

1

次の問に答えなさい。

(Answer the following questions.)

- (1) 図 1-1(a) に示すように、長さ 1000 mm 片持ちばりの先端から 400 mm の位置まで等分布荷重 w N/mm が作用する。なお、はりの断面形状は図 1-1(b) に示す通りとするとき、以下の問いに答えよ。
- (a) 固定端に生ずる最大曲げモーメント M を、等分布荷重 w を用いた式で示せ。
 - (b) 断面係数 Z を求めよ。
 - (c) 許容応力を 80 MPa とするとき、負荷できる最大の等分布荷重の値を求めよ。

(As shown in Figure 1-1(a), a cantilever beam with a length of 1000 mm is subjected to a uniformly distributed load w N/mm over a span of 400 mm from the free end. The cross-sectional shape of the beam is as shown in Figure 1-1(b). Answer the following questions based on this information.

- (a) Express the maximum bending moment M at the fixed end using the uniformly distributed load w .
- (b) Determine the section modulus Z .
- (c) Given that the allowable stress is 80 MPa, determine the maximum uniformly distributed load that can be applied.)

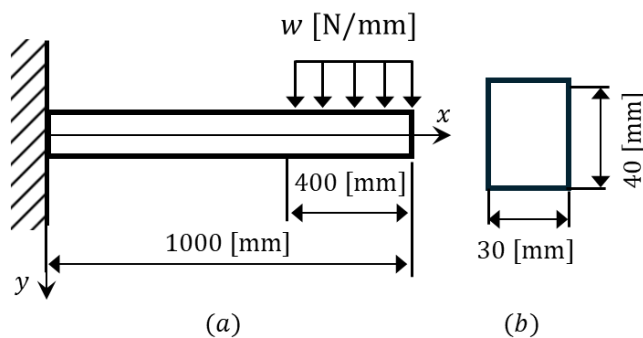


図 1-1 (Fig. 1-1)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- (2) 図 1-2 に示すように、同一材質、同一長さで、外形寸法が等しく断面積比が 2:1 の中実丸棒 A と中空丸棒 B の一端が剛体壁に固定され、他端に等しいねじりモーメント T が作用しているとき、以下の問いに答えよ。
- (a) 中実丸棒 A に生じる最大せん断応力 τ_A を、 d を用いて示せ。
- (b) 中空丸棒 B の極断面係数 Z_p^B を、 d を用いて示せ。
- (c) 中実丸棒 A に生じる最大せん断応力 τ_A と中空丸棒に生じる最大せん断応力 τ_B の比 τ_B/τ_A を求めよ。

(As shown in Figure 1-2, a solid round bar A and a hollow round bar B—made of the same material, with the same length and identical outer dimensions—are fixed at one end to a rigid wall. The cross-sectional area ratio of bars A and B is 2:1. A torsional moment T is applied equally to the free ends of both bars. Answer the following questions:

- (a) Express the maximum shear stress τ_A generated in the solid round bar A using the diameter d .
- (b) Express the polar modulus of section Z_p^B of the hollow round bar B using the diameter d .
- (c) Determine the ratio τ_B/τ_A of the maximum shear stress in the hollow round bar B to that in the solid round bar A.)

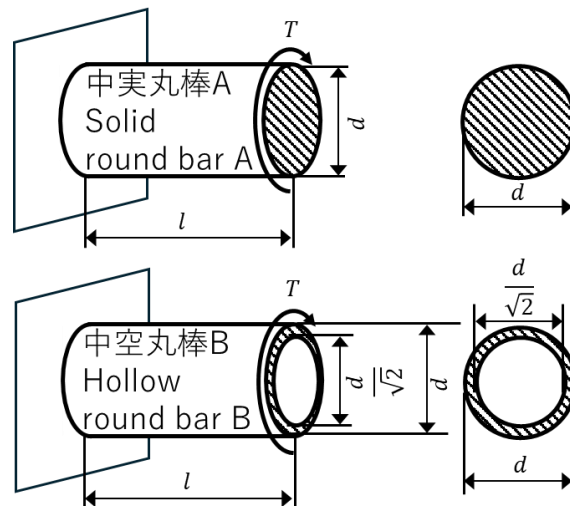


図 1-2 (Fig. 1-2)

この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

2

図 2-1 に示すように質量 m が 1 kg, 長さが 1 m の細い棒 AB があり, AB の中間に取付けられたローラ C の中心に細い棒の重心はある. 一様な細い棒は $\theta=0^\circ$ の位置から静かに放され鉛直平面内を降下するとき, ローラ A は水平なガイドを, ローラ C は鉛直なガイドを滑らかに動くように拘束されている. 小さなローラ A, B および C の大きさ, 質量および摩擦は無視し, 系は保存系として取り扱うものとする. θ は細い棒の C まわりの角度であり, ω はその角速度である. 以下の問題に答えなさい.

(As shown in Fig. 2-1, a slender rod AB with a mass of 1 kg and a length of 1 m is given. The center of mass is located at the center of roller C, which is attached to midpoint of AB. The uniform slender rod is released quietly from the position $\theta=0^\circ$ and descends in a vertical plane. Roller A is constrained to move smoothly along a vertical guide. The size, mass, and friction of the small rollers A, B, and C are neglected, and the system is to be treated as a conservative system. θ represents the angle of the slender rod with respect to point C, and ω denotes its angular velocity. Answer the following questions.)

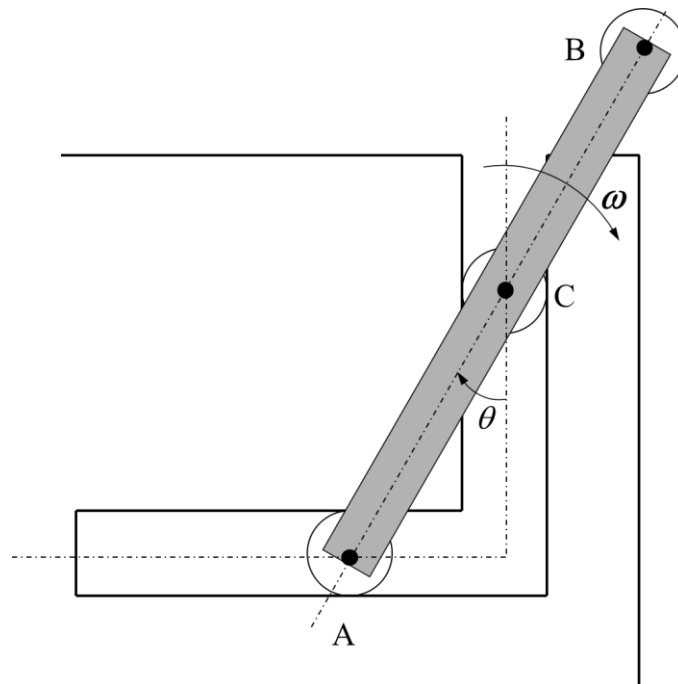


図 2-1 細い棒 AB は初速度 0 および初期角速度 0 でガイドに沿って降下
(Fig. 2-1 The slender rod AB slides downward along the guide with an initial velocity of 0 and an initial angular velocity of 0.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- (1) 図 2-2 に示す質量 m で長さ l の細い棒の慣性モーメント I_C を m および l で表わせ。ただし、質量要素は $dm = \rho dx$ を使い、 ρ は線密度とする。
 (Use the mass element $dm = \rho dx$, where ρ is the mass per unit length, and determine the mass moment of inertia I_C of the center of the slender rod of mass m and length l as shown in Fig.2-2.)

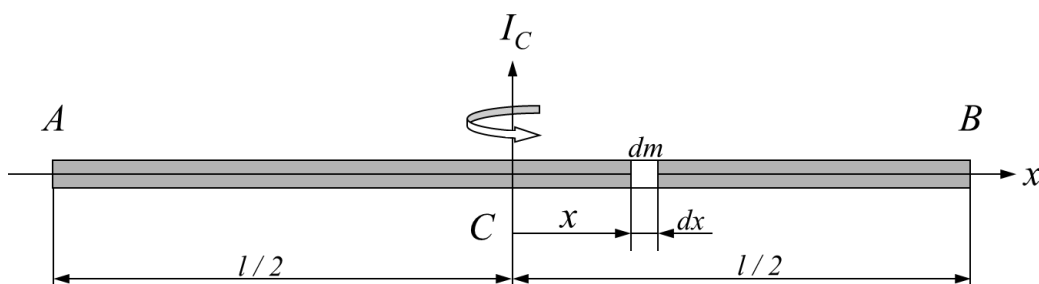


図 2-2
 Fig. 2-2

- (2) 細い棒が $\theta = 45^\circ$ の位置を通過するときのローラ C の中心と瞬間中心との距離を求めよ。
 (Determine the distance between the center of roller C and the instantaneous center when the slender rod passes through the position $\theta = 45^\circ$.)
- (3) 細い棒が $\theta = 45^\circ$ の位置を通過するときの運動エネルギーを角速度 ω を用いて表わせ。
 (Determine the kinetic energy of the slender rod with angular velocity ω as the position $\theta = 45^\circ$ is passed.)
- (4) 初期位置 $\theta = 0^\circ$ のときの重力による位置エネルギーは 0 ($V_1 = 0$) と定義される。 $\theta = 45^\circ$ を通過するときの細い棒の重力による位置エネルギー V_2 を求めよ。
 (The gravitational potential energy is defined 0 ($V_1 = 0$) as the position $\theta = 0^\circ$. Determine the gravitational potential energy V_2 of the slender rod as the position $\theta = 45^\circ$ is passed.)
- (5) $\theta = 45^\circ$ の位置を通過するときの角速度 ω を求めよ。
 (Determine the angular velocity ω of the slender rod as the position $\theta = 45^\circ$ is passed.)

この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

3

摩擦のないピストン-シリンダで構成される容器に気体定数 R 、比熱比 $\kappa = 1.50$ の理想気体が密封されており、初めに気体は圧力 p_1 、温度 T_1 、比体積 v_1 の状態 1 にある。この気体は、次に示すサイクル $1-2-3-4-1$ にしたがって可逆的に変化するものとして、以下の問いに答えよ。なお、状態 i における気体の圧力、温度、比体積をそれぞれ p_i 、 T_i 、 v_i ($i = 1, 2, 3, 4$) のように表すものとする。

- 1-2 : 気体が断熱変化して、比体積 $0.25 v_1$ の状態 2 になる。
- 2-3 : 気体が等積変化して、圧力 $3.0 p_2$ の状態 3 になる。
- 3-4 : 気体が等温変化して、比体積 v_1 の状態 4 になる。
- 4-1 : 気体が等積変化して、状態 1 に戻る。

(An ideal gas having gas constant R , specific heat ratio of $\kappa = 1.50$ is sealed in a frictionless piston-cylinder container and initially the gas is in condition 1, where pressure p_1 , temperature T_1 , specific volume v_1 . Assuming that the gas is changed reversibly according to the next showing cycle of $1-2-3-4-1$, answer the following questions. Pressure, temperature and specific volume of the gas at condition i are expressed as p_i , T_i , v_i ($i = 1, 2, 3, 4$), respectively.)

- 1-2 : The gas changes to condition 2 adiabatically, where specific volume is $0.25 v_1$.
- 2-3 : The gas changes to condition 3 with constant volume, where pressure is $3.0 p_2$.
- 3-4 : The gas changes to condition 4 with constant temperature, where specific volume is v_1 .
- 4-1 : The gas returns to condition 1 with constant volume.

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- (1) このサイクルの概略を縦軸に気体の圧力 p , 横軸に比体積 v とした線図上に表せ。
なお, 図には状態 1, 2, 3, 4 を表す点, および各状態を通る等温線をそれぞれ示すこと。

(Display this cycle on a diagram schematically, where vertical axis is pressure of the gas p , horizontal axis is specific volume v . In the diagram, indicate points showing the conditions 1, 2, 3, 4, and isothermal lines passing through each condition, respectively.)

- (2) 以下の諸量について, R, T_1 のうち必要な変数による数式または数字を用いて表せ。
なお, 数字は有効数字 2 桁で表せ。また, $\ln 2.0 \cong 0.69$ あるいは $\ln 3.0 \cong 1.1$ の近似値を用いてよい。

(Evaluate following quantities by equation using required parameters among R, T_1 or number. Display the number with two significant figures. Also, use the approximations of $\ln 2.0 \cong 0.69$ or $\ln 3.0 \cong 1.1$.)

- ① 気体の定積比熱 c_v (Specific heat at constant volume of the gas, c_v)
- ② 気体の圧力比 p_2/p_1 (Pressure ratio of the gas, p_2/p_1)
- ③ 気体の温度比 T_2/T_1 (Temperature ratio of the gas, T_2/T_1)
- ④ 単位質量当たりの気体が断熱過程 1-2 で行った仕事 l_{12}
(Work done by unit mass of the gas during adiabatic process 1-2, l_{12})
- ⑤ 気体の温度比 T_3/T_1 (Temperature ratio of the gas, T_3/T_1)
- ⑥ 単位質量当たりの気体が等積過程 2-3 で授受した熱量 q_{23}
(Heat that unit mass of the gas exchanged during isochoric process 2-3, q_{23})
- ⑦ 等積過程 2-3 における気体の比エントロピー変化量 $s_3 - s_2$
(Specific entropy change of the gas during isochoric process 2-3, $s_3 - s_2$)
- ⑧ 気体の圧力比 p_4/p_1 (Pressure ratio of the gas, p_4/p_1)
- ⑨ 単位質量当たりの気体が等温過程 3-4 で行った仕事 l_{34}
(Work done by unit mass of the gas during isothermal process 3-4, l_{34})
- ⑩ 等温過程 3-4 における気体の比エントロピー変化量 $s_4 - s_3$
(Specific entropy changes of the gas during isothermal process 3-4, $s_4 - s_3$)
- ⑪ 単位質量当たりの気体が等積過程 4-1 で授受した熱量 q_{41}
(Heat that unit mass of the gas exchanged during isochoric process 4-1, q_{41})
- ⑫ このサイクルで単位質量当たりの気体が行った正味仕事 l_{net}
(Net-work done by unit mass of the gas during the cycle, l_{net})
- ⑬ このサイクルの理論熱効率 η_{th}
(Theoretical thermal efficiency of the cycle, η_{th})

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

埼玉大学 大学院理工学研究科 博士前期課程 機械科学専攻 機械科学 PG
令和 8 年 4 月入学 第一次募集 (2025 年 8 月実施) 入試問題 (選択問題)

この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

- (3) このサイクルの概略を縦軸に気体の温度 T , 横軸に状態 1 から各状態の比エントロピー変化量 $\Delta s (= s_i - s_1)$ とした線図上に示せ ($i = 1, 2, 3, 4$)。図には, 状態 1, 2, 3, 4 を表す点を示すこと。また, このサイクルと状態 1, 2, 3 を通って構成される等積サイクル (オットーサイクル) との正味仕事の差を図中に示せ。

(Display this cycle on a diagram schematically, in which vertical axis is temperatures of the gas, T , horizontal axis is changes of each specific entropy from condition 1, $\Delta s (= s_i - s_1)$ ($i = 1, 2, 3, 4$). In the diagram, indicate points showing the conditions of 1, 2, 3, 4. Also, show the difference of net-work between this cycle and a constant-volume cycle (Otto cycle) on the diagram, which is composed by passing the conditions of 1, 2, 3.)

この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

4

図 4-1 に示すように、断面積 A_1 の消防ホースから、密度 ρ の水がノズルを通して大気中に水平に放水されている。ノズル先端の断面積 $A_2 = 0.5A_1$ であり、出口圧力は大気圧 $p_2 = p_a$ である。流れは定常な準 1 次元流れであり、非粘性・非圧縮性流れと仮定する。重力加速度を g 、高さを h 、速度を V とし、下つき添え字 1 及び 2 は、それぞれホース部およびノズル先端部を示すものとする。

(As shown in Fig. 4-1, water with density ρ is discharged horizontally into the atmosphere through a nozzle of a fire hose with a cross-sectional area A_1 . The cross-sectional area at the nozzle exit is $A_2 = 0.5A_1$, and the exit pressure is equal to the atmospheric pressure, $p_2 = p_a$. The flow is assumed to be steady, quasi-one-dimensional, inviscid, and incompressible. Let g denote the acceleration due to gravity, h the height, and V the velocity. Subscripts 1 and 2 refer to the hose section and the nozzle exit section, respectively.)

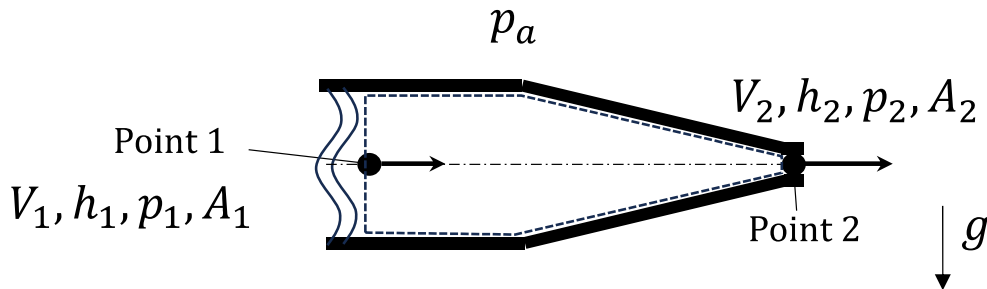


図 4-1 (Fig. 4-1)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

埼玉大学 大学院理工学研究科 博士前期課程 機械科学専攻 機械科学 PG
令和 8 年 4 月入学 第一次募集 (2025 年 8 月実施) 入試問題 (選択問題)
この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

- (1) 質量保存則を用いて、ノズル先端の流速 V_2 を表しなさい。
(Express the velocity V_2 at the nozzle exit using the principle of mass conservation.)
- (2) 点 1 における単位体積あたりのエネルギー (圧力によるエネルギー, 運動エネルギー, 位置エネルギー) をそれぞれ表しなさい。
(Express the specific energy per unit volume at point 1 in terms of the pressure energy, kinetic energy, and potential energy.)
- (3) 点 2 における単位体積あたりのエネルギー (圧力によるエネルギー, 運動エネルギー, 位置エネルギー) をそれぞれ表しなさい。
(Express the specific energy per unit volume at point 2 in terms of pressure energy, kinetic energy, and potential energy.)
- (4) (1)~(3)の結果およびベルヌーイの式を用いて、圧力 p_1 を表しなさい。
(Express the pressure p_1 , using the results of (1)~(3) and Bernoulli's equation.)
- (5) 単位時間あたりに断面 1 を通過する流体の運動量 \dot{M}_1 を表しなさい。
(Express the momentum flow rate \dot{M}_1 through section 1.)
- (6) 単位時間あたりに断面 2 を通過する流体の運動量 \dot{M}_2 を表しなさい。
(Express the momentum flow rate \dot{M}_2 through section 2.)
- (7) (1)~(6)の結果および運動量保存則を用いて、断面 1, 断面 2, およびノズル内壁に囲まれる検査体積 (図 4-1 の点線で囲まれた領域) に対して、流体がノズル内壁から受ける水平方向の力 F_w を表しなさい。ただし、与えられた条件を用いて、可能な限り簡潔な形で表すこと。
(Express the horizontal force F_w exerted on the fluid by the nozzle inner wall within the control volume enclosed by section 1, section 2, and the nozzle inner wall (the region indicated by the dotted lines in Fig. 4-1) using the results from (1) to (6) and the principle of conservation of momentum. It should be noted that the final expression must be as concise as possible, utilizing the provided conditions.)
- (8) ノズル内壁が流体から受ける水平方向の力 D_{in} を表しなさい。
(Express the horizontal force D_{in} exerted on the nozzle inner wall by the fluid.)
- (9) ノズル外壁が大気圧から受ける水平方向の力 D_{out} を表しなさい。
(Express the horizontal force D_{out} exerted on the nozzle outer wall by atmospheric pressure.)
- (10) (8)~(9)の結果を用いて、ノズルが受けるすべての水平方向の力 D を表しなさい。ただし、与えられた条件を用いて、可能な限り簡潔な形で表すこと。
(Express the total horizontal force D acting on the nozzle using the results of (8)~(9). It should be noted that the final expression must be as concise as possible, utilizing the provided conditions.)

5

線形時不変システムについての以下の問いに答えよ。なお、 $r(t), y(t), e(t), u(t)$ は時刻 t を変数とする時間領域関数を表すものとし、 $R(s), Y(s), E(s), U(s)$ はそれらのラプラス変換である。また、 $P(s), K(s)$ はブロック線図のそれぞれの伝達関数である。

(Answer the following questions on linear time-invariant systems. In all following questions, $r(t), y(t), e(t)$, and $u(t)$ denote time-domain functions of t being time, and $R(s), Y(s), E(s)$, and $U(s)$ denote their Laplace transforms, respectively. $P(s)$ and $K(s)$ denote the transfer functions in block diagrams.)

(1) ブロック線図と制御系に関する以下の問いに答えよ。

(Answer the following questions on block diagrams and control systems)

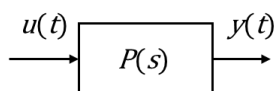


図 1 (Fig. 1)

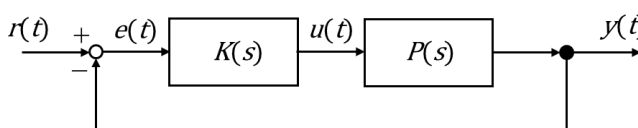


図 2 (Fig. 2)

① 図 1 のブロック線図において、 $u(t), y(t)$ が以下の微分方程式

$$ay(t) + by'(t) = u(t), \quad y(0) = 0$$

を満たしているものとする。ここで、 $a > 0, b > 0$ とし、 $y'(t) = \frac{dy}{dt}$ である。こ

のときの $P(s)$ を求めよ。

(In the block diagram shown in Fig. 1, $u(t)$ and $y(t)$ are governed by the following differential equation for $a > 0$ and $b > 0$:

$$ay(t) + by'(t) = u(t), \quad y(0) = 0,$$

where $y'(t) = \frac{dy}{dt}$. Find the transfer function $P(s)$.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

埼玉大学 大学院理工学研究科 博士前期課程 機械科学専攻 機械科学 PG
令和 8 年 4 月入学 第一次募集 (2025 年 8 月実施) 入試問題 (選択問題)
この入試問題の使用は受験生に限ります。また、許諾なく複製、転載、転用すること、
および営利目的での使用などを行うことはできません。

- ② つぎに、図 1 の系にフィードバック接続を施し、ブロック線図を図 2 となるよう変更した。 $K(s) = K > 0$ (定数) であるとして、システム全体の伝達関数

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$$

を求めよ。

(Next, a negative feedback loop was added to the system and the whole block diagram was altered to the one shown in Fig. 2. Assuming that $K(s) = K > 0$ (constant), find the transfer function of the system defined by $G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$.)

- ③ ②の場合において、 $r(t)$ が以下のステップ関数

$$r(t) = \begin{cases} A, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

で与えられる場合、 $y(t)$ を求めよ。ただし、 $A > 0$ とする。

(For a system with the above transfer function $G(s)$, find $y(t)$ when $r(t)$ is given as the following step function for $A > 0$:

$$r(t) = \begin{cases} A, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} .)$$

- ④ この系における $e(t)$ を偏差と呼び、 $t \rightarrow +\infty$ における偏差 $e(+\infty)$ を定常偏差と呼ぶ。この制御系において定常偏差をなるべく小さくするためには K の値をどうするのがよいか理由を含め簡潔に説明せよ。

($e(t)$ in this system is referred to as the error, and its limit with $t \rightarrow +\infty$ is referred to as the steady-state error notated by $e(+\infty)$. If the steady-state error is desired to be as small as possible, how should the value of K be chosen? Explain concisely with the reason.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

(2) 図 2 のブロック線図で表される系についての問いに答えよ。

(Answer the questions on a system with a block diagram shown in Fig. 2)

① $P(s) = \frac{1}{s+2}$, $K(s) = \frac{\alpha}{s}$ とする。伝達関数 $G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ を求めよ。

(Let $P(s) = \frac{1}{s+2}$ and $K(s) = \frac{\alpha}{s}$. find the transfer function of the system defined by

$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s}$.)

② $K(s)$ において $\alpha = 25$ とした。このときのこのシステムのボード線図について、ゲイン線図および位相線図の概形を図 3 の I~IV からそれぞれ選び、[A], [B], [C], [D], [E] に当てはまる数値を示せ。

(The value of α in $K(s)$ was set to 25. In this case, choose the appropriate gain and phase plots of this system among I-IV in Fig.3 and answer the proper values of [A], [B], [C], [D], and [E] in the graphs.)

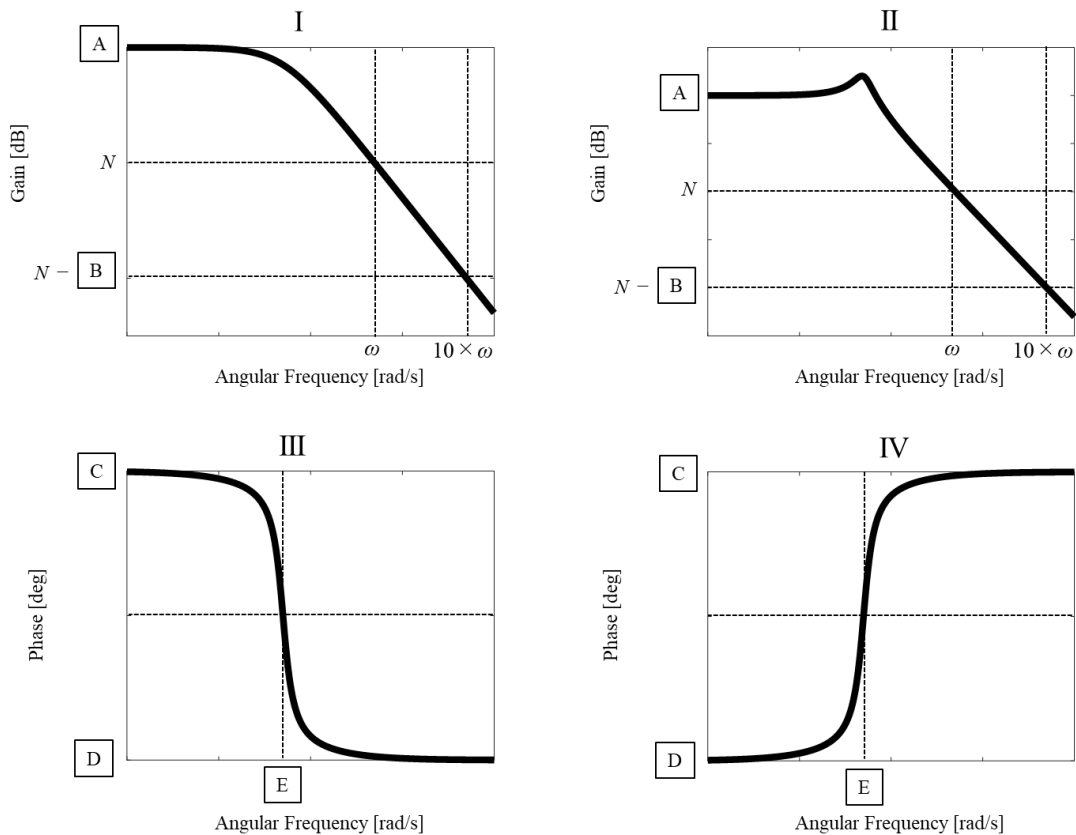


図 3 (Fig. 3)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- (3) システムの安定性について、以下の問に答えよ。
(Answer the following questions on system stability.)

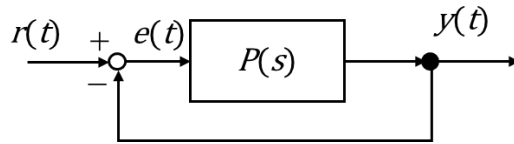


図 4 (Fig. 4)

- ① 図 4 のブロック線図で表される系において

$$P(s) = \frac{1}{s^3 + s^2 + 3s + 9}$$

とする。このときの伝達関数 $G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ を求めよ。

(In a system illustrated in Fig. 4, the plant is defined as $P(s) = \frac{1}{s^3 + s^2 + 3s + 9}$. Find the transfer function $G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$.)

- ② この系が安定か否かについて、系のインパルス応答 $g(t)$ の観点から説明せよ。インパルス応答が $t \rightarrow +\infty$ で発散する場合にシステムは安定でなくなることを証明なく用いてよい。

(Explain whether this system is stable or not, from a perspective of the impulse response of the system defined by $g(t)$. You may refer to the fact that a system becomes unstable if its impulse response becomes infinite when $t \rightarrow +\infty$ without proof.)