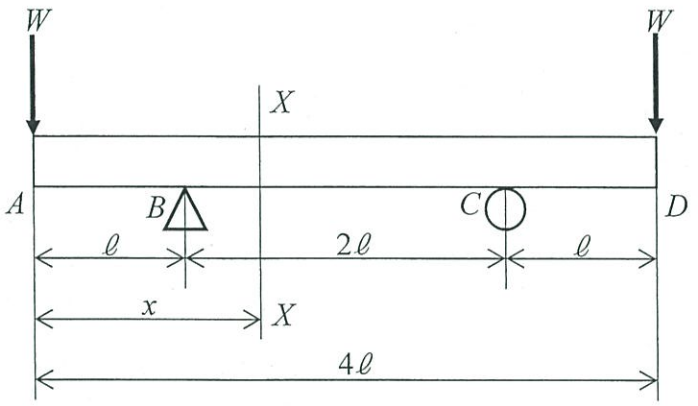

図 1

キーワード：Keyword

長さ : length, 突き出しはり : simply supported beam with overhang, 集中荷重 : concentrated load, 曲げ剛性 : flexural rigidity, 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

【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】

問 2．図 2 に示すように，棒が剛体天井から吊り下げられている．棒の底面に引張荷重 W を作用させたとき，棒の自重と引張荷重 W によって棒に生じる応力が全長にわたって σ_0 になるように断面積 A を変化させたい．棒の長さを ℓ ，縦弾性係数を E，単位体積当たりの重量を γ とする．棒の底面を 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($0 \leqq x \leqq \ell$)における棒の断面積 A を x の関数として表せ．

(2) 棒の底面の変位量 δ を求めよ．

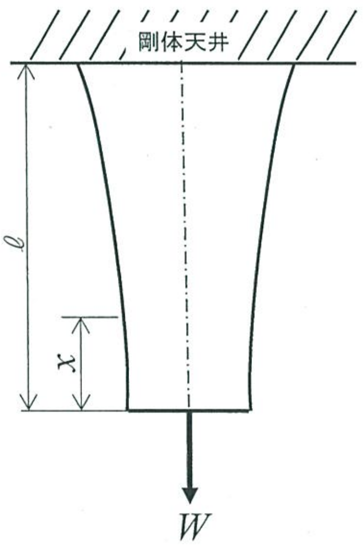

図 2

キーワード：Keyword

棒：bar, 剛体天井：rigid ceiling, 底面：bottom, 引張荷重：tensile load, 自重：own weight, 応力：stress, 断面積：cross sectional area, 長さ：length, 縦弾性係数：Young’s modulus, 単位体積当たりの重量：specific weight, 関数：function, 変位量：deflection

【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】

問３．図 3 に示すように，同一材質の丸棒 A（直径 d，長さ ℓ）と丸棒 B（直径 $3d$，長さ 3ℓ）の一端が剛体壁に固定され，他端にねじりモーメント T_A と T_B がそれぞれ作用しているとき，丸棒 A と丸棒 B の両端間のねじれ角が等しくなった．丸棒 A と丸棒 B の横弾性係数を G とするとき，次の問いに答えよ．

(1) ねじりモーメントの比 T_A / T_B を求めよ．

(2) 丸棒 A に蓄えられるひずみエネルギーを U_A，丸棒 B に蓄えられるひずみエネルギーを U_B とするとき，ひずみエネルギーの比 U_A/U_B を求めよ．

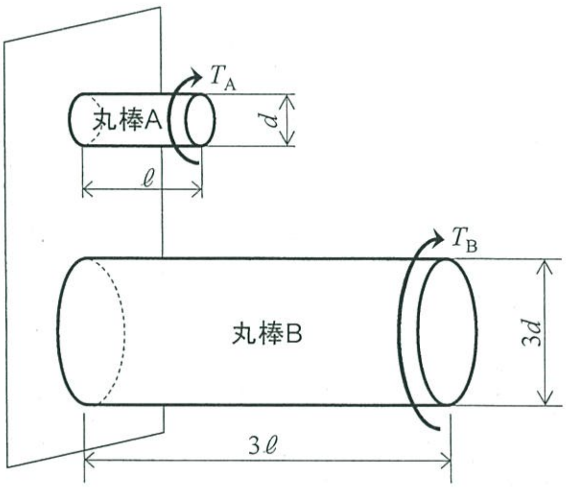

図 3

キーワード：Keyword

丸棒：round bar，直径：diameter，長さ：length，剛体壁：rigid wall，ねじりモーメント：torsional moment，ねじれ角：angle of torsion, ，横弾性係数：shear modulus，ひずみエネルギー：strain energy

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2019 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．質量 m の質点と質量が無視できる長さ l の剛体棒から成る振り子に，ばね定数 k のばねと粘性減衰係数 c の減衰器が，図 1 のようにそれぞれ支点からの距離 l および d の位置に取り付けられており，水平な状態で静止している．この質点に力 $F = P\cos\omega t$ を鉛直方向に作用させた場合について，以下の設問に答えよ．なお，振り子の静止位置からの回転角を θ とし，質点の変位は十分小さいものとする．以下では，強制振動のみを考慮せよ．

(1) この振動系の運動方程式を記せ．

(2) 物体の振幅 A を求めよ．

次に，図 1 の振動系に，質量 m_a の質点と質量が無視できる長さ l_a の剛体棒を，図 2 のように直角に取り付けた L 字型の振り子を考える．重力加速度を g として，以下の設問に答えよ．

(3) この系の運動方程式を記せ．

(4) $m_a = 4m$，$l_a = l\,/\,2$ とした場合を考える．質点に微小変位を加え静かに放した場合，この系が振動するための k の必要条件を求めよ．

(5) k が (4) の必要条件を満たしているものとして，この系が減衰振動するための c の最大値（臨界減衰係数）を求めよ．

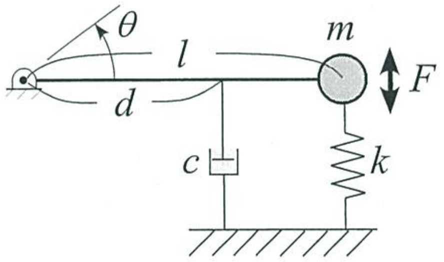

図 1

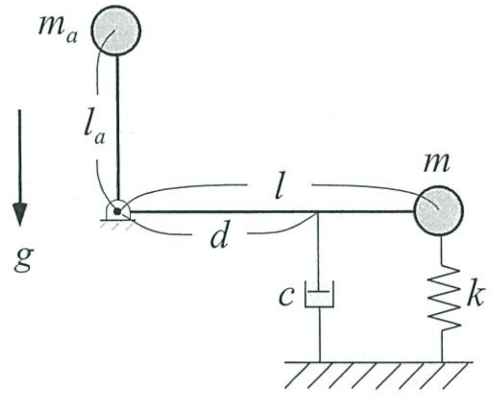

図 2

キーワード：Keyword

質量：mass, 質点：point mass, 無視できる：negligible, 長さ：length, 剛体棒：rigid rod, 振り子：pendulum, ばね定数：spring constant, 粘性減衰係数：viscous damping coefficient, 減衰器：damper, 支点：pivot, 距離：distance, 位置：point, 水平な状態で静止している：stationary at horizontal position, 力：force, 鉛直方向：vertical direction, 静止位置：resting position, 十分小さい：small enough, 強制振動：forced vibration, 運動方程式：equation of motion, 振幅：amplitude, 直角に：perpendicularly, L 字型の：L-shaped, 重力加速度：acceleration of gravity, 必要条件：required condition, 満たしている：satisfy, 最大値：maximum value, 臨界減衰係数：critical damping coefficient

【次ページへ続く】

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2019 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

【前ページから】

問２．張力 T で張られている質量が無視できる糸に，質量 m_1, m_2 の質点が図３のように取り付けられ，自由振動している．重力は無視でき，質点の変位は十分小さいものとする．糸の長さを l_1, l_2, l_3 とし，張力は糸のどの点においても一定として，以下の設問に答えよ．

(1) 各質点の y 軸方向の変位を y_1, y_2 として，運動方程式を記せ．

(2) $m_1 = m_2 = m$, $l_1 = l_3 = l$, $l_2 = 3l$ とした場合の固有角振動数を求めよ．

(3) (2) で求めた各固有角振動数における２つの質点の振幅比を求め，振動モードを図示せよ．

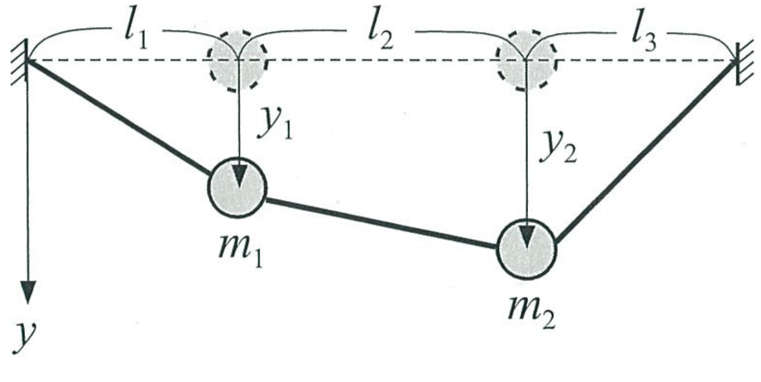

図３

キーワード：Keyword

張力：tension, 質量：mass, 無視できる：negligible, 糸：string, 質点：point mass, 自由振動：free vibration, 重力：gravity, 無視：negligible, 変位：displacement, 十分小さい：small enough, 長さ：length, 一定：constant, 方向：direction, 運動方程式：equation of motion, 固有角振動数：natural angular frequency, 振幅比：amplitude ratio, 振動モード：vibration mode

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．

問１　質量 m，気体定数 R，比熱比 κ の狭義の理想気体を作動流体として，温度 T_{H} の高温熱源から熱を吸収しつつ熱効率 η で動作するカルノー熱機関がある．等温膨張前の体積が V_1，等温膨張後の体積が $2V_1$ であるとき，次の問いに答えよ．

(1)　低温熱源の温度を求めよ．

(2)　等温圧縮の前と後における作動流体の体積を各々求めよ．

(3)　1 サイクルの間に作動流体が高温熱源から吸収する熱量と低温熱源に放出する熱量を求めよ．

(4)　1 サイクルごとの，高温熱源，低温熱源，カルノー熱機関のエントロピー変化を，各々求めよ．

(5)　カルノー熱機関を逆回しして，高温熱源に Q の熱量を送りたい．必要な仕事と低温熱源から吸収する熱量を求めよ．

問２　圧縮機で断熱圧縮した空気を等圧加熱し，タービンで断熱膨張させて仕事を取り出す熱機関がある．なお，作動流体となる空気は，大気より取り込み，同じく大気に放出するものとする．空気を気体定数 R，比熱比 κ の狭義の理想気体として，次の問いに答えよ．

(1)　この熱機関の p-v（圧力-比体積）線図と T-s（温度-比エントロピー）線図を描け．

(2)　この熱機関の理論熱効率を，圧縮機の入口温度 T_1 と出口温度 T_2 及びタービンの入口温度 T_3 と出口温度 T_4 を用いて表せ．

(3)　この熱機関の理論熱効率を，圧縮機の入口圧力 p_1 と出口圧力 p_2 を用いて表せ．

問３　直径 d，長さ L の円筒容器に，質量 m の質点が N 個封入されている．すべての質点は，円筒容器の軸方向に速さ w で運動しており，円筒容器の円形の両端面と衝突するときは，完全弾性衝突をするものとする．ただし，N は十分に大きい値であり，円筒容器の二つの円形端面の片方を面 A とする．このとき，次の問いに答えよ．

(1)　1 回の衝突で生じる質点の運動量変化の絶対値を求めよ．

(2)　時間 t の間に，面 A で生じる質点の衝突回数を求めよ．ただし，wt は L に対して十分に大きいものとする．

(3)　質点の衝突によって，面 A に働く力の絶対値を求めよ．

(4)　円筒容器内の単位体積当たりに含まれる質点が保有する運動エネルギーを E とする．面 A の単位面積当たりに働く力 F を，E を用いて表せ．

キーワード：Keyword

質量：mass, 気体定数：gas constant, 比熱比：ratio of specific heat, 狭義の理想気体：ideal gas of constant specific heat, 作動流体：working fluid, 温度：temperature, 熱源：heat source, 熱：heat, 熱効率：thermal efficiency, カルノー熱機関：Carnot engine, 等温膨張：isothermal expansion, 体積：volume, 等温圧縮：isothermal compression, サイクル：cycle, エントロピー：entropy, 仕事：work, 圧縮機：compressor, 断熱圧縮：adiabatic compression, 空気：air, 等圧加熱：isobaric heating, タービン：turbine, 断熱膨張：adiabatic expansion, 熱機関：heat engine, 大気：atmosphere, 圧力：pressure, 比体積：specific volume, 線図：diagram, 温度：temperature, 比エントロピー：specific entropy, 理論熱効率：theoretical thermal efficiency, 入口：inlet, 出口：outlet, 直径：diameter, 長さ：length, 円筒容器：cylindrical container, 質点：point mass, 軸方向：axial direction, 速さ：speed, 端面：end face, 完全弾性衝突：elastic collision, 運動量：momentum, 絶対値：absolute value, 運動エネルギー：kinetic energy

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 2，問 3 に解答せよ．

問 1.　図 1 に示す幅 $2h$ の二次元平行平板間流路に，密度 ρ，動粘性係数 ν の粘性流体が流れている．
(1) 流れが層流で x 方向の圧力勾配が一定であるとき，x 方向流速 u は y 方向の関数となる．このときの x 方向最大流速を U として関数 $u(y)$を求めよ．また，壁面せん断応力 τ_w の大きさを求めよ．
(2) (1)と同じ圧力勾配を与えたまま，上側の平板を x 軸に平行に速度 V で動かしたところ，上側の平板における壁面せん断応力が 0 になった．平板静止時の最大流速を U とするとき，平板の速度 V を求めよ．
(3) 平行平板間流路のレイノルズ数を $U, 2h, \nu$ で定義する．いま，$\nu = 1.5\times10^{-5}$ m^2/s の空気を $U = 0.5$ m/s で流したところ，レイノルズ数が 3000 となった．この時，h として適切な値を求めよ．

問 2.　二次元非圧縮性定常流れ $\boldsymbol{u} = (u,v)$ に関する以下の問に答えよ．
(1)　$u = x^2y+3xy^2,\ v = axy^2+by^2+cy^3$ で表されるとき，係数 a ～ 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.　直径 $d = 40$ mm の滑らかな球が無風状態の空気中を回転せずに移動している．空気の密度を 1.2 kg/m^3，動粘性係数を 1.5×10^{-5} m^2/s として以下の問に答えよ．
(1) 球の速度が 108 km/h であるとき，球まわりの流れのレイノルズ数を求めよ．
(2) (1)の条件において，球に作用する流体抗力 D_1 を求めよ．ただし，抵抗係数は 0.4 とみなしてよい．
(3) 同じ球を密度 1.0×10^3 kg/m^3，動粘性係数 1.0×10^{-6} m^2/s の水で満たされた水槽内に図 2 のように支持棒で固定し，(1)と同じレイノルズ数となるように一様流を与えた．このときの流速 U を求めよ．ただし，球は水槽の壁面・底面から十分に離れた位置にあり，支持棒の影響は無視できるとする．
(4) (3)の条件における流体抗力 D_2 を求めよ．

キーワード: Keywords
二次元: two dimensional, 平行平板間流路: plane channel, 密度: density, 動粘性係数: kinematic viscosity, 粘性流体: viscous fluid, 層流: laminar flow, 圧力勾配: pressure gradient, 一定: constant, 流速: fluid velocity, 関数: function, 最大: maximum, 壁面せん断応力: wall shear stress, 上側の: upper, 平板: plate, 平行: parallel, 静止時: at rest, 定義する: define, 空気: air, 非圧縮性: incompressible, 定常流れ: steady flow, 渦度: vorticity, 無風状態: windless, 抗力: drag force, 抵抗係数: drag coefficient, 水槽: water tank, 支持棒: support rod, 固定: fix, 一様流: uniform flow, 十分に離れた: far enough away, 影響: influence, 無視できる: negligible

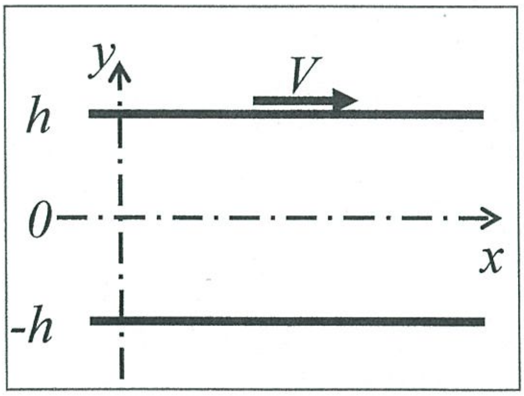

図 1.

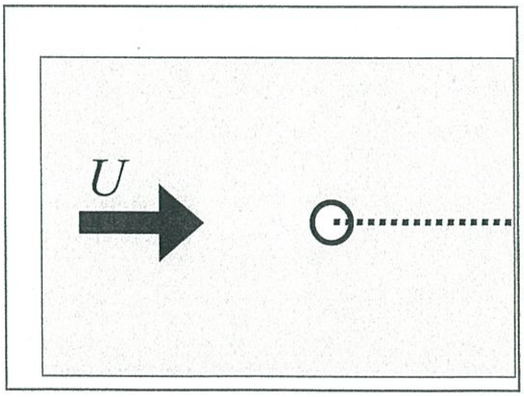

図 2.

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

以下の問 1 と問 2 を答えよ．問題は複数ページにまたがるので注意せよ．また，ある時間信号$g(t)$に対するラプラス変換は$G(s)$と表し，sはラプラス演算子とする．

問 1．図 1 に示すフィードバック制御システムを考える．

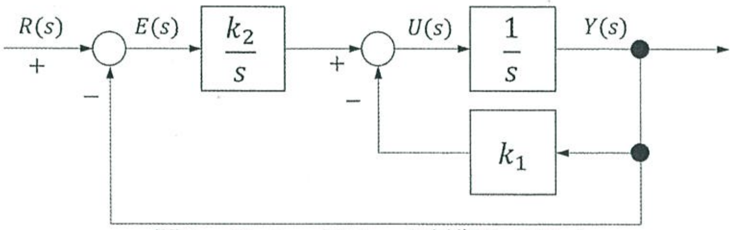

図 1　フィードバック制御システム

(1) 入力$R(s)$から出力$Y(s)$までの伝達関数$G_R(s)$を求めよ．

(2) 以下の(a)式に示す規範モデル$M(s)$

$$M(s) = \frac{1}{1 + s + 0.5s^2} \tag{a}$$

が与えられたとする．伝達関数$G_R(s)$と規範モデル$M(s)$が一致する，すなわち，$G_R(s) = M(s)$となる比例ゲインk_1と積分ゲインk_2の値を求めよ．

(3) (2)で求めた比例ゲインk_1と積分ゲインk_2を有するフィードバック制御システムの入力$R(s)$にランプ信号を加えたとする．このとき，偏差$E(s)$の定常偏差$\lim_{t\to\infty} e(t)$を求めよ．

キーワード：Keywords

時間信号：Time signal，ラプラス変換：Laplace transformation，ラプラス演算子：Laplace operator，フィードバック制御システム：Feedback control system，入力：Input，出力：Output，伝達関数：Transfer function，規範モデル：Reference model，比例：Proportional，ゲイン：Gain，積分：Integral，ランプ：Ramp，偏差：Error，定常偏差：Steady-state error

【次ページに続く】

選択問題

機械知能システム学専攻

科目の番号

5 制御工学

【前ページから続く】

問 2. つぎの (b) 式に示す状態方程式を有するシステムを考える.

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -a & -b \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \quad y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{b}$$

(1) 入力$u(t)$から出力$y(t)$までのシステム (b) 式の伝達関数を求めよ. 同時に, 求まった伝達関数の極が安定になるためのaとbの条件を答えよ.

(2) $a = 3, b = 4$のとき, 以下の (c) 式の出力フィードバック制御器をシステム (b) 式に適用したとする.

$$u(t) = -ky(t) + r(t) \tag{c}$$

入力$r(t)$から出力$y(t)$までの閉ループシステムの極が安定かつ重根となる定数ゲインkを求めよ.

(3) $a = \delta$, $b = -\delta$のとき, 以下の (d) 式の状態フィードバック制御器をシステム (b) 式に適用したとする.

$$u(t) = \begin{bmatrix} -3 & -4 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + r(t) \tag{d}$$

入力$r(t)$から出力$y(t)$までの閉ループシステムの極が安定になるパラメータδの範囲を求めよ.

キーワード：Keywords
状態方程式：State-space equation, 極:Pole, 安定:Stable, フィードバック制御器：Feedback controller, 閉ループ：Closed loop, 重根：Multiple root, 状態：State

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2019 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

図 1 の回路において，最初二つのスイッチ S_0, S_1 が開いている状態から時刻 t=0 でスイッチ S_0 だけを閉じた．以下の問いに答えよ．ただし，キャパシタ C の容量は C[F]であり，抵抗 R の抵抗値は R[Ω]である．また，直流電源 E_0，E_1 の電圧はそれぞれ E_0[V]，E_1[V]であり，$0 < E_0 < E_1$ とする．

(1) 初期条件を t=0 で v=0 とする．$t \geqq 0$ における電圧 v，電流 i，および回路の時定数を求めよ．

(2) キャパシタ C は t=0 で v=0 の状態から十分時間が経過して v=E_0 の状態まで充電された．キャパシタ C に蓄えられているエネルギーを求めよ．また，t=0 から v=E_0 の状態になるまでに直流電源 E_0 が回路へ供給したエネルギーを求めよ．

(3) (2) の v=E_0 の状態からスイッチ S_0 を開くと同時にスイッチ S_1 を閉じたところ，十分時間が経過して v=E_1 の状態になった．スイッチ S_1 を閉じてから v=E_1 の状態になるまでの間の電流 i を求めよ．

(4) t=0 から v=E_1 の状態になるまでに抵抗 R が消費したエネルギーを求めよ．

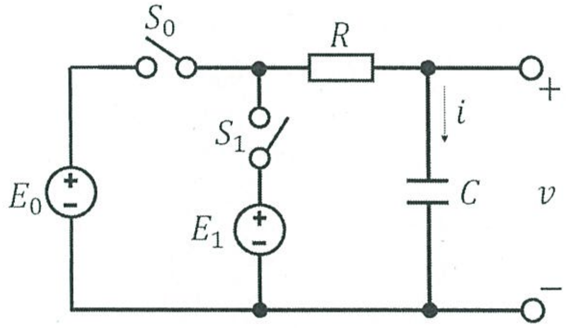

図 1　抵抗とキャパシタを含む回路

キーワード：Keyword

回路：circuit，スイッチ：switch，状態：state，時刻：time，キャパシタ：capacitor
容量：electric capacitance，抵抗：resistor，直流電源：DC power source，電圧：voltage
初期条件：initial condition，電流：electric current，時定数：time constant
充電：charging，エネルギー：energy，供給：supply，消費：consumption

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2019 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

7　ディジタル信号処理

問 1. 入力信号 $x[n]$, $n = 0, 1, 2, \cdots$, と出力信号 $y[n]$, $n = 0, 1, 2, \cdots$, の関係が式(1. 1)の差分方程式で表される離散時間線形時不変システムを考える．

$$y[n+1] = \frac{2}{3}y[n] + x[n] \qquad n = 0, 1, 2, \cdots, \tag{1.1}$$

ただし，$y(0) = 0$ とする．

(1) このシステムの伝達関数を求めよ．
(2) このシステムは安定であるか否か，理由を付けて答えよ．
(3) このシステムのインパルス応答 $h[n]$ の最初の 3 点 $h[0], h[1], h[2]$ を求めよ．
(4) (1) で求めた伝達関数の他にも，最初の 3 点のインパルス応答のみが (3) で求めたものと合致する伝達関数は無数にある．そのような伝達関数の一例を示せ．
(5) 入力信号として次の式(1. 2)で表される信号を考える．

$$x[n] = \left(\frac{1}{2}\right)^n \qquad n = 0, 1, 2, \cdots \tag{1.2}$$

この入力信号の Z 変換 $X(z)$ を求めよ．
(6) (5) の入力信号を式(1. 1)で表されるシステムに印加したときの出力信号の Z 変換 $Y(z)$ を求めよ．
(7) (6) を逆 Z 変換することで，このときの出力信号 $y[n]$ を求めよ．

【次ページに続く】

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.　離散時間信号 $x[n]$, $n=0,1,2,\cdots$, の4点移動平均を算出する式(2.1)を考える.

$$y[n+3]=\frac{1}{4}\left(x[n+3]+x[n+2]+x[n+1]+x[n]\right) \tag{2.1}$$

一方, 式(2.2)で表される1[Hz]の連続時間信号 $x(t)$ を, 6[Hz]でサンプリングすることを考える.

$$x(t)=\cos(2\pi t) \tag{2.2}$$

(1) 式(2.1)を, $x[n]$ を入力, $y[n]$ を出力とするシステムとしてみたとき, その伝達関数を表せ.
(2) 式(2.1)のシステムの周波数特性における振幅特性と位相特性を正規化角周波数 ω の関数として表せ.
(3) 式(2.2)をサンプリングした後の離散時間信号を $x[n]$, $n=0,1,2,\cdots$, と表す. この離散時間信号の正規化角周波数 ω を求めよ.
(4) (3)で求めた離散時間信号 $x[n]$, $n=0,1,2,\cdots$, を式(2.1)に印加したときの出力は式(2.3)で表される.

$$y[n]=A\cos(\omega n+\theta) \tag{2.3}$$

このとき, 振幅 A と位相 θ を求めよ.

キーワード:Keyword
入力信号：Input signal, 出力信号：Output signal, 差分方程式：Difference equation
離散時間線形時不変システム：Discrete time linear time-invariant system
システム：System, 伝達関数：Transfer function, 安定：Stable, インパルス応答：Impulse response
最初の3点：The first three points, 合致する：Coincide, 無数：Infinite number, 一例：One example
Z変換：Z transform, 印加：Apply, 逆Z変換：Inverse Z transform
離散時間信号：Discrete time signal, 4点移動平均：Four points moving average
連続時間信号：Continuous time signal, サンプリング：Sampling
周波数特性：Frequency characteristic, 振幅特性：Gain characteristic
位相特性：Phase characteristic, 正規化角周波数：Normalized angle frequency

大学院情報理工学研究科　博士前期課程：一般入試（2019 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

複素数の変数を z と記す．つぎの問に答えよ．

問１　(1) オイラーの公式を用い，$\cos i$ から 虚数単位 i を消去せよ．

(2) 極座標表示 $z = re^{i\theta}$ を用い，$\left|e^{iz}\right|$ の値を求めよ．ただし，r, θ は，実数とする．

問２　次の複素関数

$$f(z) = \frac{z-1}{z+1}$$

により，単位円内部 $|z| < 1$ が複素平面上の左半平面（実部が負の領域）に移ることを示せ．

問３　正則な複素関数 $f(z)$ について，実数 x, y を用いて $z = x + iy$ と表すとき，次式

$$\frac{\partial}{\partial x} f(x+iy) = -i \frac{\partial}{\partial y} f(x+iy)$$

が成立することを示せ．ただし，i は，虚数単位とする．

問４　次の周回積分を求めよ．

$$\oint_C \frac{2z-3}{z(z-3)} dz$$

ただし，経路を $C\colon |z-2| = 3$ とする．

キーワード：Keywords

複素数：complex number，変数：variable，オイラーの公式：Euler's formula，虚数単位：imaginary unit，極座標：polar coordinate，実数：real number，複素関数：complex function，複素平面：complex plane，実部：real part，負：negative，領域：region，正則：regular，周回積分：contour integration，経路：curve