生物工学　Ｉ

次の[Ｉ－１]～[Ｉ－３]の３題を，それぞれ別の解答用紙に答えよ．

[Ｉ－１]

（問１）光や音の強度のような刺激の物理的強度（W）と、その刺激を受けた場合の感覚量（I：感覚を量的に表現したもの）の関係について、多くの場合一定の数的関係が成り立つとされる。この関係を Weber-Fechner 則と呼ぶ。

（ア） Weber-Fechner 則を W と I を用いて数式で表し、その内容を文章で説明せよ。

（イ） この法則の基となった Weber の実験では、被験者が捉えることのできる最小の強度変化は、基準となる刺激の強度に比例することが見いだされた。Fechner は、Weber の実験結果を基に、Weber-Fechner 則を導いた。Weber-Fechner 則が導かれた過程を説明せよ。

（問２）細胞内の反応に関する以下の問いに答えよ。

（ア） 生命体の中の化学反応の特徴として、情報分子である DNA 等の関わりがあげられる。情報分子によって高度複雑な化学合成が可能となっているが、そのような反応の例を示すとともに、情報分子の役割について述べよ。

（イ） 情報分子の生物進化における役割について、知るところを記せ。

（ウ） 生命体の特徴に自己組織化と自己複製がある。生体中でこれらが生じる仕組みについて、人工物と比較しつつ、考察して述べよ。

（問３）量子力学の構築に貢献した Erwin Schrödinger は、1944 年に、生体中では、熱力学の第二法則に反して、エントロピーの増大が起こらないことを説いた。何故細胞中では熱力学の第二法則が破れるように見えるのか、議論せよ。

［Ｉ - ２］

以下の問いに答えよ．

（問１）　xyz 空間において，直流電流 I が流れている微小変位をベクトル $d\mathbf{r}$ で表す．ベクトル $d\mathbf{r}$ は原点 $(0,0,0)$ に位置する．この場合，微小変位が位置ベクトル $\mathbf{r}$ に作る磁場 (A/m) を求めよ．なお，xyz 空間は真空とする．

（問２）　xyz 空間における点 $P_0(0,0,-z_0)$ と点 $P_1(0,0,+z_0)$ を結ぶ線分に，直流電流 I_0 が点 P_0 から点 P_1 の向きに流れている．電流 I_0 が点 $(x,y,0)$ に作る磁場 $\mathbf{H}_0$ の x 成分 h_{x0} と y 成分 h_{y0} を求めよ．なお，$z_0>0$，$I_0>0$ とする．

（問３）　式 (3-1) のように，$z_0\to\infty$ とした場合の磁場 $\mathbf{H}_1$ の x 成分 h_{x1} と y 成分 h_{y1} を求めよ．

$$\mathbf{H}_1=\lim_{z_0\to\infty}\mathbf{H}_0 \qquad (3\text{-}1)$$

（問４）　xy 平面を複素平面として複素数 w を式 (4-1) のように定義し，複素関数 $h(w)$ を式 (4-2) で表す．複素関数 $h(w)$ が，$w=0$ 以外で正則であることを示せ．なお，$j^2=-1$ である．

$$w=x+jy \qquad (4\text{-}1)$$

$$h(w)=h_{x1}(x,y)-jh_{y1}(x,y) \qquad (4\text{-}2)$$

（問５）　複素平面上で中心が点 $(0,0)$，半径が r_0 である円周 C に沿って，式 (5-1) のように複素関数 $h(w)$ を反時計回りに周回積分した値を答えよ．なお，$r_0>0$ とする．

$$\oint_C h(w)dw \qquad (5\text{-}1)$$

（問６）　xy 平面上で中心が点 $(x_0,0)$，半径が r_0 である円周 C' に沿って，式 (6-1) のように磁場 $\mathbf{H}_1$ と微小変位ベクトル $d\mathbf{s}$ の内積を，電流 I_0 の向きに右ねじが進む際の回転方向に周回積分する．周回積分した値を，$x_0>r_0$ と $x_0<r_0$ の場合に分けて答えよ．なお，$x_0>0$ とする．

$$\oint_{C'}\mathbf{H}_1\bullet d\mathbf{s} \qquad (6\text{-}1)$$

［Ｉ－３］

伝達関数が $G(s)$ で表される制御対象を，伝達関数が $C(s)$ で表される制御器を用いてフィードバック制御することを考える（下図）．図のように，系への入力，系の出力，および偏差のラプラス変換を，それぞれ，$U(s)$，$X(s)$，および $E(s)$ とする．以下の問いに答えよ．

（問１）このフィードバック制御系の閉ループ伝達関数を $H(s)$ とする．$H(s)$ を $G(s)$ および $C(s)$ を用いて表せ．

（問２）単位ステップ入力

$$u_0(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t > 0 \end{cases}$$

のラプラス変換 $U_0(s)$ を計算せよ．

（問３）時間信号 $x(t)$ のラプラス変換を $X(s)$ とする．$x(t)$ の積分演算

$$i(t) = \int_0^t x(\tau)\, d\tau$$

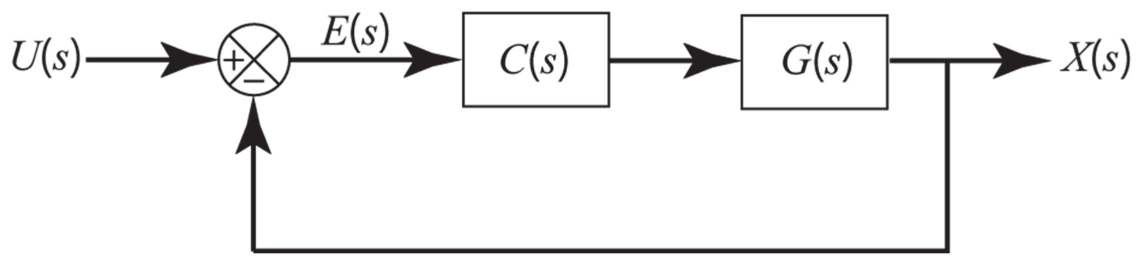
のラプラス変換 $I(s)$ を $X(s)$ を用いて表せ．

以下では，$G(s) = G_1(s) = \dfrac{1}{s+1}$，および，$G(s) = G_2(s) = \dfrac{1}{s^2 + 3s + 2}$ である 2 つの場合を考える．

（問４）$G(s) = G_1(s)$ および $G(s) = G_2(s)$ の各場合に対して，$C(s)$ がゲイン 5 の比例制御器であるとして，単位ステップ入力に対する定常位置偏差（ステップ入力の開始から十分時間が経過したときの偏差 $e(t)$ の値）を求めよ．

（問５）$G(s) = G_1(s)$ および $G(s) = G_2(s)$ の各場合に対して，$C(s)$ としてゲイン 5 の比例制御器とゲイン 5 の積分制御器を並列に配置したとして，単位ステップ入力に対する定常位置偏差を求めよ．

（問６）$G(s) = G_1(s)$ および $G(s) = G_2(s)$ である双方の場合に対して，フィードバック制御に積分制御器を用いる意義を述べよ．



図：フィードバック制御系