(A)，(B) のいずれか一問を選択して解答すること．関数電卓を用いてもよい.

(A) 熱力学

シリンダとピストンで構成される容器に入っている理想気体 2.5×10^{-2}kg が，圧力 P_1=101.3kPa，体積 V_1=0.28m^3 の状態から圧力一定で体積 V_2=0.14m^3 の状態へ準静的に変化した．この過程で 36kJ の熱量が放熱されたとき，以下の値を求めよ．ただし，定圧比熱を c_p=14.32kJ/(kg・K)とする．

(1) 圧縮に要する仕事

(2) 内部エネルギの変化

(3) エントロピの変化

[解答]

(1) $L_{12}=\int_1^2 pdv=101.3\times10^3(0.14-0.28)=-14.18\times10^3$

　　-14.18kJ (仕事が気体になされた)

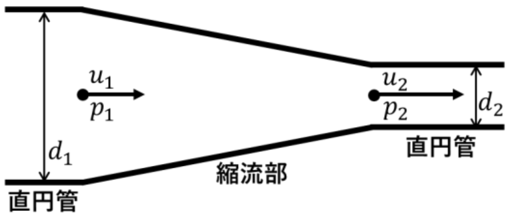
(2) $Q_{12}=\Delta U+L_{12}\rightarrow -36=\Delta U+(-14.18)$　　$\Delta U=-21.82$kJ

(3) $\Delta S=m\Delta S=mc_v ln\left({P_2}/{P_1}\right)+mc_p ln\left({V_2}/{V_1}\right)=mc_p ln\left({V_2}/{V_1}\right)$

　　$=2.5\times10^{-2}\times14.32\times10^3\times\ln(0.14/0.28)=248.1$J/K

(B) 流体力学

右図のように，水平に置かれた直径 d_1=200[mm]の直円管と直径 d_2=100[mm]の直円管が縮流部を介して滑らかに接続されており，その中を密度 ρ=1000[kg/m^3]の水が流れている．縮流部直前の断面平均流速が u_1=0.8[m/s]であるとき以下の問いに答えよ．



(a) 直円管内を流れる水の体積流量 Q[m^3/s]と質量流量 W[kg/s]を求めよ．
　ただし，円周率として 3.14 を用いよ．
(b) 縮流後の水の断面平均流速 u_2[m/s]を求めよ．
(c) 縮流部直前のゲージ圧が p_1=6.0[kPa]であったとき，縮流部直後のゲージ圧 p_2[Pa]を求めよ．
　ただし，縮流によるエネルギ損失は無視でき，ベルヌーイの式が成立するものとする．

解答例

(a) $Q = u_1 \cdot \frac{\pi {d_1}^2}{4} = 0.8 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} = 0.025\ \mathrm{m^3/s}$，$W = \rho Q = 25\ \mathrm{kg/s}$

(b) $Q = u_1 \cdot \frac{\pi {d_1}^2}{4} = u_2 \cdot \frac{\pi {d_2}^2}{4}$ より，$u_2 = \frac{{d_1}^2}{{d_2}^2} = 4u_1 = 0.4\ \mathrm{m/s}$

(c)水平に置かれた管内におけるベルヌーイ式は次のように表される．

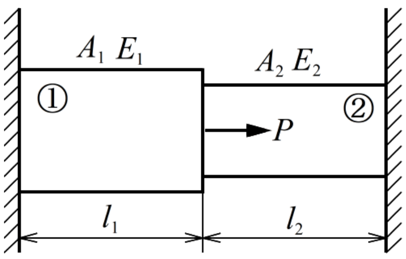
$$\frac{{u_1}^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{{u_2}^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$$

したがって，$p_2 = p_1 + \frac{\rho {u_1}^2}{2} - \frac{\rho {u_2}^2}{2} = p_1 + \frac{\rho {u_1}^2}{2} - \frac{\rho (4u_1)^2}{2} = p_1 - \frac{15}{2}\rho {u_1}^2 = 6000 - \frac{15}{2} \cdot 1000 \cdot 0.8^2 = 1200$ [Pa]

受験番号

【A】

［１］右図のように，丸棒①と丸棒②を接続し，その両端を動かない剛体壁で固定する．その接続面に右向きの力 P を作用させるとき，以下の問いに答えよ．なお，丸棒①と丸棒②の断面積を A_1 および A_2，長さを l_1 および l_2，縦弾性係数を E_1 および E_2 とする．



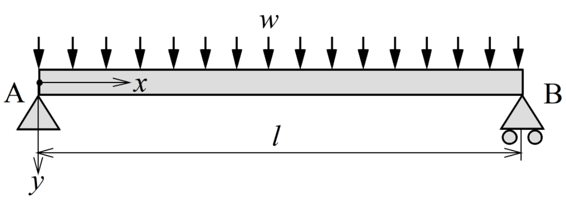
（１）丸棒①および丸棒②に生じる応力 σ_1，σ_2 を求めよ．
（２）接続面の右方向への移動量 δ（変位）を求めよ．

＜解答例＞

（１）　$\sigma_1 = \dfrac{E_1 l_2 P}{E_1 A_1 l_2 + E_2 A_2 l_1}$　　$\sigma_2 = -\dfrac{E_2 l_1 P}{E_1 A_1 l_2 + E_2 A_2 l_1}$

（２）　$\delta = \dfrac{l_1 l_2 P}{E_1 A_1 l_2 + E_2 A_2 l_1}$

［２］右図のように，単位長さあたり w の等分布荷重を受ける長さ l の単純支持はり AB について，以下の問いに答えよ．なお，はりの縦弾性係数を E，はりの断面形状は幅 b，高さ h の長方形とする．



（１）はりに生じる最大の曲げモーメント M_{max} を求めよ．
（２）はりに生じる最大の引張り応力 σ_{max} を求めよ．
（３）はりに生じる最大のたわみ v_{max} を求めよ．

＜解答例＞

（１）　$M_{max} = \dfrac{wl^2}{8}$

（２）　$\sigma_{max} = \dfrac{3wl^2}{4bh^2}$

（３）　$v_{max} = \dfrac{5wl^4}{32bh^3E}$

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程　一般入試（Ｉ期）

理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（模範解答）

専門科目〔機械材料学〕

【B】(解答例)

以下の【１】および【２】の設問に答えよ。

【１】図１.は鉄-炭素系平衡状態図である。図１.に関して純鉄と炭素(C)の組成（wt%）が 0.8wt% および 1.5wt の鋼をそれぞれ約 950℃の高温に加熱後に緩冷する場合、以下の(1)～(6)の問いに答えよ。なお、組織図にはそれらを構成している各相の名称も記入せよ。

(1)純鉄にてγ鉄がα鉄に変態する温度を答えよ。また、α鉄の結晶構造を答えよ。

(解答)　変態温度　912℃

α鉄の結晶構造は体心立方格子（体心立方構造でもよい）

(2)純鉄にてα鉄の格子定数が 0.286nm とすると Fe 原子の原子半径(nm)を答えよ。なお、答えは小数点以下第 4 位を四捨五入せよ。

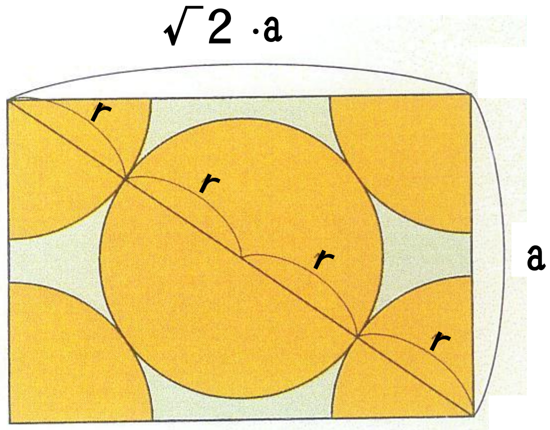
(解答)

（Ｆｅ原子半径の計算）

α鉄：組織学名はフェライト

格子定数：a（0.286nm）

原子半径: r



$r = \sqrt{3} \times a/4$

$= \sqrt{3} \times 0.286/4$　(nm)

$= 0.1238$ (nm)

＝**0.124(nm)（小数点以下第 4 位を四舎五入）**

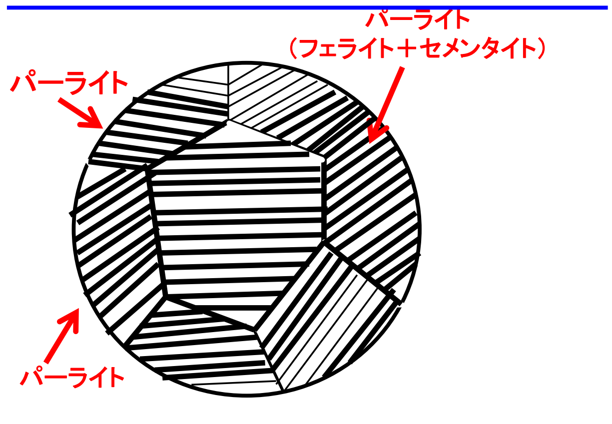
(2)炭素の組成が 0.8wt%の鋼の温度が 727℃に達した c 点直下での反応名を答えよ。また、反応後の組織図をかけ。

(解答)

(反応名)：共析反応（きょうせきはんのう）

(組織図)

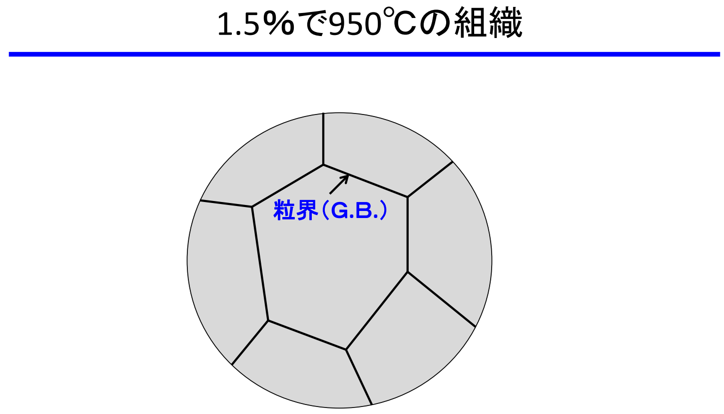
0.8%で727℃(S点)直下の組織図



(3)炭素の組成が 1.5wt%の鋼の温度が 950℃に達した e 点での組織図をかけ。

（解答）

（組織図）

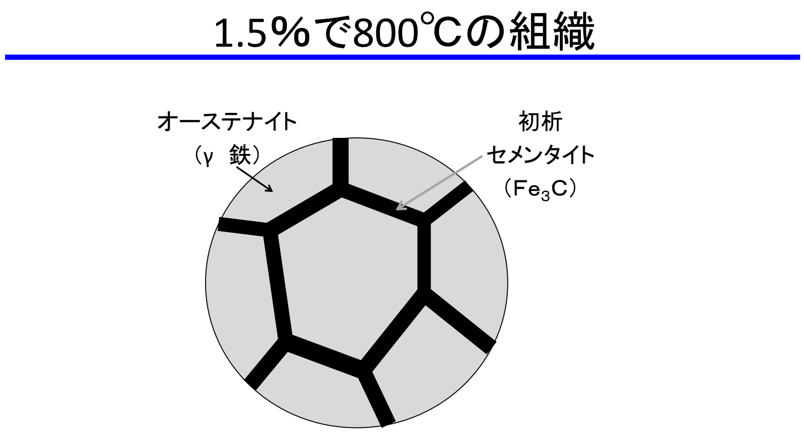


※ 粒界の説明はなくてもよい

(4)炭素の組成が 1.5wt%の鋼の温度が 800℃に達した g 点での組織図をかけ。また、この組織に存在する 2 つの固相の重量の割合（全体を 100%とする）を炭素の組成（%）を用いて答えよ。

（解答）

（組織図）



（重量計算）

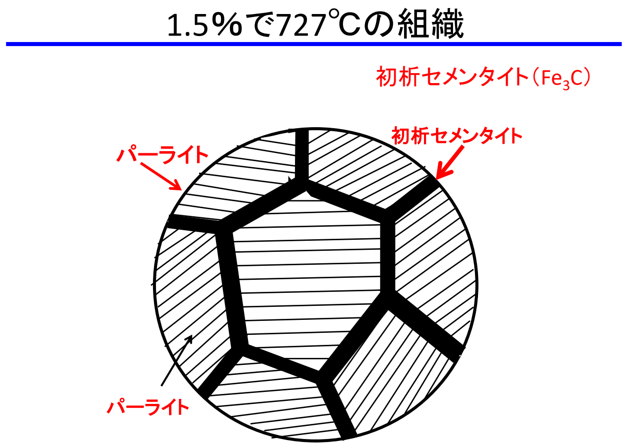
初析セメンタイト(Fe_3C)：オーステナイト(γ鉄)
＝(1.5－1.0/6.67−1.0)：(6.67−1.5/6.67−1.0)
＝(0.5/5.67)：(5.17/5.67)
＝ 0.0881:0.9118（小数点以下第3位四捨五入）
= 9%：91%

(6)炭素の組成が 1.5wt%の鋼の温度が 727℃に達した h 点直下での反応名を答えよ。また、この反応終了後の h 点の組織図をかけ。

（解答）

（反応名）：**共析反応**

（組織図）



２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程　一般入試（Ｉ期）
理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（模範解答）
専門科目〔機械材料学〕

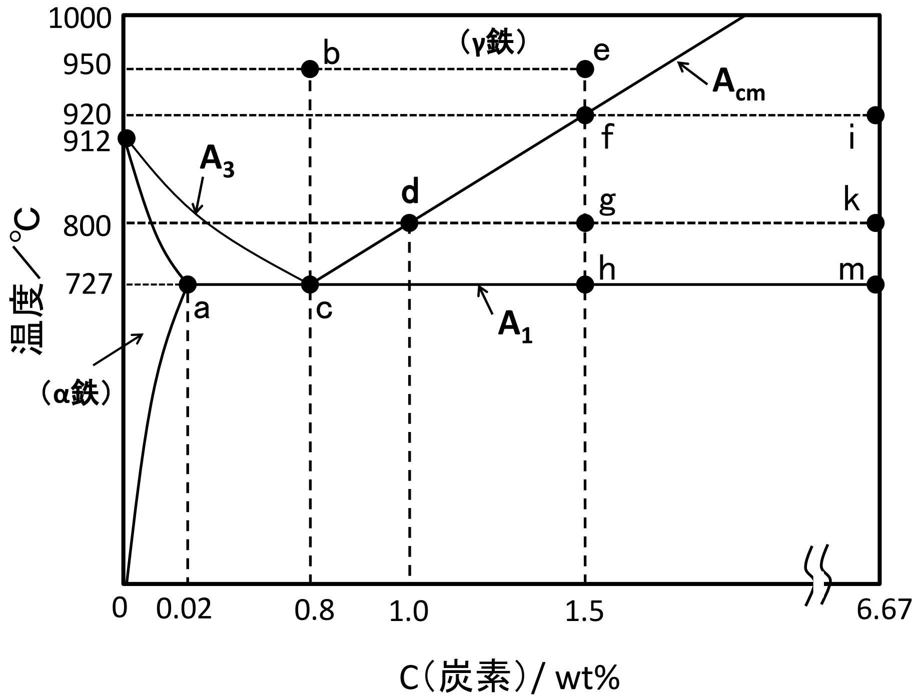


図 1. 鉄−炭素系平衡状態図

【２】炭素組成が 0.3%～0.6%の炭素鋼について A_3 線より約 50℃高い温度で加熱保持後、水中に焼入れた場合の効果を説明せよ。

（解答）

マルテンサイト組織が形成し炭素鋼の強度は非常に高くなる。

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程　一般入試（Ｉ期）

理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（模範解答）

専門科目〔機械設計・加工学〕　１／１

Ａ．機械設計の問題

［A-1］下図では，M3のボルト2本で，フックを天井に取り付けている．このボルトの引張強さはσ_B=500MPaである．このとき，次の各問題に答えよ．［50点］

(1) このボルトが１回転して軸方向に進む距離を答えよ．

(2) フックに重りをぶら下げたとき，ボルト内部に生じる引張応力が最大となる面の断面積(mm²)を，ボルト１本当たりで求めよ．

(3) フックに10kgの重りをぶら下げたとき，ボルト内部に生じる引張応力の最大値(MPa)を求めよ．

(4) 安全率 S=5 としたとき，このボルトの許容引張応力（MPa）を求めよ．

(5) 安全率 S=5 としたとき，フックにぶら下げて良い，重りの最大値(kg) を求めよ．

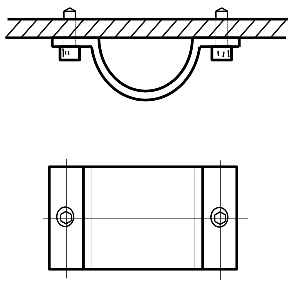


表 メートル並目ねじ

ねじの呼び	ピッチ P (mm)	めねじ 谷の径 D (mm)	めねじ 内径 D_1 (mm)
		おねじ 外径 d (mm)	おねじ 谷の径 d_1 (mm)
M2	0.4	2	1.567
M3	0.5	3	2.459
M4	0.7	4	3.242

解答

(1) 1ピッチなので、表より、0.5mm

(2) 引張応力が最大となるのは、谷径 2.459mmの断面なので、$A=(2.459/2)^2 \times \pi \fallingdotseq 4.749$mm²

(3) １本当たり5kgの荷重がかかるので、$\sigma = 5g/4.749 \fallingdotseq 10.32$ MPa

(4) $\sigma a = 500/5 = 100$ MPa

(5) $100 = Mg/4.749$ より、$M \fallingdotseq 48.46$kg ２本あるので、2M = 96.92kg

受験番号

Ｂ．加工学の問題

［B-1］旋盤作業を行った際に発生する構成刃先に関する以下の問いに各々答えよ．［16 点］

(1) 構成刃先とは何か説明せよ．

工作物の一部が切削の際に工具刃先に凝着・堆積して，さらに凝着と堆積が繰り返されて加工硬化することにより工具刃先に付着して刃先のように作用する部位

(2) 構成刃先が発生する原因について説明せよ．

切りくずと工具の間に作用する強い応力，切りくずと工具の間に作用する強い摩擦抵抗，切削時の加工発熱
（いずれかがかけていれば正答）

(3) 構成刃先が発生しやすい材料特性を説明せよ．また，構成刃先が発生しやすい材料を答えよ．

構成刃先が発生しやすい材料特性：延性材料で加工硬化しやすい材料

構成刃先が発生しやすい材料：軟鋼，ステンレス鋼，黄銅，アルミニウム

(4) 構成刃先が発生することによる長所と短所を挙げよ．

長所：工具を保護することにより工具寿命が増加する

短所：過切削になる，仕上げ面精度が悪くなる，粗くなる

［B-2］主軸の回転速度 N が 708 rpm で直径 D が 45 mm の丸棒を外周旋削した．切削した時に発生した切削抵抗主分力 Fc が 350 N だった．この時の切削速度 V と，この時の切削動力 P を各々求めよ．回答の導出過程はなるべく省略せずに記載し，解答には単位を記載すること．［18 点］

切削速度 V は　$V = \frac{\pi DN}{1000} = \frac{3.14\times45\times708}{1000} = 100.0404 \approx 100$ (m/min)

切削に必要な動力は P　$P = \frac{F_c V}{1000\times60} = \frac{350\times100}{60000} = 0.58333\cdots \approx 0.583$ (kW)

よって切削速度は 100 m/min，切削に必要な動力は 583 W　となる

［B-3］金属の溶接に関する以下の問いに各々答えよ．［16 点］

(1) 溶接法の中でも融接法として正しいものを以下の選択肢の中から全て選べ．

①アーク溶接　②抵抗溶接　③ガス圧接　④摩擦圧接　⑤硬ロウ付け　⑥ガス溶接　⑦鍛接

(2) 金属材料の融接法における接合部で考えられる問題点を説明せよ．

接合部では金属材料を溶融するまでに加熱を行う．このため接合部では，

・金属組織の溶融熱による材料変形　・金属組織の変化　・酸化　・ひけ巣の発生

などにより，母材より局所的に機械的性質が劣る．

その他，成分系の異なる金属同士の強制的な溶融による電飾等，考えられる問題を記述できていたら正答

(3) 溶接性が良いといわれる材料の条件として正しいものを以下の選択肢の中から一つ選んで答えよ．

①急熱急冷が起こることで変質が大きい　②接合部の機械的性質が優れている

③低合金鋼では炭素鋼と比べて溶接性が良い　④炭素鋼では炭素量が多い方が良い

(4) 一般的に非鉄金属は鉄鋼材料よりも溶接が難しい．溶接が難しい理由を 2 つ以上挙げて説明せよ．

・非鉄金属は鉄鋼材料よりも熱伝導性が良いために高温になりにくいので溶接がしにくい

・酸化もしやすい

・ガス吸収し易いので，溶接部巣が発生しやすい

・熱膨張係数が大きいため，熱ひずみしやすい

の中から 2 つ以上挙げて説明できていたら正答

受験番号

１．（１）運動方程式は

$$m\ddot{x} + (c_1 + c_2)\dot{x} + kx \quad = F_0 \sin \omega t$$

となる．

（２）$c_1 = c_2 = 0$とすると，運動方程式は

$$m\ddot{x} + kx \quad = F_0 \sin \omega t$$

この運動方程式（２階線形非同次微分方程式）の一般解は，同次方程式の一般解と非同次方程式の特殊解の和であるから，まず，同次方程式の一般解を求める．

$$m\ddot{x} + k\,x = 0$$

において，$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$とすると，

$$\ddot{x} + \omega_n^2\, x = 0$$

解を$x(t) = e^{\lambda t}$（λは未知数とする）と仮定し運動方式に代入してλを求めると，$\lambda = \pm\, j\,\omega_n$を得る．基本解は

$$x_1(t) = e^{j\omega_n t}, x_2(t) = e^{-j\omega_n t}$$

となるので，オイラーの公式を用いて、実関数の基本解を求めると，

$$u_1 = \frac{x_1 + x_2}{2} = \cos(\omega_n t), u_2 = \frac{x_1 - x_2}{2j} = sin(\omega_n t)$$

となる．よって，同次方程式の一般解は

$$x(t) = A\cos(\omega_n t) + B\sin(\omega_n\, t)$$

となる．ここで，A, B は任意定数である．

　つぎに，非同次方程式の特殊解を求める．非同次方程式は次式となる．

$$\ddot{x} + {\omega_n}^2 x = \frac{F_0}{m}\sin(\omega t)$$

特殊解を$x_p(t) = C\cos(\omega t) + D\sin(\omega\, t)$と仮定する．ここで，$C, D$ は未知数とした．これを上式に代入すると

$$-\omega^2 C\cos(\omega t) - \omega^2 D\sin(\omega\, t) + {\omega_n}^2 C\, cos(\omega t) + {\omega_n}^2 D\, sin(\omega\, t) \quad = \frac{F_0}{m} sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow C({\omega_n}^2 - \omega^2)\cos(\omega t) + D({\omega_n}^2 - \omega^2)\sin(\omega\, t) = \frac{F_0}{m} sin(\omega t)$$

この式が恒等的に成立するためには,

$$\begin{cases} C({\omega_n}^2 - \omega^2) = 0 \\ D({\omega_n}^2 - \omega^2) = \dfrac{F_0}{m} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C = 0 \\ D = \dfrac{F_0}{m({\omega_n}^2 - \omega^2)} \end{cases}$$

ここで，問題より$\omega \neq \sqrt{\frac{k}{m}}$である．よって，特殊解は

$$x_p(t) = \frac{F_0}{m({\omega_n}^2 - \omega^2)}\sin(\omega\, t)$$

以上より，求める解は

$$x(t) = A\cos(\omega_n t) + B\sin(\omega_n\, t) + \frac{F_0}{m({\omega_n}^2 - \omega^2)}\sin(\omega\, t)$$

である．

受験番号	総点

２．（１）初期値を 0 としてラプラス変換すると

$$sY(s)+Y(s)=U(\mathrm{s})$$

よって，

$$G(s)=\frac{1}{s+1}$$

（２）ステップ応答は

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s+1}\frac{1}{s}\right]=\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{-1}{s+1}\right]+\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s}\right]=-e^{-t}+1$$

である．
（３）時定数は 1，最終値は 1 である．
（４）$E=R(s)-Y(s)$とすると，$Y(s)=KG(s)E$であるので，

$$Y(s)=KG(s)\big(R(s)-Y(s)\big)$$
$$\Rightarrow \big(1+KG(s)\big)Y(s)=KGR(s)$$

よって，

$$G_c(s)=\frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

（５）

$$G_c(s)=\frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

に$G(s)=\frac{1}{s+1}$を代入すると，

$$G_c(s)=\frac{K}{s+(1+K)}$$

となる．安定であるためには特性根が負であればよいので，

$$K>-1$$

であればよい．

受験番号	総点