

令和6年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

●総合選抜

理系Ⅰ，理系Ⅱ，理系Ⅲ

●学類・専門学群選抜

人間学群 (教育学類，心理学類，障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類，生物資源学類，地球学類)

※生物資源学類，地球学類で地理歴史を選択する者は，
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類，物理学類，化学類，応用理工学類，
工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類，医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理		1
化	学		8
生	物		19
地	学		36

注 意

1. 問題冊子は1ページから43ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し，志望する学類の出題科目を解答すること。

【出題科目】

選 抜 区 分・学 類		出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
総合選抜	理系Ⅰ					◎印の物理は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	数学類	◎	○	○	○	
	物理学類					
	応用理工学類					
	工学システム学類					◎印の化学は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	○	
	生物資源学類	○	○	○	○	
	地球学類	○	○	○	○	
総合選抜	理系Ⅱ	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物学類					
	情報科学類					
	医療科学類					
学類・専門学群選抜	教育学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
	心理学類					
	障害科学類					
	看護学類	○	○	○		

生 物

次ページ以降の問題Ⅰ～Ⅳについて解答せよ。解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。解答文字数を指定している設問については、数字、アルファベット、句読点、括弧、その他の記号とも、すべて1字として記入せよ。ただし、濁点および半濁点は1字とはしないこと(たとえば、「が」を「か」とはしない)。

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

自然界の生物は、周囲の環境と深い関わりあいをもちながら生活している。こうした関わりあいの中には、気温や降水量などで表される非生物的環境との関係だけでなく、オオヤマネコとユキウサギの間にみられる [1] やゾウリムシとヒメゾウリムシの間にみられる [2] などの、生物的環境との関係が含まれる。こうした異なる生物種どうしの関わりあいが原因となって、いずれか一方の種が地域から姿を消したり、あるいは、世代をくり返す間に生物の姿かたちが変わったりすることがある。

さらに、異なる生物種どうしの関わりあいに加え、同じ生物種の個体どうしの関わりあいも、生物の生活にしばしば大きな影響をおよぼす。これには、餌や異性の奪いあいによって互いに不利益をもたらす [3] のようなものもあれば、スズメが形成する [4] のように、集まって一緒に行動することで、餌や天敵に早く気づけるといった利益をもたらすものもある。

問 1 文中の空欄 [1] ~ [4] に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 異なる生物種どうしの関わりあいが原因で生じる、下線部(a)のような現象の呼び名として最も適切なものを、以下のア～オより選び、記号で答えよ。

- ア. 密度効果
- イ. 近交弱勢
- ウ. ニッチの分割
- エ. 競争的排除
- オ. 遺伝的浮動

問 3 下線部(b)に関連する次の文章を読み、以下の設問(1)~(3)に答えよ。

ガラパゴス諸島に生息するコガラパゴスフィンチ(以下、フィンチ)は雑食性で、種子を割って食べる他、花蜜を飲んで乾季を生きのびると言われる。ところがよく見ると、フィンチが乾季に花蜜を利用する頻度は、島ごとに異なっている。この島ごとのフィンチの食性の違いは、種子と花の種類や量、気候の違いではなく、フィンチの体のサイズが遺伝的に異なっていることに起因する。フィンチのくちばしの大きさは、体の大きさにほぼ比例しており、小さな個体のくちばしは、種子を食べるだけでなく、他の鳥が利用しない花蜜を飲むことにも適している。一方、大きな個体のくちばしは、小さな個体のくちばしに比べ、花蜜を飲むことよりも、種子をすばやく割って食べることに適している。

乾季には種子が不足する場合があるので、一般的には状況に応じて花蜜も利用できる小さな個体の方が、有利と思われる。種子と花の種類や量、気候には島の間でほとんど差がないにも関わらず、一部の島でのみ、フィンチの体のサイズが大きいのはなぜだろうか。疑問を抱いた研究者らが調べてみたところ、サイズが大きいフィンチが生息する3つの島には、サイズが小さいフィンチが生息する2つの島と異なり、花蜜や花粉を主食とするクマバチが生息していることがわかった(表1)。

表 1

島	平均翼長* (mm)
<u>クマバチがいない島</u>	
ピンタ島	59.8
マルチェナ島	58.2
<u>クマバチがいる島</u>	
フェルナンディナ島	64.8
サン・サルバドル島	63.8
エスパニョーラ島	64.7

*翼長=たたんだ翼の長さ。体サイズの指標となる。

- (1) フィンチは、これらの島々の間をほとんど移動しない。このように、異なる場所に生息する集団間で同種の個体の移動がほとんどみられない状態を表す、最も適切な語を答えよ。

- (2) それぞれの島において乾季の間、フィンチが食事時間のそれぞれ何%を種子と花蜜に費やしているかを観察したところ、図1のようになった。このような結果が得られた理由として適切なものを、以下のア～カよりすべて選び、記号で答えよ。

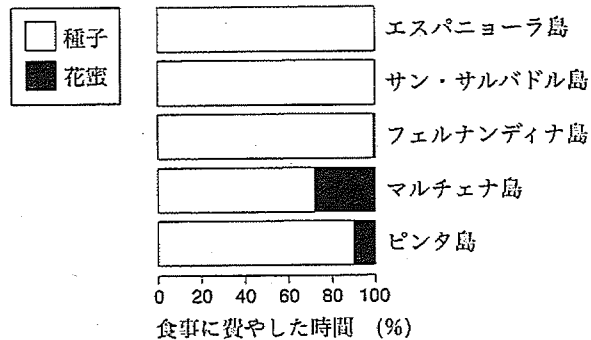


図1

- ア. ピンタ島とマルチェナ島では、他の鳥が盛んに花蜜を飲んでおり、フィンチも他の鳥と一緒に花蜜を利用していた。
- イ. ピンタ島とマルチェナ島では、他の島にくらべて花蜜を利用する他の生物が少なく、フィンチが花蜜を利用できた。
- ウ. ピンタ島とマルチェナ島では、フィンチはくちばしが小さく、クマバチとの競争により花蜜が十分に得られないときには、小さな種子を食べることでエネルギーを補っていた。
- エ. ピンタ島とマルチェナ島では、フィンチはくちばしが小さく、種子が十分に得られない乾季の間は、花蜜を飲むことで効率的にエネルギーを補っていた。
- オ. ピンタ島とマルチェナ島では、他の島にくらべ、フィンチが食べることのできる種子を生産する植物の数が少なかった。
- カ. ピンタ島とマルチェナ島では、他の島にくらべ、フィンチが花蜜を飲むことのできる植物の数が多かった。

- (3) これらの食性の多様性がどのように生じたかについては、さまざまな可能性が考えられる。「元来は小さなフィンチだけが生息していた一部の島に、後から侵入したクマバチが定着した」とすると、クマバチが定着した島において、フィンチの体が遺伝的に大きくなる方向に変化した経緯はどのように考えられるか、80字以内で記述せよ。

Ⅱ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細胞内共生説では、真核生物の細胞小器官のうち、ミトコンドリアは呼吸を行う好気性細菌が、葉緑体はシアノバクテリアが、宿主となる細胞に取り込まれた結果、生じたとされている。葉緑体をもつ植物における細胞内共生説の根拠の一つとして、葉緑体が2枚の生体膜で包まれていることが挙げられる。さらに複雑な細胞内構造をもつ生物も存在する。例えばケイ藻類では、4枚の生体膜に包まれた葉緑体が見られる。これは、シアノバクテリアを取り込むことで葉緑体を獲得した細胞を、さらに別の宿主細胞が取り込むという、二次共生によって説明される。

葉緑体には、核 DNA とは異なる独自の DNA (葉緑体 DNA) が含まれている。葉緑体 DNA は、その構造や、遺伝子から mRNA がつくられる過程が、原核生物のものと類似している。シアノバクテリアの DNA と比べて、葉緑体に含まれる個々の DNA のサイズは小さく、そこに含まれる遺伝子の数は少ない。これは、葉緑体 DNA の一部が、宿主細胞の核 DNA に移動したり、不要になった遺伝子が葉緑体 DNA から消失した結果であると考えられている。

問 1 下線部(a)に関連して、以下のア～オに対して、誤りを含まないものには○、含むものには×を記せ。

- ア. ミトコンドリアや葉緑体に含まれる DNA の塩基配列を、現存する細菌の DNA の塩基配列と比較することで、これらの細胞小器官の起源となった細菌の種類を推定することができる。
- イ. 細胞小器官をもたない原始的な原核生物が、シアノバクテリアを取り込むことで葉緑体を獲得したと考えられている。この過程を、一次共生と呼ぶ。
- ウ. ケイ藻類の葉緑体を包む4枚の生体膜は、内側から1枚目はシアノバクテリアの細胞膜、2枚目はシアノバクテリアを取り込んで葉緑体を獲得した生物の細胞膜、3枚目と4枚目は葉緑体を獲得した生物の細胞を取り込んだ生物の細胞膜に由来すると考えられている。

エ. 真核生物の細胞では、ミトコンドリアの獲得に続いて、呼吸に必要な酸素から DNA を守るために核膜が発達したことがわかっている。

オ. シアノバクテリアが水を用いた光合成を行うことで地球環境の酸素濃度が上昇したため、ミトコンドリアで酸素を用いた効率の良い好気呼吸を行うことができる真核生物が繁栄したと考えられている。

問 2 下線部(b)に関連して、以下の空欄 ~ に当てはまる適切な語を答えよ。

二酸化炭素と C_5 化合物のリブロース二リン酸から、 C_3 化合物の を 2 分子つくる酵素である は、小サブユニットと大サブユニットという二種類のタンパク質分子から成る。真核生物である緑藻のある種では、小サブユニットと大サブユニットの遺伝子はそれぞれ、核 DNA と葉緑体 DNA にある。小サブユニットの遺伝子の塩基配列は、全てがタンパク質に翻訳されるわけではない。DNA の塩基配列が写し取られた RNA から、 に対応する領域が取り除かれ、 に対応する領域だけを含む成熟した mRNA になる。この過程を と呼ぶ。

問 3 下線部(c)に関連して、植物の核 DNA の塩基配列には、葉緑体 DNA の一部の塩基配列と類似性が高い配列が見つかることがある。このような核 DNA 中の配列は、葉緑体 DNA に由来する塩基配列が核 DNA に挿入されたものと考えられており、nupDNA と呼ばれる。nupDNA の塩基配列と葉緑体 DNA の塩基配列を詳しく解析することで、個々の nupDNA が核 DNA に挿入された年代を推定することができる。ある植物 X において、200 塩基対以上の長さをもつ nupDNA は、約 3 億 9 千万塩基対の長さをもつ核 DNA 中の 380 箇所で見つかる。図 1 (A)および(B)はそれぞれ、推定された挿入年代ごとの、現在の nupDNA の長さの合計、および nupDNA が見つかる箇所数を表しており、各バーの上部の数字は、各データの値を表している。これらをふまえて、以下の設問に答えよ。

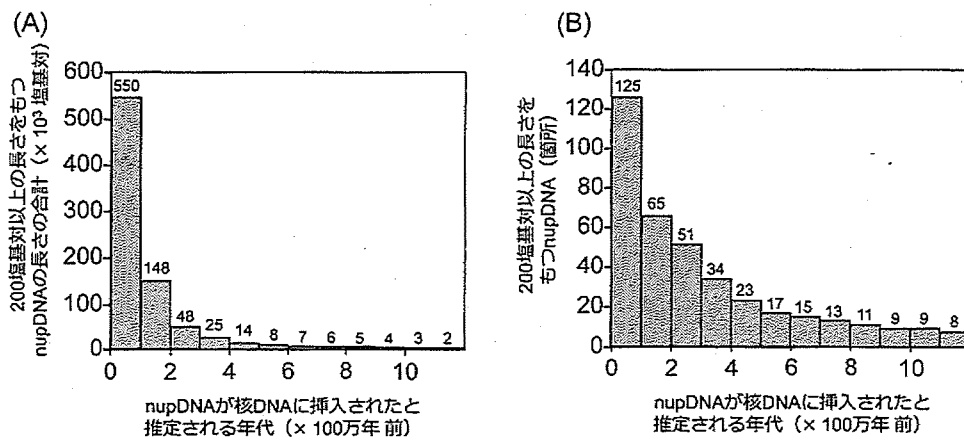


図 1

(1) 以下のア～オに対して、これらの図から読み取れることには○、読み取れないことには×を記せ。

- ア. 葉緑体 DNA 由来の配列が核 DNA に挿入されるというイベントは過去に 12 回起こった。
- イ. 過去 100 万年以内に核 DNA に挿入されたと推定できる、200 塩基対以上の長さをもつ nupDNA の数は、全 nupDNA の数の半分以上である。
- ウ. 200 塩基対以上の長さをもつ nupDNA の長さの合計は、植物 X の核 DNA の合計の長さの 0.2 % 以上を占める。
- エ. nupDNA の長さの平均は、核 DNA に挿入されたと推定される年代が古いほど短い傾向がある。
- オ. 葉緑体 DNA に由来し、核 DNA に挿入されたと推定される nupDNA が存在することと同様に、ミトコンドリアに含まれる DNA に由来し、核 DNA に挿入されたと推定される DNA も存在する。

(2) 葉緑体 DNA が核 DNA に挿入されただけでは、その nupDNA に含まれるほとんどの遺伝子は転写されないとされている。そう考えられる理由を、50 字以内で記述せよ。

III 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物ホルモンは、植物体内で合成される低分子の有機化合物のうち、植物の成長、発生、環境応答などの多岐にわたる生理反応に影響を与えるものの総称である。これまでに知られている植物ホルモンとして、オーキシン、ジベレリン、エチレン、アブシジン酸、1 などがある。これらの植物ホルモンはそれぞれが固有の生理作用をもちながらも、互いに協調的または拮抗的に作用し合うことで、状況に応じた適切な生理反応を引き起こしている。そのほかに、花芽形成を誘導する植物ホルモン様物質は 2 と呼ばれている。その正体は長らく謎であったが、現在では 2 の実体は FT タンパク質 (Hd3a タンパク質) であることが明らかにされている。FT タンパク質が合成される器官は 3 であり、合成された FT タンパク質は師部を通過し、茎頂分裂組織まで移動する。

植物ホルモンや FT タンパク質が細胞に存在する受容体に結合することによって、一連のタンパク質群が互いに影響を及ぼし合うようになる。そして、その影響が及ぶ経路固有の調節タンパク質のはたらきが活性化または不活性化されることで、特定の遺伝子群の発現が調節され、植物ホルモンや FT タンパク質に対応するさまざまな生理反応が引き起こされるのである。

問 1 文中の空欄 1 ～ 3 に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)に関連して、植物ホルモンのはたらきに関する以下の文ア～エを読み、誤りを含まないものには○を、誤りを含むものには×を記せ。

- ア. 植物が水不足になると、アブシジン酸が合成されて孔辺細胞に作用し、気孔が閉じて蒸散を抑制することで、体内から水分が失われることを防ぐ。
- イ. エチレンが植物細胞に作用すると、細胞壁のセルロース繊維が茎の伸長方向に対して垂直に並ぶ。続いてオーキシンがはたらくことで、セルロース繊維が緩み、細胞が吸水して、茎の肥大成長が促される。
- ウ. 幼葉鞘は光の当たる側に屈曲する。この現象では、幼葉鞘の先端部にて光受容体であるフィトクロムが光を感知して、オーキシン輸送体の分布が変化する。そして、オーキシンが光の当たる側から影側に輸送され、影側の伸長成長が促進される。
- エ. アブシジン酸は種子の休眠性を高めるが、逆にジベレリンは休眠打破のはたらきをもつ。例えば、オオムギの種子では、ジベレリンが糊粉層に作用して、アミラーゼ遺伝子の転写が抑制され、胚乳中のデンプンが十分に蓄積されることで発芽する。

問 3 下線部(b)に関連して、図 1 は野生型のイネとジベレリン反応に異常が起こったイネ変異体の発芽後の様子を示したものである。a 変異体ではジベレリン受容体であるタンパク質 A、b 変異体ではタンパク質 B をコードする遺伝子が機能を失っている。また、ab 変異体では A と B をコードする遺伝子がともに機能を失っている。このとき、B に関する説明として最も適切なものを以下の選択肢ア～カから選べ。

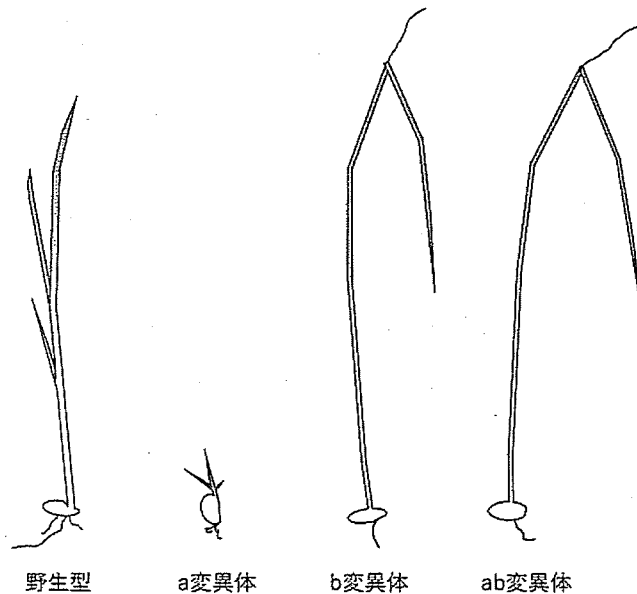


図 1

- ア. A にジベレリンを運ぶことで、ジベレリン反応を促進する。
- イ. A と競合する形でジベレリンに結合し、ジベレリン反応を適度に抑制する。
- ウ. A に結合し A とジベレリンの結合を強めることで、ジベレリン反応を促進する。
- エ. ジベレリンと競合する形で A に結合し、ジベレリン反応を適度に抑制する。
- オ. ジベレリンが結合した A により活性化され、ジベレリン反応を促進する。
- カ. ジベレリン反応を抑制しており、ジベレリンが結合した A によって不活性化される。

問 4 下線部(C)に関連する次の文章を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

調節タンパク質は一般的に、転写調節領域内の特定の塩基配列に結合し、転写調節を補助する他のタンパク質と複合体を形成することで、遺伝子の発現を調節する。調節タンパク質のはたらきを解析する手法には、細胞を用いた遺伝子産物量の定量実験や、電気泳動法を用いた DNA およびタンパク質の結合実験などがある。これらの手法を用いて、ある植物の FT タンパク質が、茎頂分裂組織の細胞で発現してはたらくタンパク質 X およびタンパク質 Y とともに、どのような仕組みで花芽形成を誘導する遺伝子の発現を促進させるのかについて確かめるため、以下の実験 1、2 を行った。なお、タンパク質 X と Y の一方が DNA に結合する調節タンパク質であり、他方がフロリゲンの細胞内受容体であることはわかっている。

実験 1： 細胞壁を取り除いた細胞で、花芽形成に関わるタンパク質の発現の有無を調べたところ、FT と X は発現しておらず、Y は十分に発現してはたらいっていることがわかった。そこで、この細胞に FT または X を発現させるプラスミドを導入し、花芽形成を誘導する遺伝子に与える影響を調べた。具体的には、花芽形成を誘導する遺伝子から転写される mRNA 量をプラスミド導入直後と 24 時間後に測定した(図 2)。なお、図中における + は該当するタンパク質を発現するプラスミドを導入したことを、- は対照実験のためにいずれのタンパク質も発現しないプラスミドを導入したことを意味する。

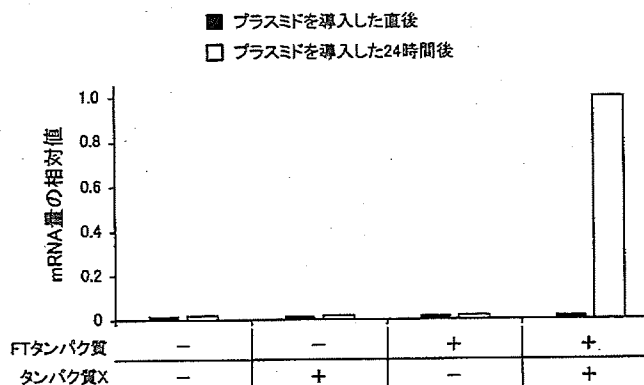


図 2

実験 2： 別の実験より，花芽形成を誘導する遺伝子の発現促進には，転写調節領域内の塩基配列 Z が重要であることがわかった。そこで，塩基配列 Z を含む 2 本鎖 DNA，および，その塩基配列 Z のみを全く異なる塩基配列に置き換えた 2 本鎖 DNA を用意し，その末端をそれぞれ蛍光色素で標識した。さらに，FT，X および Y の各タンパク質を他のタンパク質や DNA が混ざっていない状態まで精製した。そして，これらの蛍光標識 DNA と各種タンパク質を様々な組み合わせで混合し，電気泳動した。この電気泳動の実験では，分子やその複合体のサイズが大きいほど泳動方向に移動しにくくなるので，泳動距離の比較によって複合体を形成したかどうかを判別できる。泳動後に，蛍光標識 DNA から生じる蛍光を検出したところ，図 3 のような蛍光バンドが得られた。なお，図中における + は該当する DNA またはタンパク質を加えたことを，- は該当の分子を加えていないことを意味する。

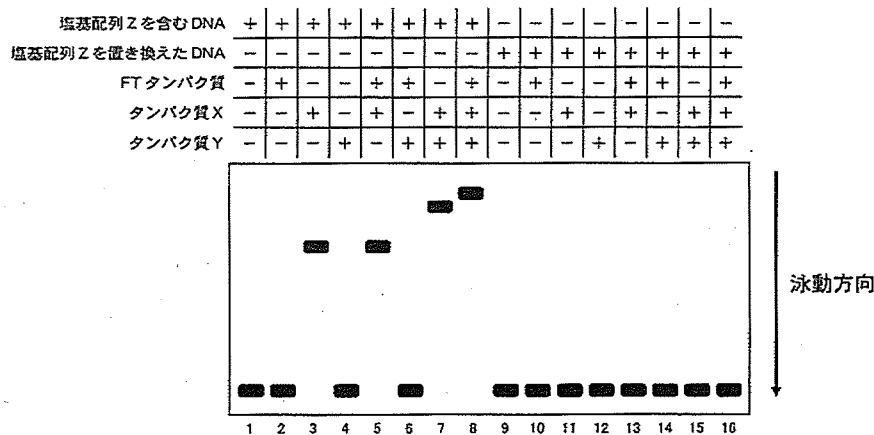


図 3

- (1) X または Y のうち，DNA に結合する調節タンパク質と考えられるものを選んで答えよ。
- (2) 茎頂分裂組織の細胞において花芽形成を誘導する遺伝子の発現促進がどのように起こるのか，実験 1，2 の結果から考えられることを 80 字以内で記述せよ。ただし，以下の記号および語を必ず用いること。

X, Y, FT, 細胞内受容体

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

皮膚には、触覚、痛覚、温覚などの感覚を担う感覚神経が分布している。触覚と痛覚は、それぞれ圧点と痛点という感覚神経の末端が圧力などの物理的刺激を受けることにより生じる。^(a)皮膚から脊髄に至る脊髄神経は、形態の異なる神経繊維が束となっている。^(b)その中には軸索の太さが異なるものや、軸索が 細胞というグリア細胞で覆われている有髄神経繊維と覆われていない無髄神経繊維が存在する。また、脊髄神経の経路は、感覚神経と運動神経では異なっており、感覚神経は を通って脊髄に入る。脊髄内では、介在神経を介した神経回路により、^(c)感覚情報の統合が行われる。脊髄を中心として左右対称に分布している感覚神経は、それぞれ左右の半身から刺激を受け、脊髄を経由して反対側の脳の体性感覚野へ^(d)情報を伝える。このため、右脳の体性感覚野が損傷を受けた場合、左半身の感覚が失われることになる。

問 1 文中の空欄 と に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)に関連して、以下のア～カの受容器や感覚細胞のうち、細胞が物理的に変形することで刺激を受けとるものをすべて選び、記号で記せ。

- ア. 筋紡錘 イ. コルチ器 ウ. 味細胞 エ. 視細胞 オ. 嗅細胞
カ. 半規管

問 3 下線部(b)に関連して、皮膚から脊髄に至る感覚神経は、図1に示す $A\beta$ 繊維、 $A\delta$ 繊維、C 繊維という異なる神経繊維の束で構成され、それぞれの繊維は表1に示す形態的特徴をもつ。これをふまえて以下の設問(1)~(3)に答えよ。

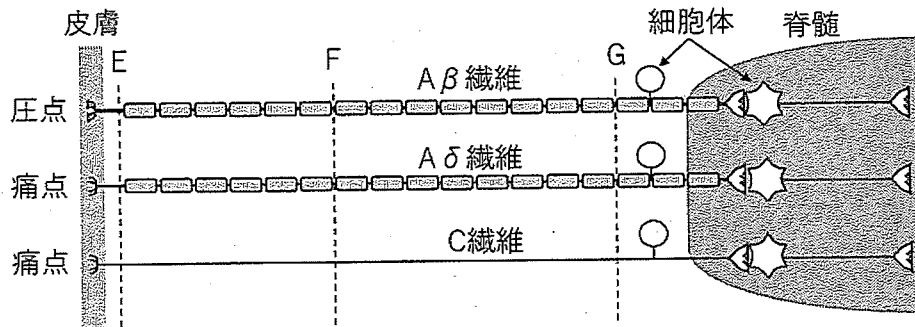


図 1

表 1 各神経繊維の典型的な形態的特徴

神経繊維	髄鞘の有無	軸索の直径 (μm)
$A\beta$ 繊維	有	10
$A\delta$ 繊維	有	5
C 繊維	無	1

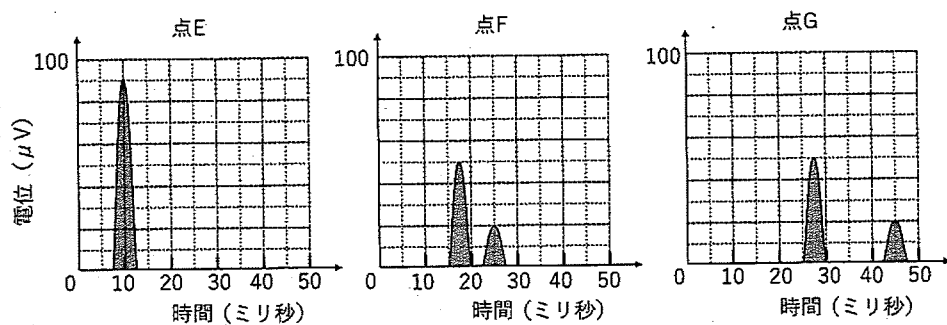


図 2

(1) 軸索における興奮の伝導について述べた以下のア～エの文のうち正しいものをすべて選び、記号で記せ。

ア. 軸索の興奮部はその隣接部に比べて細胞外の電位は低くなる。

イ. 軸索の図1の点Fに電気刺激を与え局所的に興奮させると、興奮の伝導は刺激部位から細胞体方向と末梢方向の両方向へ起こる。

ウ. 軸索の図1の点F近傍を薬剤処理し、電位依存性ナトリウムチャネルをはたらかなくさせると、有髄神経繊維および無髄神経繊維はともに末梢から細胞体への興奮の伝導が起こらなくなる。

エ. 発生する活動電位の頻度が高いほど軸索の伝導速度は大きくなる。

(2) 図1に示す圧点と痛点の感覚神経が存在する皮膚に、時刻0においてすべての感覚神経が興奮する刺激を与え、神経繊維の点E、F、Gにおいて電位変化を記録した。図2は各点における時刻0から50ミリ秒までの電位変化を示している。この電位変化の大きさは、各点において活動電位が発生した神経繊維の数を反映している。このとき、 $A\delta$ 繊維の軸索における活動電位の典型的な伝導速度は何m/秒と算出されるか、有効数字2桁で答えよ。ただし、皮膚表面から点F、点Gまでの軸索の長さはそれぞれ15cm、30cmとする。

(3) 図1の皮膚表面に、ある強さの圧力刺激を与えると、すべての神経繊維からの活動電位が点Gの位置で観測された。次に、同じ部位に、より弱い圧力刺激を与えると、圧点の神経繊維の活動電位だけが点Gの位置で観測され、痛点の神経繊維の活動電位は観測されなかった。刺激の強さにより神経繊維ごとに活動電位の有無が生じた理由を40字以内で記述せよ。

問 4 下線部(c)に関連して、圧点を担う感覚神経 R および痛点を担う感覚神経 U は、脊髄内において図 3 に示す神経回路を形成している。

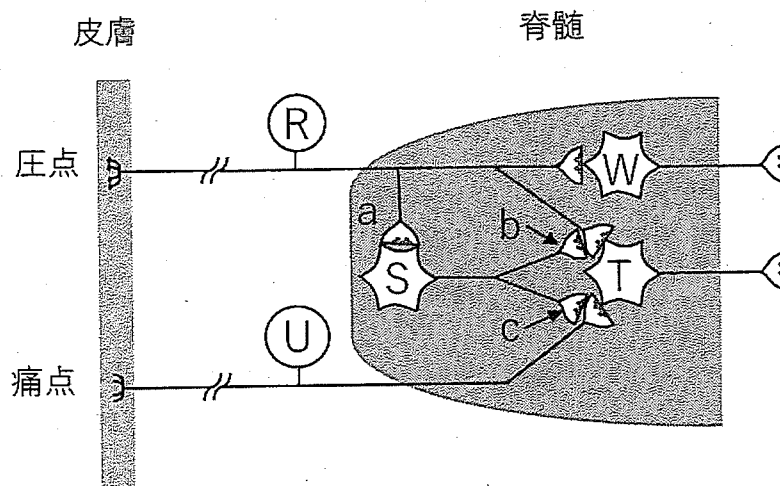


図 3

介在神経 W および T はいずれも脳で統合され、介在神経 W が興奮すると触覚が生じ、介在神経 T が興奮すると痛覚が生じる。また、感覚神経 R および U から介在神経 T のシナプス上には、介在神経 S がシナプス b およびシナプス c で接続している。この神経回路について以下の 3 つの事実がみられた。

- ・圧点を刺激したとき、触覚は生じたが痛覚は生じなかった。
- ・痛点を刺激したとき、痛覚が生じた。
- ・痛点を刺激した状態で圧点が刺激されると、痛覚が和らいだ。

このとき、シナプス a, b, c はそれぞれ興奮性シナプスと抑制性シナプスのどちらに該当すると考えられるか、解答欄に記せ。ただし、感覚神経 R, U から介在神経 W, T へ接続するシナプスはすべて興奮性シナプスとする。

問 5 下線部(d)に関連して、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) ヒトの脊髄は頭側から順に、頸髄、胸髄、腰髄、仙髄の4つの領域からなる。図4のア～ウはヒトの胸髄、腰髄、仙髄のいずれかの横断面を表している。下記のア～ウの中から胸髄に該当するものを選び記号で記せ。また、そのように考えられる理由を50字以内で記述せよ。

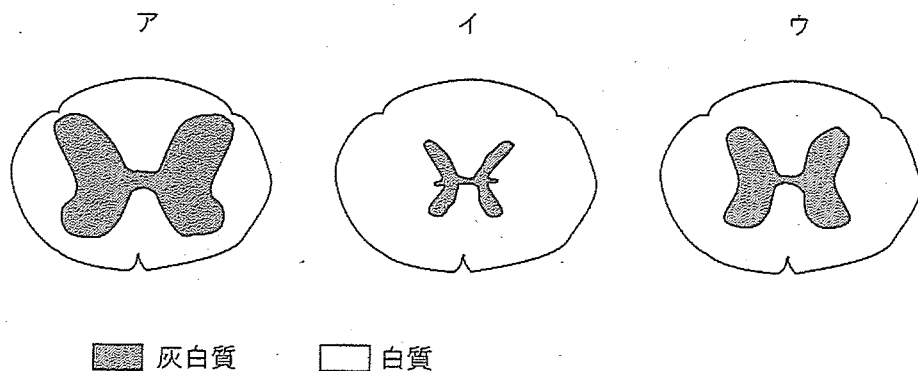


図 4

- (2) 胸髄の左側半分に損傷を受けた場合、左右の下肢のうち触覚が損なわれたのが左下肢のみであったのに対して、痛覚が損なわれたのは右下肢のみであった。これは感覚神経が脊髄に入ってから大脳へ至る経路が触覚と痛覚では異なるためであるが、その違いについて60字以内で記述せよ。