

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の間に答えよ。

哺乳類を含む脊椎動物は、古生代カンブリア紀初期の爆発的な によって生れた脊索動物に起源を持つ。この時代の脊索動物に属する化石種に、ピカイアがある。ピカイアは、現生の 動物ナメクジウオに似た形態を供えており、中枢神経系(脳)に由来する光受容器と神経内分泌細胞を持っていたと考えられている。現在、これらの脳部位に特異的に発現する遺伝子の解析が活発に行われており、ナメクジウオと哺乳類の器官の相同関係が分子レベルで実証されるようになってきた。

分子レベルの研究と並んで著しい発展を遂げたのが、行動生態学と呼ばれる分野である。この分野の開拓者は、1859年に「種の起源」を発表した にまでさかのぼることができる。彼はその著書の中で、同じ種の動物でもその形質には個体間に大きな変異があること、ある形質はその個体の にとって有利であり、その結果この形質を持つ個体の割合が次の世代では になっていくこと、を主張した。彼の進化学説は、多くの生命現象を説明するのに成功した。しかし、いくつかの課題は彼にとっても大きな謎であった。たとえば、ミツバチの社会である。ミツバチの巣は、1匹の女王蜂と数多くの働き蜂からなる。働き蜂は女王蜂と同じく遺伝的にはメスとして生れるが、自ら繁殖に参加することはない。それどころか、ひとたび巣が襲われると、働き蜂は腹部にある針を敵に突き刺して死んでしまう。あたかも自分を犠牲にして全体の利益を守っているような、利他的な振る舞いをするのである。しかし、この一見利他的な行動も、進化学の基本的な枠組みで理解できることが明らかになってきた。

動物の知性についての理解もまた、大きく変わってきた。光や温度、化学物質を手がかりとして特定の方向へと向きを変え運動していく現象を と呼ぶ。他方、外力によって急に引っ張られた筋肉がすばやく収縮する現象を と呼ぶ。これらは原生動物から脊椎動物まで備わった基本的な性質であって、知性を必要としない過程であると考えられている。他方、学習は知的な活動であって、哺乳類などの「高等」動物に限られた現象だと考えられてきた。例えば、犬の口中に肉汁をたら

すと胃酸分泌が高まる。肉汁に先行してベルの音を鳴らすことを繰り返すと、やがてベルの音だけで胃酸分泌が高まるようになる。このような学習を [8] と呼ぶ。しかしこれは脊椎動物だけのものではない。プラナリアなどの [9] 動物、ミミズなどの [10] 動物も、同様の学習を行なうことが知られている。このように、学習は種を超えた普遍的な現象である。生れもった学習能力を利用して、動物のもつ知覚の精度を正確に測ることが出来る。そのようにして測られた知覚は、しばしば人間の知覚能力をはるかにしのぐスーパー・パワーを示すことがある。

問 1 空欄 [1] ~ [10] に適切な語句を記入せよ。 [2] , [9] と [10] は、それぞれの動物門の名称を記入すること。また、[5] は、「大きく」と「小さく」のいずれかから選べ。

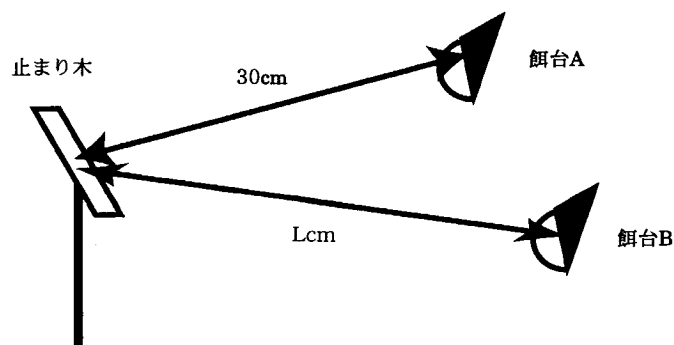
問 2 下線部(a)から(e)に関して、下記の問いに答えよ。

- (a) 哺乳類では、脳に由来する光受容器とは何にあたるか、その器官の名称を述べよ。
- (b) 哺乳類では、視床下部に分布する神経分泌細胞は、脳下垂体を介してその作用を及ぼす。脳下垂体は前葉・中葉・後葉から成り立っている。前葉と後葉についてそれぞれ代表的なホルモンを1つずつ挙げて、それらの機能を20字以内で簡潔に述べよ。
- (c) [3] の進化学説は、そのキーワードからどのように呼ばれているか、述べよ。またこれに先立つ1809年に、ラマルクは「動物哲学」をあらわして、異なる進化学説を提唱した。[3] の進化学説とラマルクの学説との本質的な違いを説明しながら、100字以内で述べよ。
- (d) ミツバチの仲間は、独特の性決定機構を備えている。卵が通常の減数分裂を経て形成されること、メス(女王蜂と働き蜂)が受精によって複相(2n)になること、は同じである。しかしオスは単相(n)であって、未受精卵から単為発生する。このため、同じオスのつくる精子はどれもすべて同じ遺伝的素因を含むことになる。この点について、次の記述の中から正しいと思われるものを1つ選んでその記号を記せ。

- (ア) この機構の結果、働き蜂は女王蜂とはまったく異なる遺伝子を持つことになる。
- (イ) この機構の結果、オスは短命であって繁殖には参加できない。
- (ウ) この機構の結果、働き蜂は次の世代の女王蜂と多くの遺伝子を共有し、巣を守る行動は間接的に高い繁殖成功度を保障することになる。
- (エ) この機構の結果、同じ巣の個体の間には非常に高い遺伝的多様性が生じるため、働き蜂の遺伝子が次の世代に伝わる確率は低く抑制されている。
- (e) 食虫性のコウモリは、日没後に空中を飛ぶ虫を捕獲する。この時、人の耳には聞き取ることのできない高い周波数の音(超音波のパルス音)を発して、虫からはね返ってきたこだま音(エコー音)を聞き取る。パルス音とエコー音の時間的なずれを計算することによって、標的の虫との距離を測ることが知られている。次の実験結果を読んで設問に答えなさい。

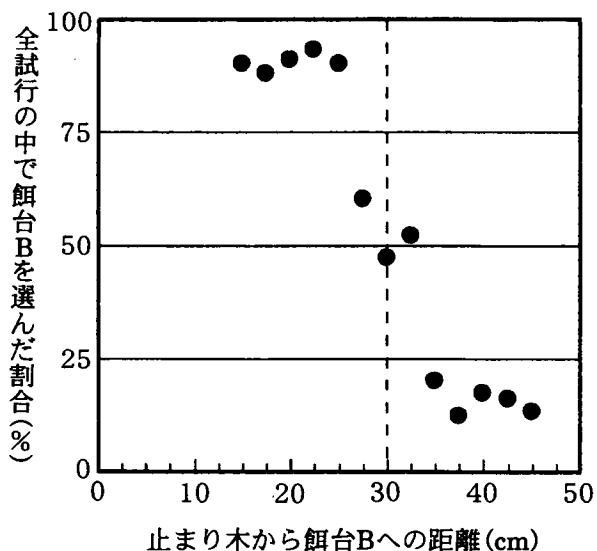
実験方法：図1の止まり木にコウモリを止まらせ、その前方に2つの餌台を置いた。餌台には音を反射する三角形の反射板を据え付けた。コウモリは止まり木を飛び立って餌台に飛びつくように訓練した。2つの餌台AとBのうちから止まり木に近い方を選んで飛びつけば、餌が与えられる条件で訓練を行った。餌台Aは止まり木から30cmの距離に固定されていた。他方の餌台Bの距離Lは試行ごとに実験者が変化させた。なお、餌台ABの位置も試行ごとにでたらめに交代させて、場所によって記憶することのないようにした。実験は暗黒下で行ない、コウモリの行動は赤外線カメラで観察した。

図1



実験結果：距離 L の値を 15 cm から 45 cm の範囲で 2.5 cm 刻みに変化させ、それぞれの距離 L において餌台 B を選んだ割合を調べたところ、図 2 のようになった。6 頭のコウモリを用い、それぞれの距離 L について 20 試行以上繰り返して得られた平均値である。

図 2



設問(e-1)実験結果から、コウモリは止まり木と餌台との距離をどれくらい正確に測り取っていると結論できるだろうか。確実に区別できていると考えられる精度を cm の単位で述べよ。

設問(e-2)この精度は、パルス音とエコー音が耳に届く時間の差に換算するとおおよそ何ミリ秒に相当するか。コウモリが発する超音波の空気中での速度を毎秒 340m として、計算せよ。計算式をしめしながら、論理的に述べること。計算結果だけの答えは無効とする。

生物 問題 II

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物は大きく分けると2つの生殖方法で子孫を残す。1つは体の一部が分かれてそれが単独で新しい個体を作る [1] 生殖である。もう一方は減数分裂をへて生殖細胞を形成する [2] 生殖である。減数分裂の過程で核相が複相(2n)から単相(n)へと変わり、その結果できた生殖細胞は配偶子とよばれる。単相の配偶子が2つ接合して複相にもどり、増殖して新しい個体を作る。複相の個体を構成する細胞には、接合した生殖細胞に由来する対になる染色体(相同染色体)がある。シダ植物では孢子を作って [3] 生殖する時期と配偶子を形成して [4] 生殖する時期が交互に繰り返されるが、核相が [5] である時期が [6] である時期よりも長い。一方コケ植物では孢子から形成される孢子体の期間が配偶体の期間より [7] 。動物の配偶子は一般に大きい卵と小さいが運動能力のある精子の2種類ある。共に減数分裂では2回の分裂が連続して起こり、精子形成では複相の精母細胞から単相の精細胞が4つできる。卵母細胞はやはり4つの細胞に分かれるが、細胞質の大きさが著しく異なる [8] 分裂により1つの卵と3つの [9] が形成される。また減数分裂の過程で相同染色体は組換えを起こす。これを染色体の [10] という。減数分裂と接合をくりかえす生殖は環境変化に対応して生物が生き延びる可能性を高くしている。^(a)

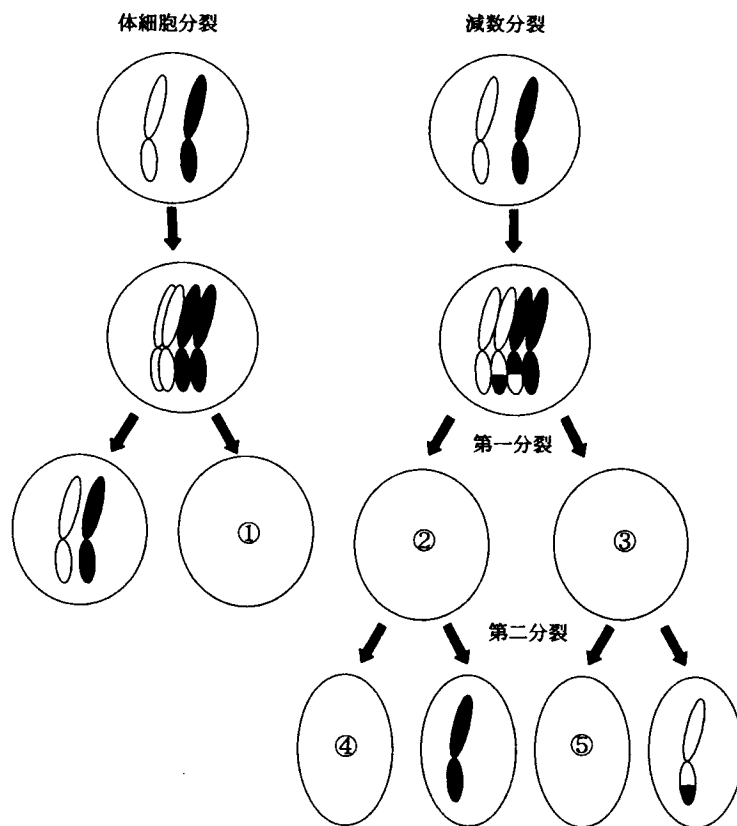
遺伝情報は遺伝子として細胞から細胞、あるいは生殖細胞を介して世代から世代へと伝えられていく。この遺伝子は染色体を構成するDNAできている。1953年ワトソンとクリックはDNAの構造を決定し、多数のヌクレオチドが連結し、より合わさった [11] 構造をとることを示した。すなわち2本の鎖の間で4種類の塩基、アデニン、 [12] , [13] , [14] が一定の関係で向かい合って相補的**(b)**な結合をしている。細胞分裂に先だってDNAは鎖がほどけて全く自分と同じ物を作る。新しくできた2本のDNAはともにもとのDNA鎖を半分ずつもっているのを [15] という。この過程で塩基配列が修復できない損傷を受けると、多くの場合生物にとって有害な変異を生じる。^(c)

しかし何百万年にもわたって変異が蓄積された結果、遺伝子に多様性が生じて様々な生物種が生まれることになった。

問 1 空欄 ～ に適切な語句を入れよ(同じ語句を二度使ってもかまわない)。

問 2 下線部(a)の理由を 60 字以内にまとめよ。

問 3 下の図は体細胞分裂と減数分裂の過程で 1 セットの相同染色体がそれぞれの細胞へと分配される様子を示している。減数分裂では相同染色体の一部に組換えが生じている。また 2 回の連続した分裂により 4 つの細胞ができる。①から⑤の細胞へ分配される染色体をそれぞれ図示せよ。



問 4 下線部(b)をもとにして次の問に答えよ。

ある細胞の DNA はアデニンの割合が塩基全体の 14% (モル比)であった。他の塩基の割合を求めよ。

問 5 下線部(c)の例として一般に加齢と共に多くなる疾病は何か答えよ。

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

タンパク質は生体を構成する物質であり、また多様な生命活動を担っている物質でもある。タンパク質は、多数のアミノ酸^(a)がペプチド結合^(b)によって鎖状につながったポリペプチドからでき上がっている。

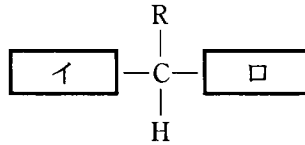
典型的なタンパク質の1つの種類に酵素がある。生体内化学反応の触媒^(c)である。酵素が作用する物質を基質という。酵素には基質の形に合う活性部位があり、その部位の形は酵素によって異なるために基質特異性がみられる。つまりタンパク質のはたらきには特有の立体構造^(d)が重要なのである。また、酵素の活性は温度によって大きく変化する。多くの酵素は60～70℃で活性を失う^(e)。活性が最も高くなる はふつう40℃くらいである。

タンパク質の立体構造はどのアミノ酸^(f)がどのような順序で結合しているかに依存している。異なるタンパク質はそれぞれ特有の立体構造をもつ。つまり立体構造の形成過程を通して、アミノ酸配列という 次元の情報がタンパク質の 次元の情報に転化されるのである。

生体防御にはたらいっている抗体は というタンパク質である。抗体は、100万種以上といわれている1つ1つの抗原に対応しており、各抗原を識別し、これと特異的に結合する。抗体分子には立体構造を変化させる部分が ケ所あり、この部分を という。この部分の差異によってばく大な種類の抗体が作られる。抗原と結合する部分の立体構造の多様性は によって生み出される。

問 1 下線部(a)に関連して、以下の問に答えよ。

下記のアミノ酸の分子式を完成せよ。また に適切な語句を記入せよ。



この分子式で R は各アミノ酸に特有であり、 とよばれる。

問 2 下線部(b)のペプチド結合について 60 字以内で説明せよ。

問 3 下線部(c)の触媒とは何か、40 字以内で説明せよ。

問 4 下線部(d)のタンパク質の立体構造がどのようにして形成されるのかを 40 字以内で説明せよ。

問 5 下線部(e)に関連して、酵素がどのようにして失活するのかを 40 字以内で説明せよ。またこのような現象を何とよぶか。

問 6 下線部(f)に関連して、生物はアミノ酸配列の情報を、どの生体物質を用いてどのような方式によって保持しているのかを 60 字以内で説明せよ。

問 7 空欄 ~ に適切な語句を記入せよ。