

令和 8 年度特色入試問題

《総合人間学部》

理系総合問題

100 点満点

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題は全部で3題ある(1ページから8ページ)。
3. 解答冊子は全部で2冊ある。それぞれの解答冊子は表紙のほか6ページ,8ページある。
4. 試験開始後, それぞれの解答冊子の表紙所定欄に受験番号・氏名をはっきり記入すること。
表紙には, これら以外のことを書いてはならない。
5. 解答は問題ごとに指定された解答冊子の解答用ページに書くこと。ただし, 続き方をはっきり示して同じ解答冊子の下書き用ページに解答の続きを書いてもよい。この場合に限って下書き用ページに書かれているものを解答の一部として採点する。それ以外の場合, 下書き用ページは採点の対象としない。
6. 解答のための下書き, 計算などは, 下書き用ページに書くこと。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は, どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが, 解答冊子は持ち帰ってはならない。

I

(25点)

p を $0 < p < 1$ を満たす定数とする。1日経過するごとに確率 $1 - p$ で腐敗して食べられなくなり、確率 p で食べられる状態が続く果実が4個あり、現在4個全てが食べられる状態にあるとする。1日後から毎日、食べられる状態の果実を1個ずつ食べていくとき、食べることができる果実の個数がちょうど2個となる確率 P_2 と、ちょうど3個となる確率 P_3 をそれぞれ求めよ。ただし、それぞれの果実がそれぞれの日に腐敗する事象は互いに独立であるとする。

II

(25点)

$3ac^4 - 4abc^3 + 4ab^4 - 4b^4 + 4^b = 0$ を満たす正の整数の組 (a, b, c) を全て求めよ。

Ⅲ

(50 点)

以下の問1～問4に答えよ。解答用の欄に書き切れない場合は、下書き用の欄に記入してもよい。ただし、その場合には解答のつながりがわかるように明示すること。

問1 近年では、ロケットの打ち上げも民間で行われるようになり、人工衛星を利用する機会が多くなっている。宇宙や海洋といった異なる環境で利用される波の伝搬について考える。次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 上空数百 km の高度を周回する人工衛星は約 80 分で地球を一周する。このような人工衛星の興味深い利用方法の一例は、地中で起こっている現象を宇宙から調査できることである。実際に、人工衛星に波長が数 cm の電磁波であるマイクロ波の送受信機を搭載して、地面の隆起や沈降の速さ(数 cm/年)を検知することができる。その検知方法の原理およびマイクロ波のように波長の長い電磁波を使う理由を説明せよ。
- (2) 宇宙空間では電磁波が利用されている一方で、海では魚群探知器や潜水艦のソナーのように、超音波が物体の検知に利用されている。また、超音波は人体のエコー検査にも利用されている。宇宙空間では電磁波が利用され、海中や人体では超音波が利用されている理由を説明せよ。

問2 髪の毛に寝癖がついていた経験は、誰しもが持っているであろう。次の①～⑦に記した7つの事実から、寝癖が起こる理由とついでに寝癖が直る理由を図1と表1に示したアミノ酸の分子構造を踏まえて説明せよ。必要であれば、図を用いてもよい。

- ① 髪の毛が濡れたまま就寝したり、就寝中に寝汗で髪の毛が濡れたりすると、寝癖が起こりやすい。
- ② 就寝する前にドライヤーで髪の毛をきちんと乾かしておくと、寝癖が起こりにくい。
- ③ 寝癖のついた髪の毛をお湯や水で濡らして整えた後、ドライヤーで乾かすと、寝癖が直る。
- ④ 髪の毛の主成分はケラチンと呼ばれるタンパク質であり、ケラチンは繊維状の立体構造をもつ。

- ⑤ 髪の毛は、鉛筆のような3層構造をもつ。その中間の組織（鉛筆の表面と芯の間にある木の部分に相当）では、多数のケラチンが集合して束を作っている。
- ⑥ タンパク質は、多数のアミノ酸がペプチド結合（図2）で鎖状につながった高分子化合物である。
- ⑦ 中性条件下でのドライヤーによる加熱程度では、図2の逆反応は無視できる。

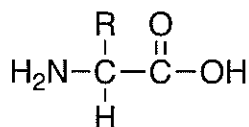


図1 アミノ酸の基本構造。Rは、アミノ酸の側鎖と呼ばれ、水素や表1に示す炭素基などである。



図2 2分子のアミノ酸から生じるペプチド結合（点線の四角部分）。R¹とR²は、アミノ酸の側鎖である。

表1 タンパク質を構成するアミノ酸の例

| 名称 | Rの構造 | 性質 |
|---------|--|-------------------------|
| セリン | —CH ₂ —OH | 中性 |
| システイン | —CH ₂ —SH | |
| トレオニン | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{—CH—OH} \end{array}$ | |
| アスパラギン酸 | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—CH}_2\text{—C—OH} \end{array}$ | 酸性（タンパク質中でRは負の電荷をもつ） |
| グルタミン酸 | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C—OH} \end{array}$ | |
| リシン | —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —NH ₂ | アルカリ性（タンパク質中でRは正の電荷をもつ） |
| アルギニン | $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH—C=NH} \end{array}$ | |

問3 ゲノム編集に関する次の文章を読み、以下の(1)と(2)に答えよ。

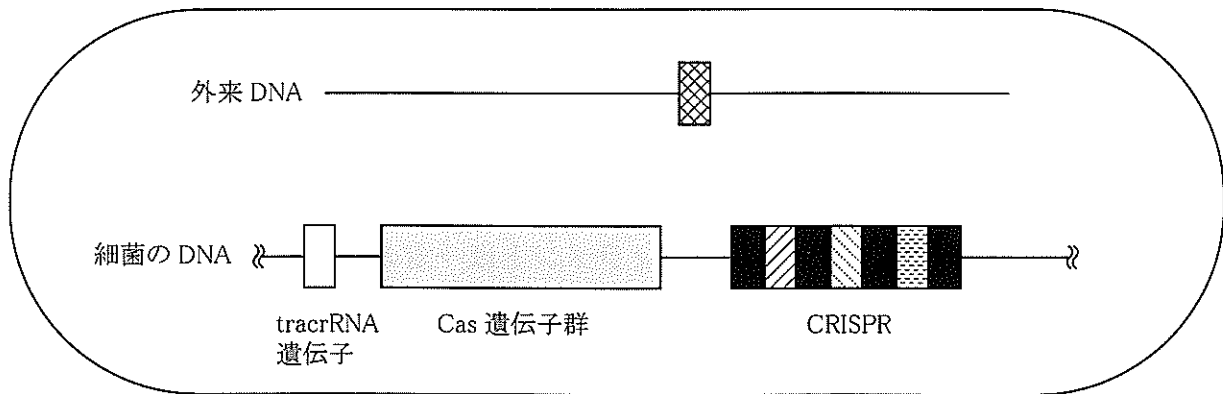
生物の遺伝情報であるDNAの特定の部位を狙って改変するゲノム編集という技術が、現在広く利用されている。その中で、化膿レンサ球菌由来のCRISPR-Cas9というツールを用いたゲノム編集では、次の①～⑤に概説するCRISPR-Casシステムの仕組み(図1)の一部を応用している。

- ① 細菌の細胞内に侵入したウイルスなどの外来DNAは、断片化された後、その一部が新たなスペーサーとして細菌のDNAに存在するCRISPRに挿入される。CRISPRとは、同一のリピートと多様なスペーサーが交互に並んでいる領域である。
- ② DNAであるCRISPRからコピーのRNAが合成された後、加工されて、短いRNAであるCRISPR RNA (crRNA)が生じる。このcrRNAの中には、外来DNA由来の遺伝情報をもつcrRNAが含まれる。
- ③ トランス活性化型 crRNA (tracrRNA)の遺伝子から、短いRNAであるtracrRNAが合成される。
- ④ Cas遺伝子群の中に存在するCas9遺伝子から、DNAの二本鎖を切断する酵素であるCas9タンパク質が合成される。
- ⑤ Cas9タンパク質がtracrRNAおよびcrRNAと結合して複合体を形成し、細胞内に再び侵入してきた外来DNAの一部の領域(標的DNA)を認識して速やかに切断する。

(1) ゲノム編集では、⑤の複合体が標的DNAを認識して切断する機能を利用する。この標的DNAを認識する仕組みを説明せよ。必要であれば、図を用いてもよい。

(2) 真核生物を対象としたゲノム編集では、細胞内に人為的に導入された⑤の複合体によってDNAの二本鎖が切断された場合、切断された末端同士が再び結合する形式の修復を受けることが多い。このとき、タンパク質のアミノ酸配列に関する遺伝情報を記録している領域が切断された場合、DNAの修復後に正常なタンパク質が合成されなくなることがある。その理由を説明せよ。

細菌の細胞



① 外来 DNA の一部が CRISPR に挿入される

細菌の細胞

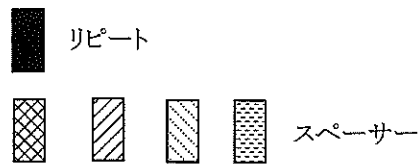
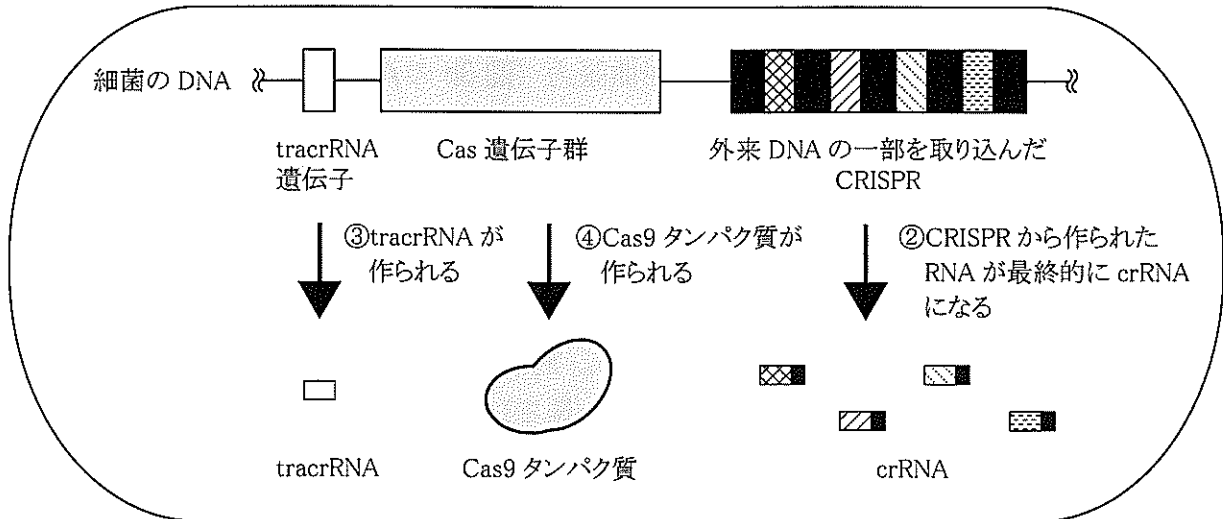


図 1 CRISPR-Cas システムの概略図

問4 カエルの摘出筋を用いた実験と人間を対象とした生体内条件下での実験に関する次の文章を読み、両者の筋肉の「長さ－張力関係」の特徴と相違点について、以下の(1)と(2)に答えよ。

筋肉は、直径が約0.1 mmの筋繊維(筋細胞)から構成される。筋繊維内には、太いミオシンフィラメントと細いアクチンフィラメントが規則正しく配列している。図1に示すように、ミオシンフィラメントは一对のZ膜で挟まれた領域のサルコメアの中央部に位置し、アクチンフィラメントはZ膜に結合している。

図2aに示すように、カエルの筋肉を用いて、単一筋繊維のサルコメアを様々な長さに固定し、収縮張力を測定したところ、図2bに示すサルコメアの「長さ－張力関係」を得た。この結果は、筋繊維の収縮張力は、サルコメア中のミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの重なる量に依存することを意味している。

次に、人間の肘屈曲運動を調べるため、図3aに示す装置により肘関節角度を45°、90°、120°、135°、150°に固定して肘屈曲張力(図3bの*f*)を測定した。なお、張力*f*は手首を固定するカフに装着した張力測定器により測定した。その結果、それぞれの角度の張力*f*は92 N、252 N、272 N、251 N、189 Nであり、図3cに示す「肘関節角度－張力関係」が得られた。図3bに上腕二頭筋(いわゆる、力こぶの筋肉)を代表とする肘屈筋の働きを模式的に示した。肘関節回転中心から肘屈筋の付着部位までの距離を*l*とする。肘屈筋の付着部位から手首までの距離*L*は4*l*であることが解剖学的観察からわかっている。肘屈筋の長軸方向の収縮によって生み出される肘関節の力のモーメント(張力×長さ)*M*は肘関節角度*θ*に依存し、

$$M = F \times l \sin \theta = f \times (l + L) \quad (1)$$

で与えられる。*F*は肘屈筋の長軸方向の張力、*f*は手首で測定される回転の接線方向の張力を表す。

(1) 肘関節角度*θ*を45°、90°、120°、135°、150°としたとき、それぞれの角度に対応する肘屈曲張力*f*の測定値が得られている。*θ* = 90°のときを基準(相対長さ = 1)とし、*l* = 0.5とする条件で肘屈筋の相対長さを求め、(1)式をもとに肘屈筋の張力*F*を推定し、肘屈筋の「相対長さ－張力関係」のグラフを描け。なお、横軸と縦軸には、それぞれ数値と軸の名称を明記すること。また、縦軸には、軸の名称に単位を付すこと。

(2) 上の設問で推定した人間の肘屈筋の「相対長さ－張力関係」は、カエルの筋肉の「長さ－張力関係」とは異なる。その理由を説明せよ。

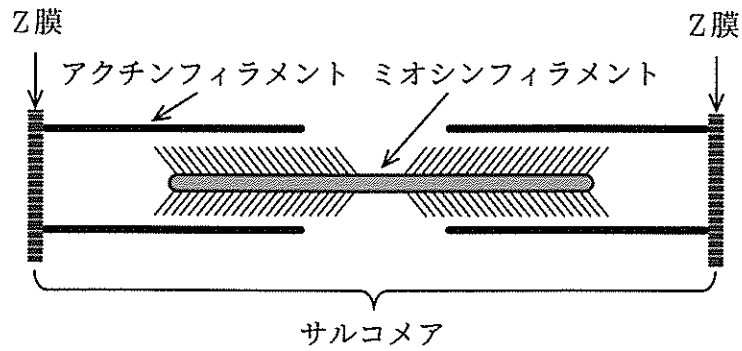
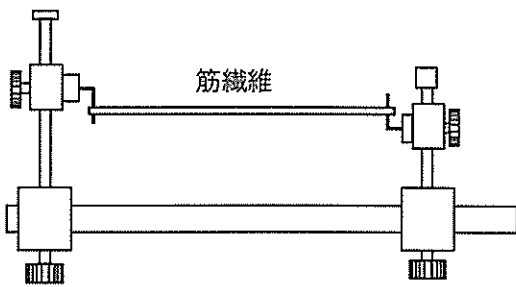


図1 サルコメアの構造

(a)



(b)

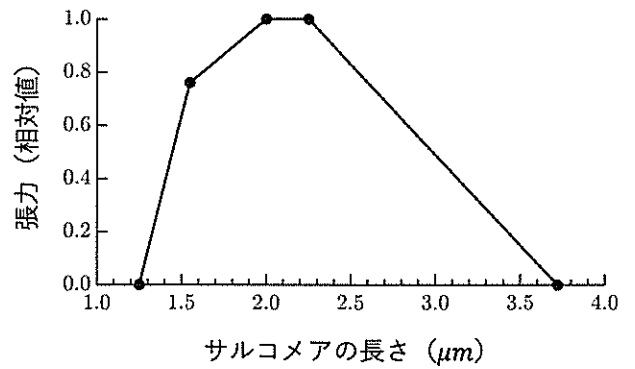
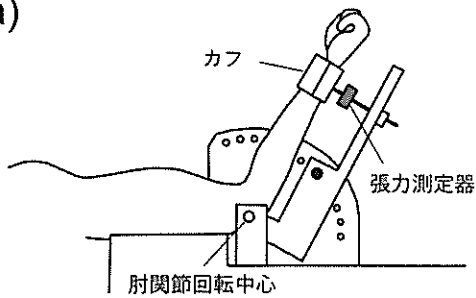
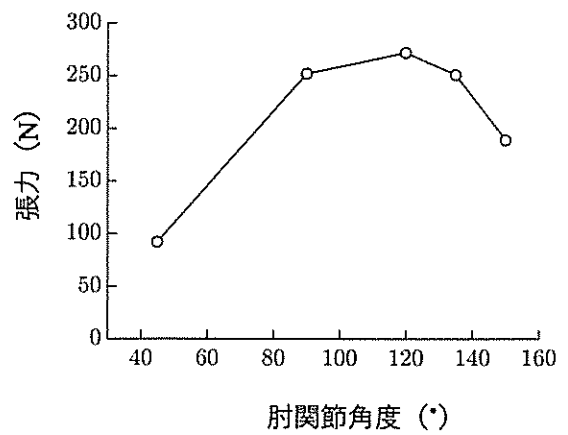


図2 (a)カエルの摘出筋の実験。(b)サルコメアの「長さ-張力関係」

(a)



(c)



(b)

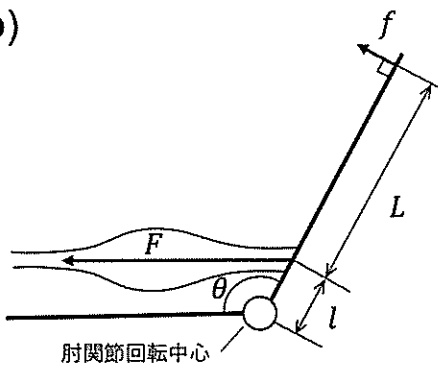


図3 (a)人間を対象とした実験における肘屈曲運動の実験装置。(b)人間の肘屈筋の模式図。(c)「肘関節角度-張力関係」の実験結果