

2017年9月・2017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。
- ◎ 回答用紙が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 subject）

- (1) 専門科目は問題番号2から問題番号8で構成している。
(The elective subjects consist of seven problems, starting problem No.2 through problem No.8)
- (2) 問題番号2～8の計7題のうち2題を選択して解答すること。
(All examinees must choose **two** problems from seven 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 examinee answers more than two problems for the elective subjects, every answer in the elective subject is not graded.)

2. 解答方法（How to make answer）

- (3) 解答は別途解答用紙のおもて面に記入すること。裏面の記入は採点対象としない。
(Separate sheets provided should be utilized for making answers. All answers must be written on the right/printed side of the sheets, that means any entries on the reverse side will not be subjected to grading answers.)
- (4) 解答用紙は7枚ある。
(There are seven answering sheets.)
- (5) 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。
(Although examinees can use a scientific electronic calculator, no types of calculators equipped with pro-programmed functioned are allowed to use.)

2017年9月・2018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

図のような対向流型の高温ガス／水の熱交換器 (Counterflow heat exchanger) がある。以下の問いに答えよ。なお、比熱は温度によらず一定とする。

- (1) 高温ガス側の入口および出口のエンタルピー変化 (Enthalpy change of the high temperature gas) から熱交換器の熱負荷 $\dot{Q}$ (Heat duty of the heat exchanger) [kW] を求めよ。
- (2) 完全に断熱されていると仮定し (Adiabatic condition), 水側の出口温度 T_{c2} [°C] を求めよ。
- (3) 熱交換器の対数平均温度差 (Logarithmic Mean Temperature Difference) ΔT_m [°C] を求めたい。以下の記述式の空欄を埋め、この熱交換器の対数平均温度差を算出せよ。

微小面積 da における高温および低温の流体のエンタルピー変化はそれぞれ、

$$\dot{m}_h c_h dT_h = K(T_h - T_c) da$$

$$\dot{m}_c c_c dT_c = K(T_h - T_c) da \text{ で表される。}$$

これら2式を連立させると、 $d(T_h - T_c) = \left(\frac{K}{\dot{m}_h c_h} - \frac{K}{\dot{m}_c c_c} \right) (T_h - T_c) da$ が得られる。

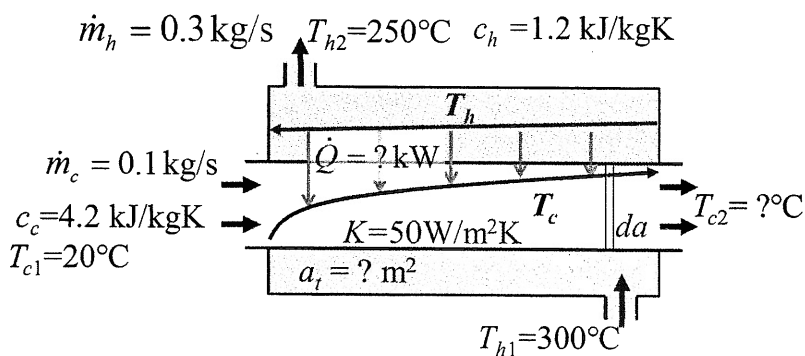
これを変数分離して、 $\int \frac{1}{(T_h - T_c)} d(T_h - T_c) = \int \left(\frac{K}{\dot{m}_h c_h} - \frac{K}{\dot{m}_c c_c} \right) da$

伝熱面で積分すれば、 $\left(\frac{K}{\dot{m}_h c_h} - \frac{K}{\dot{m}_c c_c} \right) a_t = \ln \left(\frac{T_{h1} - T_{c2}}{T_{h2} - T_{c1}} \right)$ が得られる。

$\dot{Q}$ は $\dot{Q} = \int K(T_h - T_c) da$ であり、これを $\dot{Q} = K a_t \Delta T_m$ として表せば、 $\Delta T_m = \frac{(\quad) - (\quad)}{\ln(\quad)}$ と

なる。なお、 $a_t = \int da$ とする。

- (4) 総括熱伝達係数 K を $50 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ 一定として伝熱面積 a_t [m^2] を求めよ。



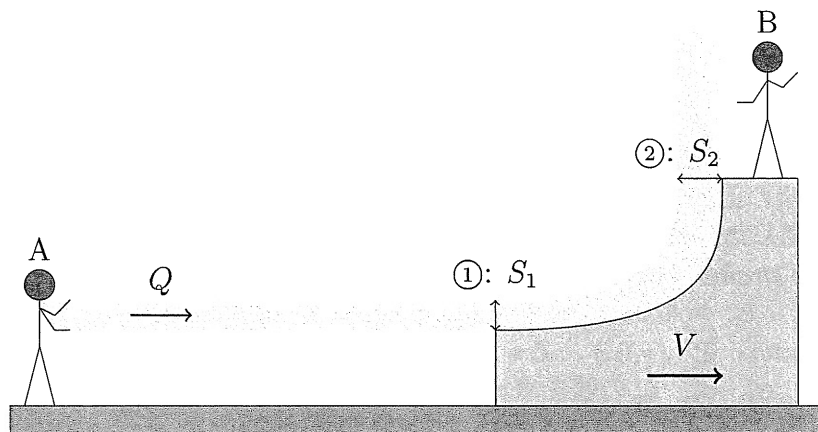
2017年9月・2018年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

科 目 名 : 熱と流れの工学

問題番号 3

下図のように左から右へ、水流 (water jet) を体積流量 (volumetric flowrate) Q で物体に当てている。この物体は、速度 V で一定に移動している状況を考える。水流は、物体で曲げられ、この物体に対して相対的に (B から観測) 真上へ吹き出している。なお、図中の①の箇所での水流の面積は S_1 、②の位置の面積は S_2 である。水の密度 (density) を ρ とする。物体の質量 (mass) M 、重力加速度 (gravitational acceleration) g 、動摩擦係数 (dynamic friction coefficient) μ とし、図中の人物や水の重さは無視する。

- 1) 物体に働いている力を図示せよ。
- 2) ①の地点での流速を A (静止座標) から観測したものを答えよ。
- 3) ①の地点での流速を B (物体上) から観測したものを答えよ。
- 4) ②の地点での流速を A (静止座標) から観測したものを答えよ。
- 5) ②の地点での流速を B (物体上) から観測したものを答えよ。
- 6) 鉛直方向の釣り合いを考える。床の垂直抗力 N を導出せよ。
- 7) この物体が等速で移動していることを利用し、水平方向の釣り合いの式を導出せよ。その上で、移動速度 V について解け。なお、問題 3) の N を使用して解答した後、代入し、最終的には、 N のない状態で解答すること。
- 8) この物体の速さ V を大きくするためには、水流の面積 S_1 、 S_2 はどのようなコンディションが相応しいか、理由を含めて詳しく説明せよ。



2017年9月・2018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

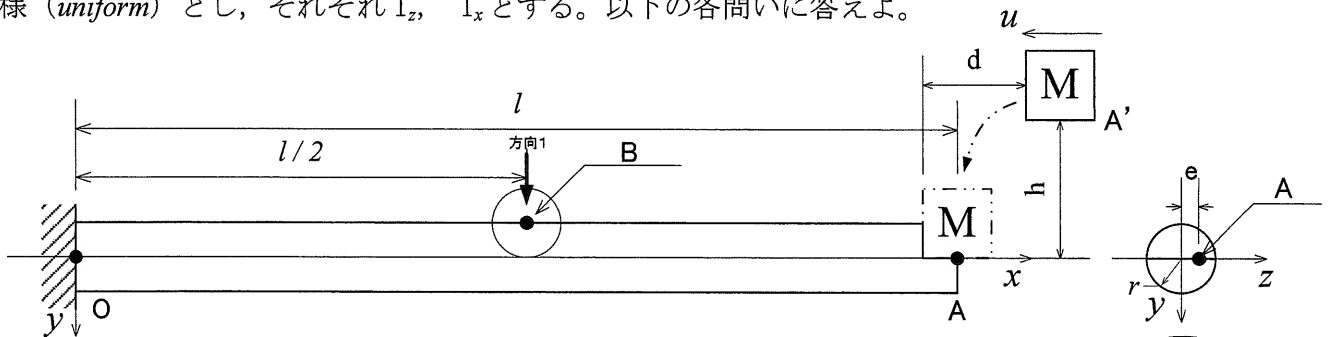
科目名: 材料の力学

問題番号 4

下図に示すように弾性体 (elastic body) であり、半径 r の円形断面を有し、長さ l の棒が、左端 O の壁面 (wall) に剛に設置 (rigidly fixed) されている。右端では、距離 e だけ x 軸よりオフセットした点 A を想定する。点 A' より質量 m の物体 M が水平方向 (horizontal direction) ($-x$ 軸方向) に初速度 u (initial velocity u) を持ち、自由落下 (free fall) を開始し、点 A で、完全非弾性衝突 (completely inelastic collision) 状態衝突し、その後に棒と一体となり、棒が変形 (deform) した。

棒の変形は点 A で計測し、物体の速度が 0 に至った状態で、はりのたわみ (deflection) および、ねじり角 (torsional angle) は、それぞれ、 v , ϕ であり、点 B でひずみ (strain) を計測した。

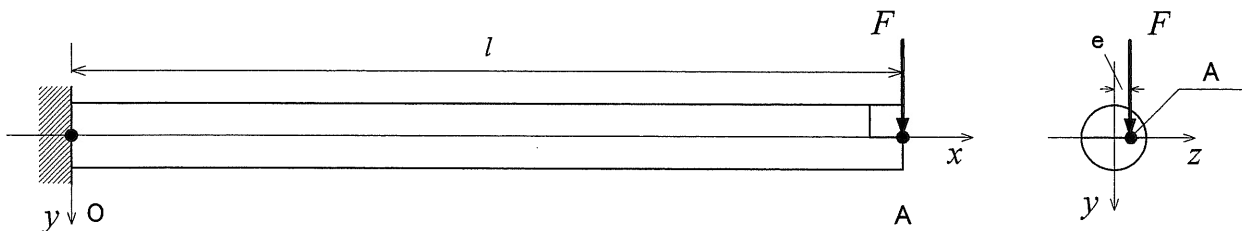
重力加速度 (acceleration of gravity) は紙面下方向を g とし、物体の動的挙動 (dynamic behavior) は準静的 (quasi-static) と扱い、物体の大きさと棒の自重 (self-weight) の影響は無視する。さらに、伸び剛性 (axial rigidity) は十分に大きく、棒の伸縮は無視する。縦弾性係数 (longitudinal elastic modulus) と横弾性係数 (modulus of transverse elasticity) は、それぞれ E , G とし、断面二次モーメント (moment of inertia of area), 断面二次極モーメント (polar moment of inertia of area) は、点 A 近傍の切欠きを無視し、一様 (uniform) とし、それぞれ I_z , I_x とする。以下の各問いに答えよ。



- (1) 点 A' は、上図に示すように点 A より $(d, -h, 0)$ の距離にある。物体 M が点 A' より自由落下し、点 A で棒に衝突するために必要な d と h の条件を求めよ。
- (2) 右図に示す位置 B で、棒の上面において、ひずみゲージ (strain gauge) により、以下のひずみを計測した。モールのひずみ円 (Mohr's strain circle) を描き、主ひずみ (principal strain) の値と、その方向を求めよ。

$$\varepsilon_I = 4.0 \times 10^{-4}, \quad \varepsilon_{II} = 4.0 \times 10^{-4}, \quad \varepsilon_{III} = -1.0 \times 10^{-4}$$

- (3) ポアソン比 (Poisson's ratio) を $\nu = 0.3$, $E = 260 \text{ GPa}$ とし、平面応力状態 (plane stress condition) を仮定し、応力 (stress) σ_x , σ_z , τ_{xz} の値を求めよ。
- (4) 下図に示すように物体 M の速度が 0 となった時点での荷重を静的荷重 (static external load) F とし点 A に作用する。荷重 F および他の記号を用いて、点 B における応力 σ_x , τ_{xz} を求めよ。



- (5) 荷重 F による棒の弾性ひずみエネルギー (elastic strain energy) を求めよ。ただし、せん断力 (shearing force) のエネルギーに対する寄与は無視する。
- (6) 物体 M が衝突し、速度が 0 になるまでに棒に与えるエネルギーを求めよ。
- (7) 点 B における応力 σ_x , τ_{xz} を記号のまま使い、応力より物体 M の質量 m を求めよ。

2017年9月・2018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

図1に示すように、長さ(length) l のはり (beam) が、点 A, B で単純支持 (simple support) され、点 A からの距離 (distance) a の点 C において集中荷重 (concentrated load) F が作用している。また、点 C において断面二次モーメント (moment of inertia of area) は変化し、AC 間の断面二次モーメントは I 、BC 間の断面二次モーメントは $2I$ とする。縦弾性係数 (Young's modulus) は E とし、はりの自重 (self weight) の影響は無視する。

- (1) 図2に示す断面形状における、図心 (centroid) O の位置 e と、図心を通る z 軸まわりの断面二次モーメント (moment of inertia of area) を求めよ。ただし、 $h=3t$, $b=8t$ とする。
- (2) 点 A, B それぞれにおける支点反力 (reaction force) R_A , R_B を求めよ。なお、支点反力の正符号 (positive sign) は図中の矢印方向 (arrow direction) とすること。
- (3) 区間 AC において点 A からの距離が x の断面に作用するせん断力 (shearing force) Q_x 、曲げモーメント (bending moment) M_x を求め、はりのせん断力線図 (S.F.D.: Shearing Force Diagram), および曲げモーメント線図 (B.M.D.: Bending Moment Diagram) を図示せよ。ただし、主要な点にはその値を記入すること。なお、せん断力および曲げモーメントの正符号の定義は別図で示すこと。
- (4) 区間 AC と区間 BC に蓄えられる弾性ひずみエネルギー (elastic strain energy) をそれぞれ求めよ。
- (5) 区間 AC と区間 BC に蓄えられる弾性ひずみエネルギーが等しくなる AC 間の距離 a を求めよ。さらに、その時の点 C におけるたわみ (displacement) を求めよ。
- (6) また、この時の点 C におけるたわみ角 (slope angle) も求めよ。

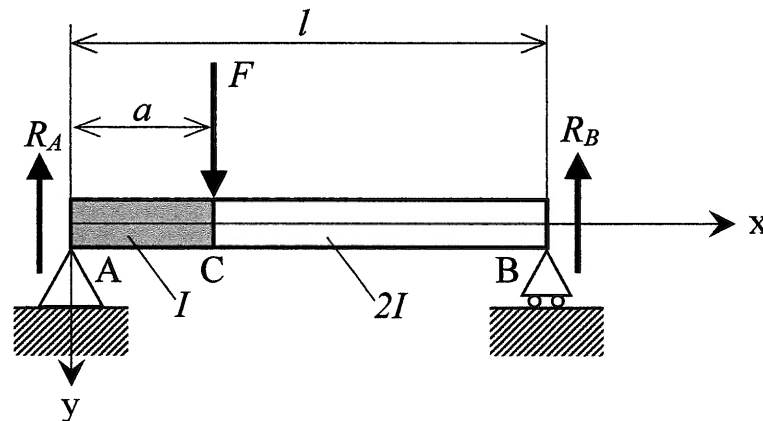


図1 2点で支持されたはり

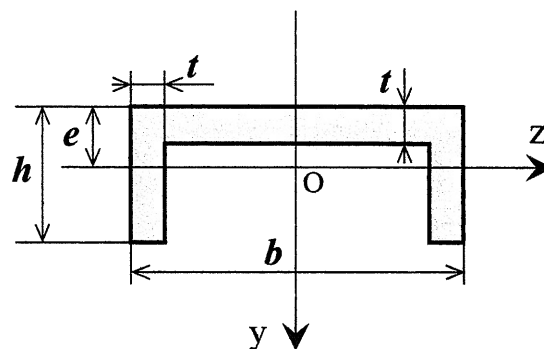


図2 断面形状

2017年9月・2018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) ブラシ付 DC モータ (Brushed DC Motor) について以下の (a) ~ (f) の設問に答えよ。
- (a) このモータは次の主要部分 (composed of following primary parts) からなるが、その構造図を描き (draw its internal structure)、各部分に対応する記号 A ~ E を書き込み (enter symbols from A to E)。
A: ロータ (rotor) B: ステータ (stator) C: コイル (coils/windings) D: ブラシ (brush) E: 整流子 (commutator)
- (b) ステータには永久磁石 (permanent magnet) と電磁石 (electromagnet) のどちらが使われるか (which one is used) 答えよ。
- (c) このモータはコイルに直流 (direct current) を流すだけで回転 (rotate) するが、その動作原理 (explain how it rotates) を説明せよ。
- (d) コイルにはロータの回転数 ω [rad/s] に比例 (proportional to rotational velocity) して電圧 E [V] (voltage) が発生 (generate) するが、これを何と呼ぶか (how it is called) 答えよ。
- (e) コイルのインダクタンス (inductance) は十分に小さく (negligible small)、その内部抵抗 (internal resistance) を R [Ω] とすると、給電端子 A-B 間 (between electrical power terminals A and B) の等価回路 (equivalent circuit) は下図のように表すことができる。

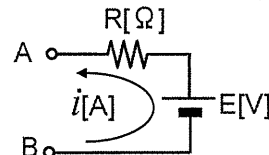


Figure 1 モータの給電端子間の等価回路

このときロータの慣性モーメント (moment of inertia) は十分に小さく、出力トルク τ [Nm] (output torque) はコイルに流れる電流 i [A] (coil current) に比例するものとして、モータの給電端子を短絡 (short) させたときの出力軸 (output axis) におけるトルクと回転数の関係式を求めよ (derive relational equation)。その際、 $E = K \cdot \omega$ や $\tau = C \cdot i$ の K や C などのように必要に応じて (if necessary) 定数・係数 (constants/coefficients) を定義 (define) して計算 (calculate) せよ。

- (f) (e) において減速比 (reduction ratio) が $N:1$ の減速機 (reduction gear) を付加 (adding) した場合のトルクと回転数との関係式を求めよ。

- (2) モータの回転角度 (rotational angle) を検出するためにインクリメンタル型エンコーダ (incremental encoder) が多用される。これは下図のように相互に 90° だけ位相の違う (mutual phase difference of 90°) 2 つの論理出力 (two logical outputs) を持つ。これらの出力をどのように信号処理 (signal processing) すれば回転の角度および方向 (direction) を検出 (detect) することができるのか説明せよ。

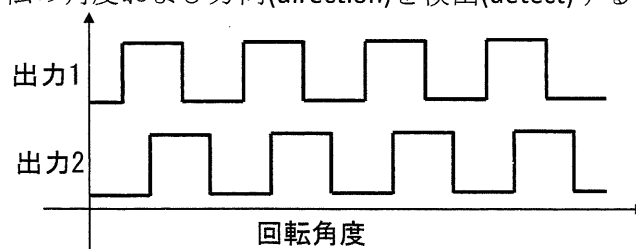


Figure 2 インクリメンタル型エンコーダ出力

2017年9月・2018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) 図1(a)と(b)に示すブロック線図(block diagram)において、 $I(s)$ と $O(s)$ はそれぞれ入力(input signal)と出力信号(output signal), $G_i(s)$ 等は各ブロックの伝達関数(transfer function)を表す。なお、図中で (s) は省略している。図1(a)と(b)それぞれの伝達関数 $G(s) = O(s)/I(s)$ を求めよ。ここで、 (s) は省略して良い。

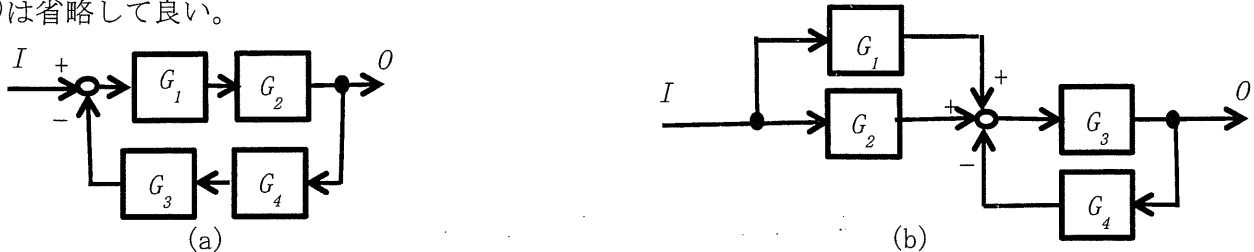


図1 ブロック線図

(2) 1次の微分方程式 $T \frac{dv(t)}{dt} + v(t) = Au(t)$ (ここで、 t は時刻、 $u(t)$ は入力、 $v(t)$ は出力、 T と A は係数を表す)で表される系の伝達関数 $G(s)$ は、 $G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{A}{Ts+1}$ ($U(s)$ は入力信号、 $V(s)$ は出力信号)である。この系にステップ関数 $u(t)=1$ ($t \geq 0$)を入力した場合のステップ応答(step response)は、 $v(t) = A(1 - e^{-t/T})$ である。以上を適宜利用しつつ、以下の問いに答えよ。

(a) 図2に示すように、直列に接続された2個のバネ(spring) (バネ定数(stiffness)は k_1 と k_2)と、1個のダンパー(damper)から構成される力学系において、2個のバネと等価な1つのバネのバネ定数 k は $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ であることを証明せよ。

(b) 図2における2個のバネと1個のダンパーから構成される力学系に、力を加える場合の運動方程式を示せ。ここで、 $f(t)$ は x 方向の力、 $x(t)$ は x 方向(バネとダンパーが自然長の状態で $x=0$)の変位、 c は粘性係数を表し、2個のバネのバネ定数としては(a)における k を用いよ。

(c) 図2の力学系の伝達関数 $G(s)=X(s)/F(s)$ ($X(s)$ は変位(出力信号)、 $F(s)$ は力(入力信号))を示せ。

(d) 図2の力学系のステップ応答を示せ。

(e) (d)のステップ応答の整定時間 T_s (最終値の $\pm 2\%$ の範囲に収まるまでの時間とする)を求めよ。ここで、 $k_1=1$ (N/m), $k_2=3$ (N/m), $c=0.4$ (Ns/m)とする。

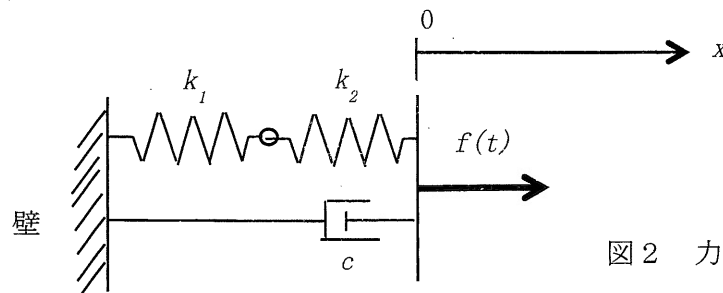


図2 力学系

(3) 伝達関数 $G_i(j\omega)$ (j は複素数, ω は周波数(frequency), $i=1, \dots, 4$)について、以下の問いに答えよ。

(a) 3つの伝達関数 $G_1(j\omega) = \frac{1}{j\omega}$, $G_2(j\omega) = \frac{1}{j\omega+1}$, $G_3(j\omega) = \frac{1}{j\omega+2}$ それぞれについて、ゲイン(gain)と位相(phase)を求める式を示せ。なお、ゲインは $20 \log_{10} |G_i(j\omega)|$, 位相は $G_i(j\omega)$ の偏角(argument)である。

(b) (a)の結果を利用して、(a)の3つの伝達関数それぞれについて、周波数 $\omega=0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10$ (rad/s)におけるゲインと位相の値を求めよ。

(c) (b)の結果を利用して、 $G_4(j\omega) = G_1(j\omega)G_2(j\omega)G_3(j\omega)$ の周波数 $\omega=0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10$ (rad/s)におけるゲインと位相の値を求めよ。

2017年9月・2018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) 金属材料の変形機構(deformation mechanism)と強化機構に関する以下の設問に答えよ。
(a) 固溶強化(solid solution strengthening)は何故発生するか述べよ。
(b) クリープ変形(creep deformation)と塑性変形(plastic deformation)の違いを述べよ。
(c) FCC 金属のすべり系(slip systems)について図示して説明せよ。
(d) DBT とはどのような現象か説明せよ。
(e) HCP 金属が FCC 金属よりも塑性加工が困難な傾向にある理由を述べよ。
(f) 再結晶(recrystallization)とは何か、説明せよ。
(g) 純金属を合金添加することなく強化する方法を述べよ。
- (2) 金属材料の熱特性、機械的特性と加工法について以下の設問に答えよ。
(a) 押出加工(extrusion)について説明せよ。
(b) 析出強化型(precipitation strengthening)のアルミニウム合金の接合方法について述べよ。
(c) モード1破壊靱性値(mode 1 fracture toughness)とは何か。式を示して説明せよ。
(d) 疲労限(endurance limit)とは何か説明せよ。
(e) UTS (ultimate tensile strength)を設計応力とするとどのような問題が発生するか述べよ。
- (3) 金属材料の熱処理(heat treatment)について以下の設問に答えよ。
(a) 炭素鋼におけるマルテンサイト変態(martensite transformation)について説明せよ。
(b) プロセスアニーリング(process annealing) について説明せよ。
(c) 焼きならし(normalizing)について説明せよ。