

令和 4 年度
前期日程
理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 17 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 18 \text{ ページから } 30 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 31 \text{ ページから } 45 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学5枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生 物 問 題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

【注意】

字数制限のある解答においては、ひらがな、カタカナ、漢字、アルファベット、数字、句読点等の符号等、すべての文字を一つのマスに一つ記入すること。

〔1〕 以下の文章【A】と【B】を読み、問1～問6に答えよ。

【A】

炭水化物が呼吸基質として通常用いられるが、脂肪やタンパク質も呼吸基質となる(図1)。脂肪は脂肪酸とモノグリセリドに分解されたのち、脂肪酸は **ア** 回路に、モノグリセリドは **イ** 系に入る。タンパク質の分解によって生じたアミノ酸は **ウ** 反応によって、有機酸と **エ** に分解される。有機酸は **ア** 回路に入り、有毒な **エ** は尿素回路(オルニチン回路)と呼ばれる回路に入り、毒性の弱い尿素となる。尿素は血流に乗り、腎臓で濾過(ろか)されて尿中へ排泄される。

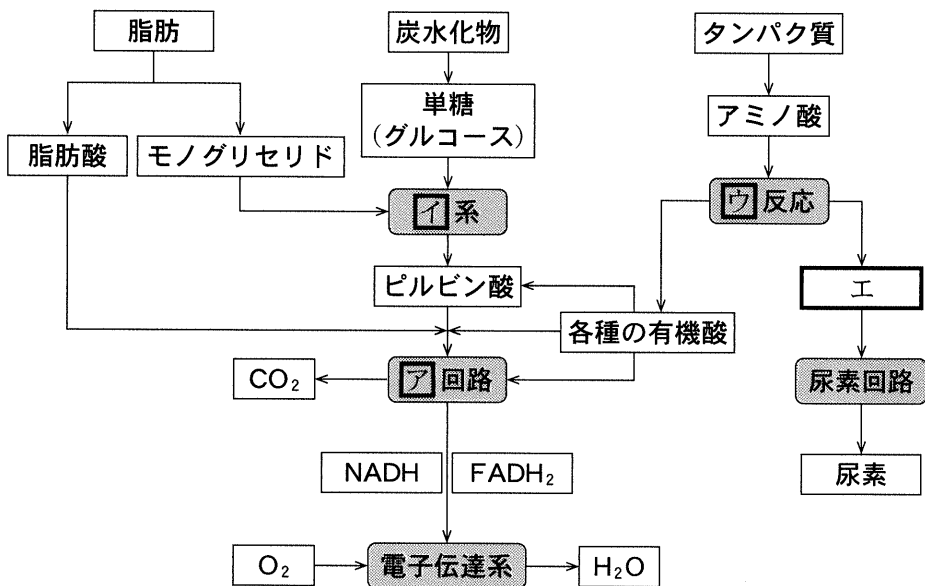
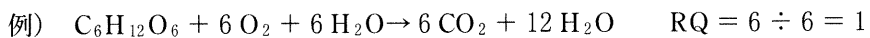


図1 各呼吸基質の分解経路

問 1 文中，図 1 中の空欄 ア から エ に適切な語句を入れよ。

問 2 炭水化物・脂肪・タンパク質は呼吸基質となり，呼吸に伴い酸素を吸入し，二酸化炭素を放出する。この際の酸素と二酸化炭素の体積比，すなわち CO_2/O_2 を呼吸商 (RQ) と呼ぶ。炭水化物であるグルコースの反応式を例に示す。グルコースの RQ は 1 である。



- (1) 脂肪酸である(i)オレイン酸($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$)，アミノ酸である(ii)バリン($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$)の反応式を，例にならって係数が整数になる反応式で示せ。
- (2) (i)オレイン酸，(ii)バリンの RQ を計算せよ。値は四捨五入して小数点第 2 位までの数で答えよ。

問 3 炭水化物はグリコーゲンとして肝臓をはじめ，筋肉などの組織に貯留されていく。貯留できるグリコーゲン量はヒトの場合，約数百グラムである。過剰に摂取した炭水化物は脂肪に合成され，脂肪組織に貯留されていく。中程度の強度の有酸素運動を行うことは，強い強度の無酸素運動を行うよりも効率がよい脂肪の減量が期待できる。

- (1) 有酸素運動の方が無酸素運動よりも効率がよい脂肪の減量が期待できる理由について，呼吸基質の違いを含めて 125 字以内で説明せよ。
- (2) 無酸素運動時に比べ，有酸素運動を行った際に想定される RQ の変化を簡潔に説明せよ。

【B】

ヒトの肝臓は、消化管に付属する最も大きな内臓器官である。その重量は成人で体重の約 % におよぶ。さまざまなはたらきを担っていることから肝臓は“体内の生化学工場”とも呼ばれている。肝臓は多様な物質の生成・貯蔵・分解を行うことができる。個体が、たえず変化する環境におかれながら、体内の状態を常に安定に保ち、生命を維持するしくみ()のために肝臓は極めて重要な臓器である。例えば尿素の合成、胆汁の合成、熱の発生のほか、体内に摂取した、あるいは体内で発生した有害な物質の影響を酵素反応によって軽減するはたらきがある。

肝臓は他の臓器と異なる特徴的な血流を受けている。心臓から大動脈を経て流入する肝動脈の血液には酸素が多く含まれている。小腸で吸収された栄養素に富んだ血液は、小腸からの静脈につながる血管である を介して肝臓へ流入する。これら二つの血管は肝臓内の六角形の最小構成単位である と呼ばれる構造の周辺部から中心静脈へと流れ込む。中心静脈から肝静脈に合流して、 を介して血液が心臓右房に戻っていく。

問 4 文中の空欄 にあてはまる数値を下から一つ選べ。

0.5 1 2 7 15

問 5 文中の空欄 から に適切な語句を入れよ。

問 6 下線(a)に関連して、以下の問に答えよ。

- (1) このようなはたらきを何と呼ぶか答えよ。
- (2) 肝硬変は何らかの原因によって肝細胞の傷害が持続することで肝細胞が減少し、線維に置き換わっていくことによって肝臓が硬くなる病気である。肝硬変では肝細胞の減少に伴い、肝臓本来の機能が著しく低下している。さらに、肝硬変の進展に伴い、カから肝臓への血流が悪くなり、特にタンパク質の多い食事摂取後に脳機能異常(意識障害、けいれんなど)を引き起こす肝性脳症を発症することがある。タンパク質の多い食事摂取が肝硬変患者において肝性脳症を引き起こす理由について、栄養素の消化・吸収・代謝の観点からふまえて 100 字以内で説明せよ。

〔2〕 動物の感覚と行動についての以下の文章【A】、【B】を読み、問1～問5に答えよ。

【A】

動物は、自らを取り巻く環境の情報を得るため、外界からの物理刺激などを感じとる様々な受容器を持っている。空気の振動を音として捉えるための受容器は耳である。ヒトの耳は、外耳、中耳、内耳から成り立っている。外耳で捉えられた空気の振動は、中耳に存在する3つの 骨を伝わって内耳に伝えられる。すると、内耳の 管の中を満たしているリンパ液が振動し、その結果、 管の中に存在する基底膜が振動する。この膜の上には、それぞれの場所の振動を神経情報に変換するはたらきをする 器官または 器と呼ばれる構造が存在し、空気の振動に伴う基底膜の振動の情報を脳へと伝え、結果として聴覚が生じる。聴覚では、空気の振動の有無や強弱だけでなく、振動の周波数も検出される。

(a)

問1 文章中の ～ に当てはまる語句を答えよ。

問2 下線部(a)のように周波数の違いを検出できるのは、異なる周波数の空気振動を耳が受容したとき、 管の中で基底膜が最も大きく振動する場所が異なるためである。高い周波数の空気振動(高音)を受容したときと低い周波数の空気振動(低音)を受容したときでは、基底膜が最も大きく振動する場所がどのように異なるのかを簡潔に答えよ。

【B】

光受容器である眼の中には、光刺激を視覚神経情報に変換するはたらきを担う視細胞が存在する。脊椎動物の視細胞には、薄暗い光環境ではたらく桿(かん)体細胞(桿体)と、明るい光環境ではたらく錐体細胞(錐体)がある。

多くの脊椎動物の眼には、吸収する光の波長が異なる複数の種類の錐体と、
(b)
1種類の桿体が存在する。例えば、硬骨魚類の一種である魚Aの眼には、成魚になると、4種類の錐体(L錐体、M錐体、S錐体、UV錐体)に加えて1種類の桿体が存在する。それぞれの視細胞がどの波長の光を吸収して応答するのかを図1に示す。この魚は、これらの視細胞で得られた情報を使いわけて、後述する追従や捕食などの行動をとるか否かを決めている。

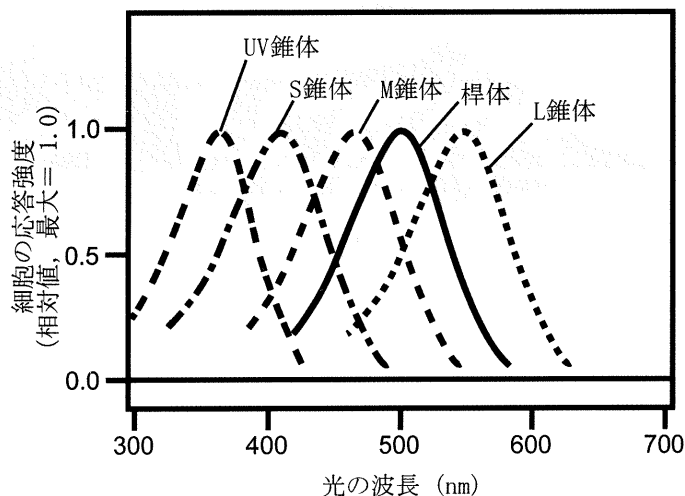


図1

卵から孵化して数日たった魚Aの幼魚について、成魚と同じように4種類の錐体を持っているかどうかを調べるため、以下の2つの実験を行った。

なお、以下の実験では、成魚が持つ錐体が幼魚にあるかないか、のみで考察することとし、幼魚のみが持つ視細胞が存在する可能性や、視細胞以外に行動に関わる光受容細胞が存在する可能性は考慮しないものとする。また、実験に使われた光の強度は錐体のはたらく強度であって、光の反射等で光の波長が変わることはないものとする。

【実験 1】

図 2 のように、幼魚が入っている水槽の底に様々な波長の光で動画を示すことのできる装置を設置した。次に、図 2 に示したように特定の波長の光の縞(シマ)模様を矢印の方向に動かした。すると、水槽内の幼魚は、縞模様が 500 nm の波長の光、または 600 nm の波長の光で示されたときには、縞模様の動きにつられて同じ方向へ泳ぐ行動(追隨行動)をとった。一方、380 nm の波長の光や 700 nm の波長の光で縞模様の動きが示された時には追隨行動をとらなかった。

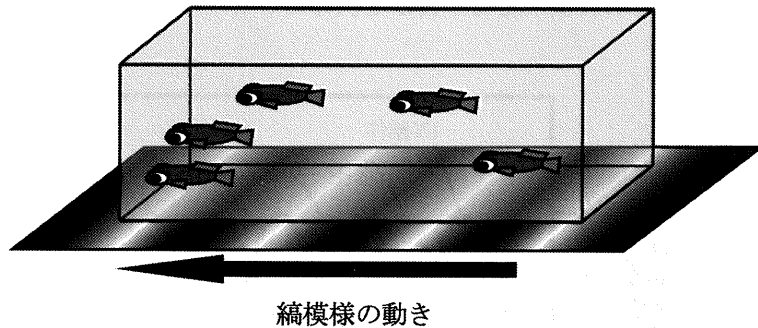


図 2

【実験 2】

図 3 のように、幼魚を接着剤で水槽の中に固定した後、その周りに餌となるゾウリムシを泳がせた。水槽の中を 380 nm、500 nm、600 nm、700 nm の波長の光で同時に照明すると、魚の正面にゾウリムシが泳いできたとき、魚はゾウリムシを捕食しようと激しく体をくねらせる行動(捕食行動)をとった。照明光を 380 nm の波長の光だけにした場合にも、同様の捕食行動が見られた。一方、水槽内を 500 nm、600 nm、または 700 nm の波長の光だけで照明した場合には捕食行動をとらなかった。なお、ゾウリムシの動きは照明する光の種類で大きく変わることはなかった。

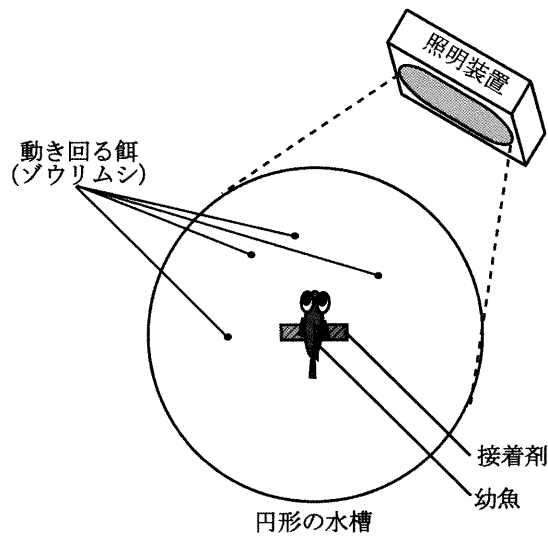


図 3

問 3 下線部(b)から、薄暗い光環境での視覚と明るい光環境での視覚にどのような違いが生じるか、簡潔に説明せよ。

問 4 以下に挙げる仮説(1)から仮説(4)までの記述のうち、図 1 と実験 1，実験 2 から正しいと考えられる仮説を一つ選べ。また、その仮説が正しいと考えられる理由を簡潔に説明せよ。

仮説(1)：幼魚は、500 nm, 600 nm の波長の光は知覚できるが、380 nm の波長の光は知覚できない。

仮説(2)：幼魚は、餌であるゾウリムシが発する振動や匂いを知覚しただけでは捕食行動をとらない。

仮説(3)：幼魚は、380 nm の波長の光を知覚する際に、S 錐体しか使わない。

仮説(4)：幼魚は、500 nm の波長の光を知覚する際に、L 錐体しか使わない。

問 5 図 1 と実験 1，実験 2 から、成魚に存在する 4 種類の錐体(L, M, S, UV 錐体)のうち、幼魚にかならず存在すると考えられるものがある。それはどの錐体か、該当するものをすべて答えよ。また、そのように考えられる理由を簡潔に説明せよ。

〔3〕 近交系のマウス A と別系統の近交系のマウス B を用いて行われた免疫に関する以下の実験内容を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。なお、近交系のマウスとは、近親交配を繰り返して得られた遺伝的背景が揃った系統のマウスのことである。その特徴として、成熟したマウス A に別個体のマウス A の皮膚を移植しても、移植片は脱落しないことが知られている。

【実験 1】 成熟したマウス A にマウス B の皮膚を移植すると 10 日後に移植片は脱落した。

【実験 2】 実験 1 を行った後のマウス A を用い、1 ヶ月後にマウス B の皮膚を移植すると 5 日後に移植片は脱落した。

【実験 3】 生後直ぐのマウス A の胸腺を手術により完全に摘出することで、胸腺摘出マウス A を作製した。成熟した胸腺摘出マウス A にマウス B の皮膚を移植したが、移植片の脱落は認められなかった。

【実験 4】 成熟したマウス A にヒツジ赤血球を注射した。2 週間後に採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球は凝集した。一方、ヒツジ赤血球を注射していない成熟したマウス A から採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球の凝集は認められなかった。

【実験 5】 生後直ぐのマウス A の胸腺を手術により完全に摘出することで、胸腺摘出マウス A を作製した。成熟した胸腺摘出マウス A にヒツジ赤血球を注射した。2 週間後に採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球の凝集は認められなかった。また、ヒツジ赤血球を注射していない成熟した胸腺摘出マウス A から採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球の凝集は認められなかった。

【実験 6】 生後直ぐのマウス A の胸腺を手術により完全に摘出することで、胸腺摘出マウス A を作製した。成熟した胸腺摘出マウス A に、成熟した別個体のマウス A から採取したリンパ球とヒツジ赤血球を混合して一緒に注射した。2 週間後に採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球は凝集した。

【実験 7】 生後直ぐのマウス A の胸腺を手術により完全に摘出することで、胸腺摘出マウス A を作製した。次に別の成熟したマウス A にヒツジ赤血球を注射し、2 週間後にリンパ球を採取した。このリンパ球を成熟した胸腺摘出マウス A に注射した。2 週間後に採血し、その血清とヒツジ赤血球を混合したところ、ヒツジ赤血球は凝集した。

問 1 実験 2 では、実験 1 に比べて皮膚移植片が脱落するまでの日数が短くなっている。皮膚移植片が脱落した要因、及びなぜこのような違いが生じたのかについて、下記の語句をすべて用いて 150 字以内で説明せよ。

語句：キラー T 細胞，拒絶反応，免疫記憶，細胞性免疫，記憶細胞

問 2 実験 1 では、皮膚移植片の脱落が認められたのに対して、実験 3 では、皮膚移植片の脱落は認められなかった。なぜ、実験 1 と実験 3 で皮膚移植片の脱落に違いが生じたのか、50 字以内で説明せよ。

問 3 実験 4 では、ヒツジ赤血球を注射していないマウス A の血清で、ヒツジ赤血球の凝集は認められなかったのに対して、ヒツジ赤血球を注射したマウス A の血清では、ヒツジ赤血球が凝集した。なぜ、ヒツジ赤血球を注射したマウス A の血清では、ヒツジ赤血球が凝集したのか、75 字以内で説明せよ。

問 4 実験 5 では、ヒツジ赤血球を注射した胸腺摘出マウス A の血清で、ヒツジ赤血球の凝集は認められなかったのに対して、実験 6 ではヒツジ赤血球は凝集した。なぜ、実験 5 と実験 6 でヒツジ赤血球の凝集に違いが生じたのか、150 字以内で説明せよ。

問 5 実験 7 では、成熟した胸腺摘出マウス A にヒツジ赤血球を注射していないにも関わらず、その血清はヒツジ赤血球を凝集させた。その理由を 50 字以内で説明せよ。

〔4〕 以下の文章を読み、問1～問4に答えよ。

動物の中には太陽を利用し、自らが向かうべき方角を知るものがある。ある鳥の仲間は、一年の中で渡りの季節になると、太陽の方角を手掛かりに決まった方角へ長距離移動することが知られている。また、窓から太陽の方角がわかる室内でその鳥を飼育し、いつも決まった方角で餌を与えると、餌の方角を覚えて定位する。しかし、鏡を使って太陽が見える方角を変えると、餌の方角へ正しく定位できない。太陽の方角は一日の時刻に応じて移動するが、この鳥は時刻に関わらず太陽を手掛かりに特定の方角へ定位する。このしくみを持つ鳥を用いて以下の実験を行った。ただし、実験期間中の太陽の動きは春分の日と変わらないものとして考えよ。

【実験1】

- 1-1) 北半球のある地域で、春分の頃(日の出6:00, 日没18:00), 昼行性の同種の鳥 a, b を1個体ずつかごに入れ、周囲に窓のある円形の実験室の中央に置き(図1), 実験室の照明を調節した光周期(12時間明期12時間暗期, 明期開始6:00, 明期終了18:00)を与えた。そして、明期に周囲の窓から空と太陽だけが見える環境で鳥を飼育した。また、鳥かごの周りに図1のように餌を置く台を等間隔に12個並べ、特定の一つの台に餌を置いた。鳥 a の餌は南の、鳥 b の餌は西の台に置いた(図2 A)。そして、明期の様々な時刻に鳥をかごから出して、餌を自由に食べさせた。
- 1-2) 1-1)の飼育期間の後半、いずれの台にも餌を置かず明期の様々な時刻に鳥をかごから出し、最初にどの台を訪れるか調べた。鳥 a と鳥 b の結果を図2 Bに示す。各台の数字は、その台を最初に訪れた回数を示している。

【実験2】

- 2-1) 実験1の後、すべての窓を閉めて鳥が太陽を見ることができない状態にした。そして、新しい光周期(12時間明期12時間暗期, 明期開始12:00, 明期終了24:00)を与え、鳥かご内で水と最低限の餌を与えて飼育した。
- 2-2) 2-1)の飼育期間の最後の数日間、12:00から24:00の間で太陽が出ている時間にすべての窓を開け、鳥をかごから出し、餌を置いていない12か所の台のうち、最初にどの台を訪れるかを調べた。その結果を図2 Cに示す。

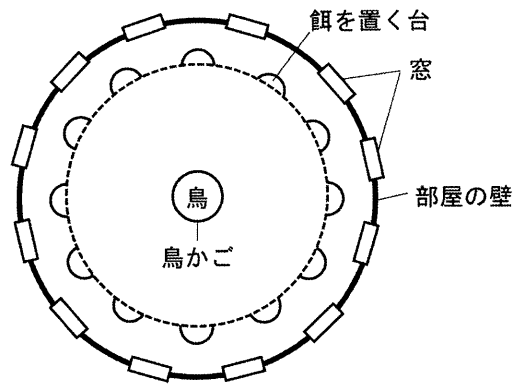


図 1

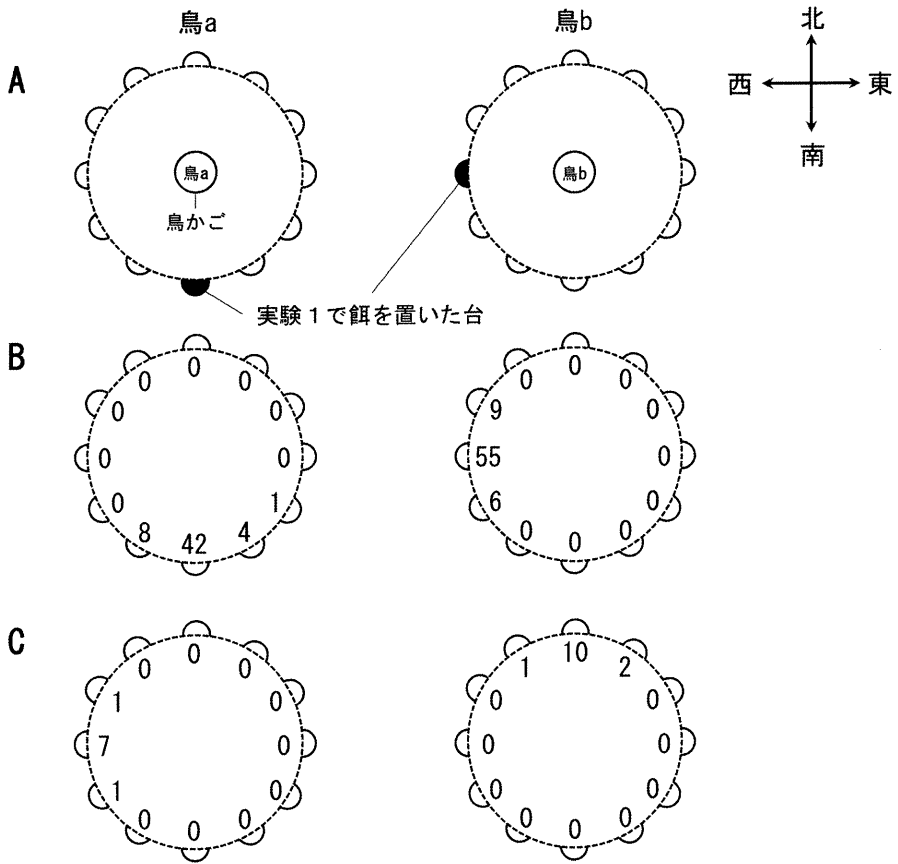


図 2

問 1 動物が用いる下線部(a)の生理機構を何と呼ぶか答えよ。

問 2 図 2 A の状態で鳥 b が 10 : 00 と 16 : 00 に餌に向かう状況を考える。

10 : 00 と 16 : 00 それぞれにおいて、鳥かごの中にある鳥 b から見て太陽と餌の方角はおおよそ何度異なるか答えよ。その角度を導いた根拠を途中の計算式を含めて説明せよ。ただし、太陽の方角(東西南北)は 1 時間当たり 15 度移動するものとして考えよ。

問 3 鳥が一日の時刻を知ることができれば、問 2 のような時刻による違いを計算して餌のある台にたどりつくことができる。一日の時間を計り、時刻を知るための生理機構を何と呼ぶか答えよ。

問 4 図 2 C において、餌を探して最初に訪れた台の方角が図 2 B と比べて時計回りへおおよそ何度ずれたのかを考慮し、鳥が問 3 の生理機構を利用して太陽の方角からどのように餌の方角を知ると考えられるかを説明せよ。

