

生物（前期）

I 下記の文章を読み、設問に答えよ。

動物の行動には、遺伝的に決定されたものばかりではなく、学習によって身につける行動もある。2つの異なる出来事に関連性を学習することを（あ）学習という。（あ）学習の一種である（い）条件付けの例として、パブロフによるイヌを用いた実験が知られている。イヌに肉片を与えると唾液の分泌が起こる。ところが、肉片を与える直前にベルを鳴らすようにすると、イヌはやがてベルの音だけでも唾液を分泌するようになる。このような学習は、脳内に生じた何らかの変化によるものと考えられる。

2 タコの仲間は、高度な学習能力を持つと考えられている。その学習能力に関して、タコの一種である *Octopus vulgaris* を用いて、次の実験が行われた。

実験1: 水槽内に赤い球と白い球をそれぞれ置き、タコが赤い球に触れたときには報酬として餌を与え、白い球に触れたときには電流を流すようにした。これを何回も繰り返した結果、タコは赤い球に触れるように学習した。なお、この実験の前には、タコにはどちらかの色の球を好んで触れる傾向はなかった。

実験2: 水槽に透明な仕切りを入れ、片側に実験1による学習をしていないタコ（タコ①）を入れ、もう片側に実験1による学習をしたタコ（タコ②）を入れた。まず、タコ②に赤と白の球を提示してタコ②が球に触れる行動をタコ①に何回か観察させ（図1）、その後、タコ①に赤と白の球を提示し、どちらの球に触れるかを記録した。図2は、実験を繰り返したとき、タコ①がどちらの球に触れたかを割合で示したものである。なお、この実験では、どちらのタコにも餌や電流は与えなかった。

問1 （あ）、（い）の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 パブロフによるイヌの実験における条件刺激、無条件刺激を本文を参照してそれぞれ答えよ。

問3 下線部1について、このとき生じたと考えられる変化を「聴覚中枢」と「唾液分泌中枢」という語句を用いて説明せよ。

問4 下線部2について、タコの仲間が属する動物門は何か。また、それとは異なる動物門に属する生物をア～オから全て選び、記号で答えよ。

ア：スルメイカ イ：ナマコ ウ：イソギンチャク
エ：ホタテガイ オ：カタツムリ

問5 実験1のように、自発的行動とその結果生じる報酬や罰などが強く結びついて学習されることを何というか。

問6 実験2のタコ①の行動から、タコにはどのような学習能力があると考えられるか。

問7 タコのゲノムでは神経系の形成に関わる「プロトカドヘリン」の遺伝子が遺伝子重複により増えており、このことが、タコの発達した神経系の形成、ひいては高度な学習能力に関係している可能性がある。遺伝子重複が生物の進化をもたらす一般的なしくみについて、「突然変異」、「新規機能」という語句を用いて説明せよ。



図1

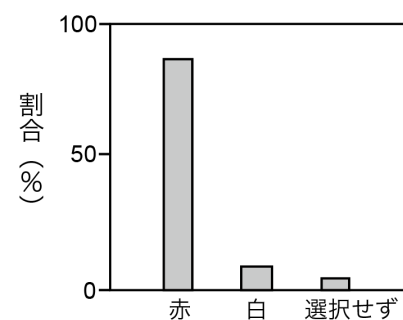


図2

(Fiorito and Scotto, 1992 を改変)

生 物（前期）

Ⅱ 下記の文章を読み、設問に答えよ。

[1] DNA と RNA を染め分ける試薬であるメチルグリーン・ピロニン溶液で染色したタマネギのりん片葉の表皮細胞を光学顕微鏡で観察した。

問1 接眼レンズ 15 倍、対物レンズ 10 倍でピントを合わせたあと、対物レンズ 40 倍にかえて細胞を観察した。このとき、視野の中に見える面積は、対物レンズをかえる前の面積の何倍か。（有効数字 2 桁）

問2 接眼レンズ 15 倍、対物レンズ 40 倍の組み合わせのとき、対物マイクロメーターの 5 目盛りが接眼マイクロメーターの 20 目盛りと一致した。このとき観察された核の直径は、接眼マイクロメーター 9 目盛り分の長さだった。核の直径は何 μm か。なお、対物マイクロメーターの 1 目盛りは $10\ \mu\text{m}$ である。（有効数字 2 桁）

問3 核の内部のほとんどはメチルグリーンで染まったが、一部、ピロニンで強く染色される構造が観察された。(1) この構造の名称を答えよ。また、(2) そこでは何が合成されているか。ピロニンで強く染色されたことをふまえて答えよ。

問4 光学顕微鏡の分解能は約 $0.2\ \mu\text{m}$ で、ヒトが肉眼で観察できる限界は約 $0.1\ \text{mm}$ である。1 つあたりの大きさが $0.2\ \mu\text{m}\sim 0.1\ \text{mm}$ の範囲のものを全て選び、(ア) ~ (キ) の記号で答えよ。

- (ア) 大腸菌 (イ) スギ花粉 (ウ) ヒトの精子 (頭部から鞭毛まで) (エ) ヒキガエルの卵
(オ) ヒトの赤血球 (カ) ヘモグロビン (キ) 日本脳炎ウイルス

[2] 表は、様々な生物 A~D の細胞における構造体 (あ) ~ (お) の有無 (○: 有, ×: 無) を比較したものである。植物、菌類、細菌の細胞は (あ) を持つ。植物細胞の (あ) は、多糖類のセルロースやペクチンなどからなり、細胞を保護し、形を保持する役割を持つ。植物細胞どうしは (あ) で接しており、(1) という孔で隣の細胞と繋がっている。一方、動物細胞は、(い) や (う) の内側に位置する (2) の発達により、細胞の形などが保たれる。(2), アクチンフィラメント、微小管は細胞骨格を構成する。(え) と (お) には ATP 合成酵素が存在する。

問5 (1), (2) の空欄に適切な語句を入れよ。

問6 (あ) ~ (お) には次の構造体のいずれかが相当する。それぞれを答えよ。〈核膜, ミトコンドリア, 葉緑体, 細胞壁, 細胞膜〉

問7 次の (ア) ~ (ケ) のうち、A~D にあてはまるものを全て選び、記号で答えよ。なお、どれにもあてはまらない選択肢も含まれている。

	A	B	C	D
(あ)	×	○	○	○
(い)	○	○	○	○
(う)	○	○	○	×
(え)	×	○	×	×
(お)	○	○	○	×

- (ア) ヒト (イ) 乳酸菌 (ウ) シロイヌナズナ
(エ) 酵母 (酵母菌) (オ) インフルエンザウイルス
(カ) ゾウリムシ (キ) アオカビ (ク) シャジクモ (ケ) 緑色硫黄細菌

問8 細胞小器官を分ける技術の 1 つに細胞分画法があり、細胞分画法では、細胞の破碎は等張液中で行う。低張液中で行わない理由を、「半透膜」という語句を用いて答えよ。

Ⅲ 下記の文章を読み、設問に答えよ。

脊椎動物の神経系は中枢神経系と末梢神経系からなる。中枢神経系を構成しているのは¹脳と脊髄で、脊椎動物の脳は、²大脳、²間脳、²中脳、²小脳、²橋、²延髄の部分に分かれている。大脳の外側の（ A ）はニューロンの細胞体が集まる灰白質である。（ A ）は（ B ）と辺縁皮質からなり、ヒトでは特に（ B ）が発達している。（ B ）には³視覚などの感覚の中枢や、様々な随意運動の中枢、言語や記憶・思考・意思などの高度な精神活動の中枢がある。辺縁皮質には、記憶の形成において重要な働きをする（ C ）と呼ばれる部位が含まれている。

化石人類の脳容積を調べると、脳容積が急激に増加し始めたのは約 200 万年前からである。ヒトにおいて、⁴脳容積の増加が可能になったことと、大後頭孔の位置には関連があると考えられている。

問1 （ A ）～（ C ）の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1について、脊索動物には脳と脊髄が分化している生物と分化していない生物がいる。次の生物のうち、脊索動物に属し、脳と脊髄が分化していない生物を全て選び、（あ）～（か）の記号で答えよ。

（あ）ナメクジウオ （い）プラナリア （う）ホヤ （え）ウニ （お）ウシガエル （か）センチュウ

問3 次の a-d にあてはまる脳の部分の名称を、下線部2 から選んで答えよ。また、その場所を図1 のア～オから選び、記号で答えよ。

a：自律神経系と内分泌系の中枢がある。 b：眼球運動、瞳孔反射などの中枢がある。
c：呼吸運動や心臓の拍動などの調節中枢がある。 d：筋肉運動の調節やからだの平衡を保つ中枢がある。

問4 1) 下線部3 について、視覚の中枢を図2 のカ～コから選び、記号で答えよ。

2) ヒトの場合、① 両眼の内側（鼻側）の網膜から出た神経と② 外側（耳側）の網膜から出た神経のうち、どちらが交さして反対側の視覚の中枢に繋がるか、①か②で答えよ。

3) 視神経が視交している利点を答えよ。

問5 下線部4 について、ヒトで脳容積の増加が可能になったと考えられている理由を、「直立二足歩行」、「大後頭孔」、「脊椎」という語句を含めて説明せよ。

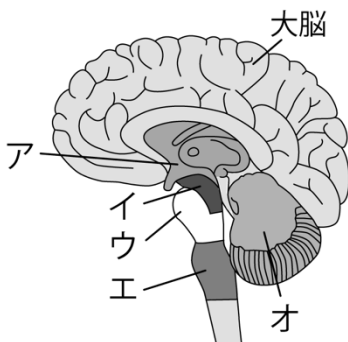


図1 ヒトの脳の横断面

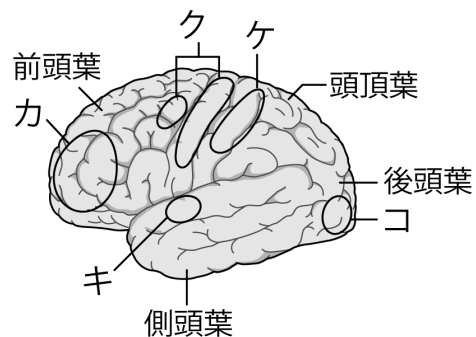


図2 ヒトの左脳の側面

IV 下記の文章を読み、設問に答えよ。

ハエの眼で発現している機能未知のタンパク質 X がある。タンパク質 X のアミノ末端（N 末端）から数個のアミノ酸配列は分かっている。タンパク質 X を大腸菌で発現させるために、まず以下の実験を行った。なお、翻訳の際にはタンパク質は N 末端から合成される。

ステップ 1 ハエの眼から全ての RNA を抽出した。

ステップ 2 抽出した RNA をもとに、相補的 DNA（cDNA）を合成した。

ステップ 3 合成した cDNA を鋳型として、タンパク質 X を指定する遺伝子の DNA を PCR 法によって増幅させた。

問 1 次の文章が正しければ○を記入し、誤っていれば下線部を訂正せよ。

- (1) この実験で抽出した RNA には、ゲノム上に存在する全ての遺伝子に対応する mRNA が含まれている。
- (2) 地球の初期の生命体では、RNA が遺伝情報を担うとともに酵素の役割を果たしていたと考えられている。
- (3) RNA を構成するヌクレオチドは、糖としてデオキシリボースを持つ。
- (4) RNA が合成される際、5'→3'の方向に新生鎖が伸長される。

問 2 ステップ 2 で使われる酵素の名称を答えよ。

問 3 ステップ 3 で使われる DNA ポリメラーゼには、ヒトの DNA ポリメラーゼにはない性質がある。その性質を答えよ。

問 4 (1) タンパク質 X の N 末端のアミノ酸配列は N 末端側から順に、フェニルアラニン、アラニン、アスパラギンであった。ステップ 3 では、このアミノ酸配列に対応する塩基配列を持つプライマーを用いた。このプライマーの配列として適切なものを右表を参照して次のア〜ケから全て選び、記号で答えよ。なお、ア〜ケは、全て左側が 5'側である。

コドン	対応するアミノ酸
UUU UUC	フェニルアラニン
GCU GCC GCA GCG	アラニン
AAU AAC	アスパラギン

ア : ATTAGCAAA イ : TTCGCGAAC ウ : UUUGCUGAAU
 エ : TTTGCTAAT オ : AAACGATTA カ : TAAACGTTT
 キ : UUCGCGAAC ク : TTTGGAAAT ケ : UUUGGAAAU

(2) このアミノ酸配列に対応する塩基配列を持つプライマーは、最大で何種類あるか。

問 5 (1) ステップ 3 で増幅した DNA を用いた操作に関する次の文章の空欄に適切な語句を入れよ。

まず、増幅した DNA を（ A ）という環状 DNA に組み込む。このとき主に（ B ）と（ C ）という酵素を使用する。その後、増幅した DNA を組み込んだ（ A ）を大腸菌に導入して増殖させる。

(2) 大腸菌でタンパク質 X を発現させたいとき、ラクトースオペロンを応用した方法を用いる。ラクトースオペロンについて、グルコースがなく、ラクトースがあるとき、転写が始まるまでの機構を「RNA ポリメラーゼ」、「オペレーター」、「プロモーター」、「リプレッサー」という語句を用いて説明せよ。