

令和 5 年度 A O 入 試 問 題 集 (医学部医学科)

公表期限：2026 年 3 月末

東北大学アドミッション機構

令和5年度(2023年度)東北大学

AO入試(総合型選抜)Ⅱ期

筆記試験①問題

令和4年11月5日

志願学部／学科	試験時間	ページ数
医学部医学科	9:30~10:50 (80分)	6ページ

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は6ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」、「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄(1枚につき1か所)には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」、「メモ用紙」は持ち帰ってください。

1 以下の問いに答えよ。

(1) a, b, θ を実数, i を虚数単位とする。 x の 2 次方程式 $x^2 - 2(a-1)x + b = 0$ が虚数解 $\cos \theta + i \sin \theta$ をもつとき, a, b の満たす条件の表す曲線を ab 平面上に図示せよ。

(2) 白玉と黒玉を合わせて n 個を左から右へ横 1 列に並べる。ただし, 白玉を 2 個以上つづいて並べることはない。このようにして並べたときの場合の数を a_n 通りとする。

たとえば, a_1 は, 白か黒の 2 通りなので $a_1 = 2$,

a_2 は, 白黒, 黒白, 黒黒の 3 通りなので $a_2 = 3$ である。ただし, 白は白玉, 黒は黒玉を表す。

このとき, a_{15} を求めよ。

(3) 次の極限值を求めよ。

$$\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} \frac{1}{x - \frac{\pi}{2}} \int_{\frac{\pi}{2}}^x \frac{1}{\sin t} dt$$

2 a を正の数とする。曲線 $C: y = a|x^2 - 2x - 3|$ は直線 $\ell: y = 4x + 6$ に接している。次の問いに答えよ。

- (1) 定数 a の値を求めよ。
- (2) C と ℓ とで囲まれた部分の面積 S を求めよ。

3 $5\alpha = \pi$ のとき、次の問いに答えよ。

(1) 等式 $\cos 2\alpha + \cos 3\alpha = 0$ が成り立つことを示せ。

(2) $x = \cos \alpha$ は方程式

$$4x^3 + 2x^2 - 3x - 1 = 0$$

の解の 1 つであることを示せ。

(3) $\cos \alpha + \cos 3\alpha$ の値を求めよ。

令和 5 年度（2023 年度）東北大学


A O 入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験② 封筒


令和 4 年 11 月 5 日

志願学部／学科	試 験 時 間	問題冊子数
医 学 部 医 学 科	13：00～14：20 (80 分)	3 冊


注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この封筒を開いてはいけません。
2. この封筒には、「問題冊子」3冊、「解答用紙」3種類、「メモ用紙」1冊が入っています。
3. 筆記試験②は、＜選択問題1＞、＜選択問題2＞、＜選択問題3＞の3冊からなります。
※ ＜選択問題1～3＞のうちから2つを選択し、解答してください。2つ選択しなかった場合は、失格となります。
※ ＜選択問題＞の解答用紙1枚目の所定の欄に、選択の有無を  で囲んでください。

選択する場合：

 選択する
選択しない

選択しない場合：

選択する
 選択しない

4. ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。問題冊子のホチキスは外さないでください。
5. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
6. 「解答用紙」は1枚につき1か所の所定の欄に、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。選択しない問題の解答用紙にも受験記号番号を記入してください。
7. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
8. 試験終了後は、「解答用紙」は全て回収しますので持ち帰ってはいけません。
本封筒、「問題冊子」及び「メモ用紙」は持ち帰ってください。

令和 5 年度（2023 年度）東北大学

A O 入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②

<選択問題 1>

令和 4 年 11 月 5 日

志願学部／学科	試 験 時 間	ページ数
医 学 部 医 学 科	13 : 00～14 : 20 (80 分)	12 ページ

———このページは白紙———

———このページは白紙———

- 1 ばね定数 k 、自然の長さ L の軽いばねと、質量 m の小物体がある。ばねは直線状に伸縮し、重力や空気抵抗の影響はないものとする。次の問 1 ～問 1 1 に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

図 1 のようにばねの一端を壁に固定し、他端に小物体を取り付け、小物体に力を加えてばねの長さを ℓ だけ伸びた状態にした。

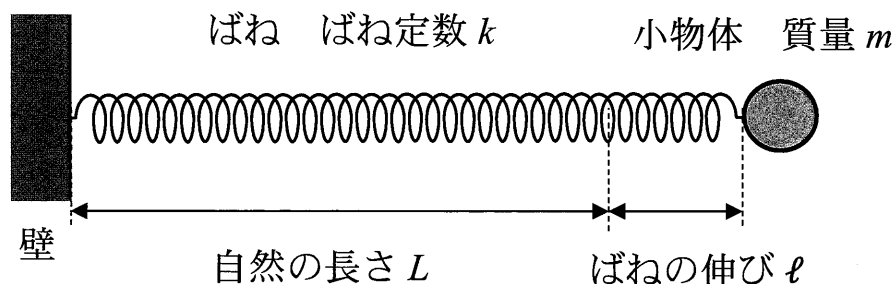


図 1

- 問 1 ばねの長さが ℓ だけ伸びた状態のときのばねの弾性力の大きさ F と、ばねの伸びが ℓ から 0 まで変化する間に弾性力のする仕事 W を、 k 、 ℓ を用いて表せ。
- 問 2 小物体を静かに放すと小物体は動き出した。小物体が自然の長さの位置にきたときの速さ v_0 を、 k 、 ℓ 、 m を用いて表せ。

次に、小物体を2等分して質量を $\frac{m}{2}$ とし、軽いばねも2等分して長さを $\frac{L}{2}$ として、図2のように、小さく軽い留め具でばねを並列にして小物体を両端に取り付けた。左側の小物体をA、右側の小物体をB、重心をGとし、Aの位置を原点Oとして図2のようにx軸を取る。時間 $t=0$ に小物体Bにのみ正の向きに速さ v_1 の初速度を与えると、小物体AとBは動き始めた。

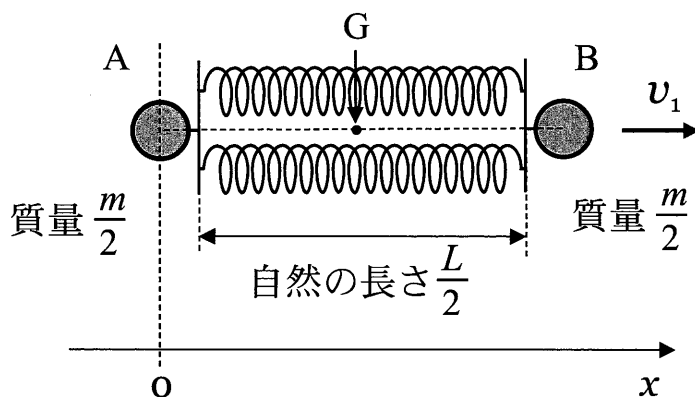


図2

- 問3 ばね定数 k のばねを2等分し並列につないだばねの合成ばね定数 k' を,
 k を用いて表せ。
- 問4 重心Gの速度 v を, v_1 , k , m の中から必要なものを用いて表せ。
- 問5 重心Gから見ると、小物体Bの運動は単振動であった。単振動の角振動
 数 ω を, k , m を用いて表せ。
- 問6 小物体Aの時間 t における座標 x を表す式を, v_1 , ω , t を用いて表せ。

次に、小物体を n 等分して 1 つ当たりの質量を $\frac{m}{n}$ にし、ばね定数 k のばねも n 等分して長さを $\frac{L}{n}$ とした。その後、図 3 のように、 n 個の小物体と n 個のばねを正 n 角形になるように接続し、正 n 角形の中心 C を一端とする n 本の細くまっすぐな軽い棒を取り付け、小物体が棒に沿って滑らかに動くことができるようにした。図 3 では n 個の小物体とばね及び n 本の棒の一部のみを描いている。それぞれの小物体について、つり合いの位置を原点 O として、棒に沿って中心 C から外に向く方向を正として x 軸を取る。また、同じ時間にすべての小物体が同じ x 座標となるように運動する場合のみを考える。

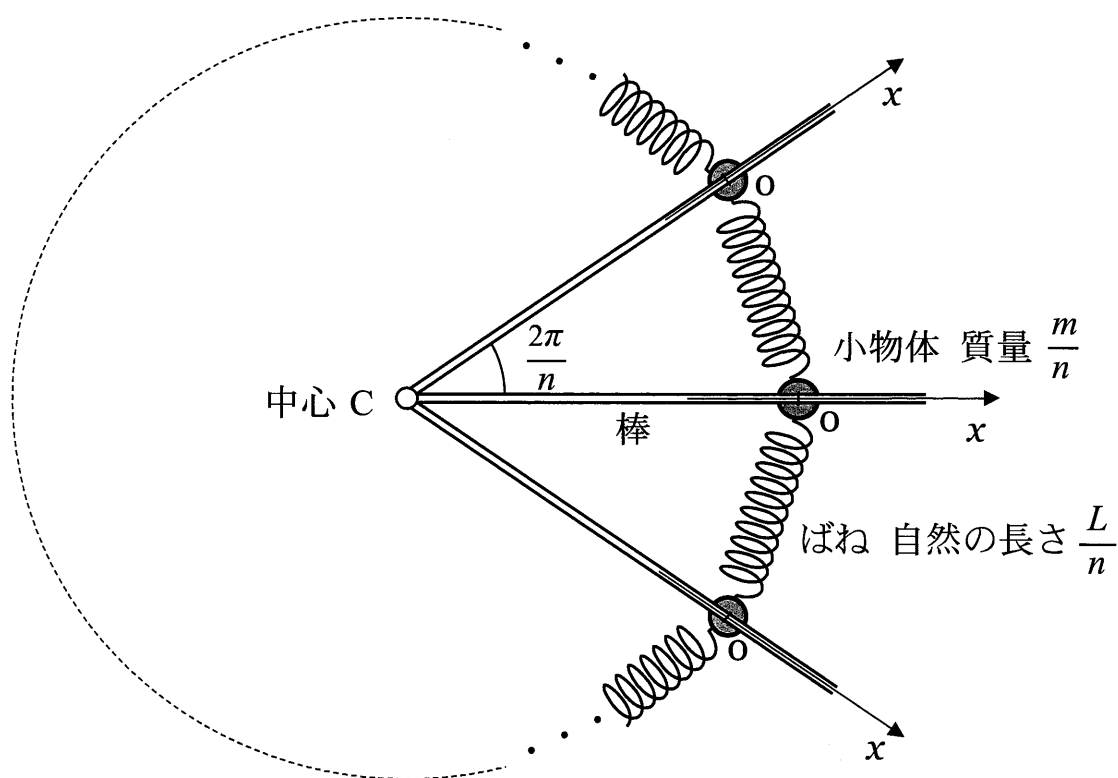


図 3

問7 1つの小物体に着目し、小物体の座標が x のときに、その小物体がばねから受ける合力 F を、 n 、 x 、 k を用いて表せ。なお、角度は単位としてラジアンを用いよ。

問8 すべての小物体を x 座標が X となるように変位させて同時に静かに放すと、小物体は原点 O を中心に単振動をした。このとき、原点 O での小物体の速さ v_2 を、 n 、 X 、 k 、 m から必要なものを用いて表せ。

問9 n が十分大きい場合の単振動の周期 T を、 k 、 m を用いて表せ。なお、必要であれば $|\theta|$ が十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin \theta \simeq \theta$ を用いよ。

さらに、図3の小物体、ばね、棒でできた正 n 角形を、正 n 角形が作る面内で中心 C を回転軸として静かに回転させ、ゆっくりと角速度を大きくしていき最終的に一定の角速度 ω' で回転させた。この過程で小物体は棒から抜けることなく正 n 角形を維持したまま、すべての小物体の x 座標が x_0 となり一定の半径で回転し続けた。

問10 x_0 を、 n 、 ω' 、 k 、 m 、 L を用いて表せ。

問11 すべての小物体に、いっしょに回転している観測者から見て x_0 の位置から同じ変位を与えて同時に静かに放すと、すべての小物体が常に同じ変位で単振動をした。このときの単振動の周期 T' を n が十分大きい場合について、 ω' 、 k 、 m を用いて表せ。なお、必要であれば $|\theta|$ が十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin \theta \simeq \theta$ を用いよ。

2 図1のように、 x 軸と y 軸を取り、長さ L の細いパイプを y 軸に平行にして一端を x 軸上に置き、その中に電気量 q ($q > 0$) に帯電した質量 m の小物体を入れ、 $y = L$ にある他端に間隔 d の2枚の薄い平面極板でできた平行板コンデンサーをパイプと一体となるように取り付けた。一体となったパイプと平行板コンデンサーは質量が M で、 x 軸に沿ってのみ滑らかに平行に動くことができる。小物体はパイプの内壁に沿って滑らかに動くことができ、パイプと平行板コンデンサーの接続点の小さな穴を通してパイプと平行板コンデンサーの極板間を自由に行き来することができる。

平行板コンデンサーには電荷が蓄えられており、極板間には強さ E の一様な電場（電界）が y 軸の負の向きに生じている。また、 $0 \leq x$ かつ $0 \leq y \leq L$ の領域には磁束密度 B ($B > 0$) の一様な磁場（磁界）が紙面に対して垂直に表から裏向きにかかっている。

初め、パイプと平行板コンデンサー及び小物体は $x < 0$ の領域を x 軸の正の向きに一定の速さ v_x で動いていた。このとき、小物体の y 座標は 0 で速度の y 成分も 0 であった。

小物体は xy 平面内のみを運動し一連の運動の間に電気量に変化することはないものとし、パイプは磁場や小物体の電荷の影響を受けないものとする。さらに、平行板コンデンサーの極板の厚さは無視できるものとし、重力や空気抵抗の影響はないものとする。次の問1～問10に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

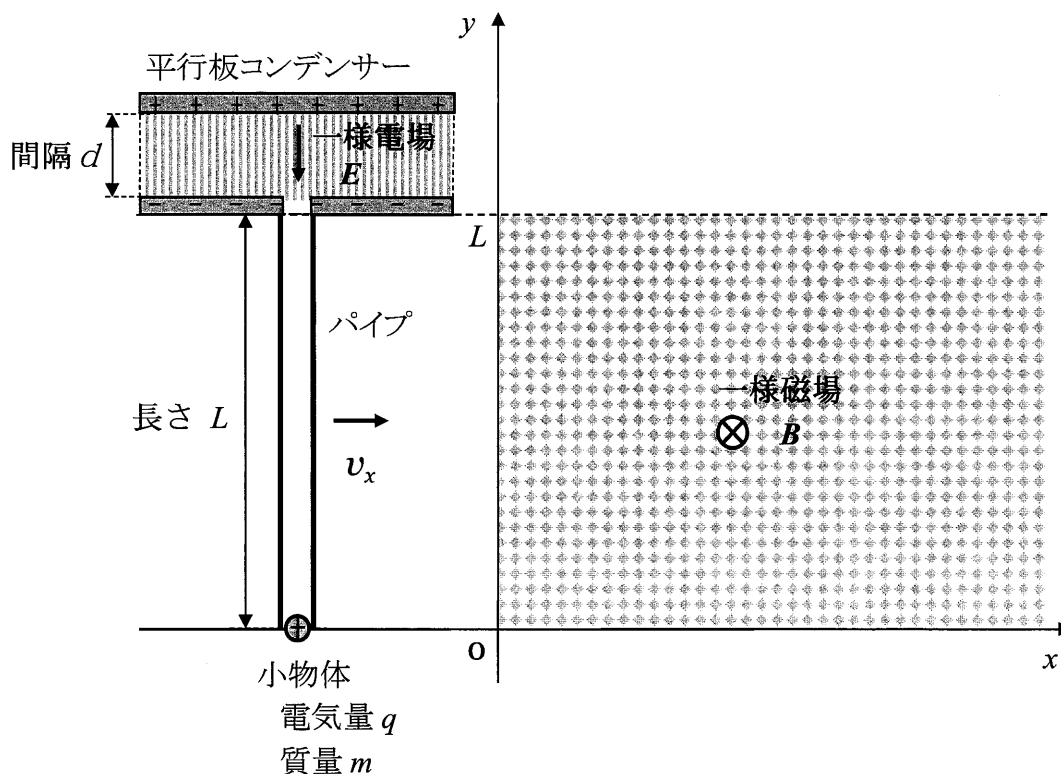


図1

パイプと平行板コンデンサー及び小物体は、時間 $t = 0$ でちょうど $x = 0$ を x 軸の正の向きに速さ v_x で通過し、電気量 q に帯電した小物体は速度と磁場の両方に垂直な y 軸の正の向きに $qv_x B$ の大きさの力を磁場から受け始めた。このような力をローレンツ力という。その後、パイプに外力を加えて一定の速さ v_x で動かし続けた。小物体は磁場から受ける力によりパイプの内壁に沿って y 座標の正の向きに動き始め、時間 t_L にパイプの出口 ($y = L$) に到達した。小物体の y 座標が $0 \leq y \leq L$ の間について考える。

問 1 小物体の速度の y 成分の大きさが v_y のときの、ローレンツ力の成分 (f_x, f_y) と大きさ f を、 q, v_x, v_y, B の中から必要なものを用いて表せ。

問 2 小物体の、時間 t における v_y と y を、 q, v_x, B, m, t を用いて表せ。

問 3 小物体がパイプの出口に到達した時間 t_L を、 q, v_x, B, m, L を用いて表せ。

問 4 小物体がパイプの出口から飛び出す直前の速度の y 成分の大きさ V_y と、時間 $t = 0$ から t_L までに小物体が得た運動エネルギー ΔK を、 q, v_x, B, m, L から必要なものを用いて表せ。

小物体が y 座標の正の向きに動き始めてからパイプの出口に到達するまでの時間 t ($0 \leq t \leq t_L$)において、パイプを等速度で動かすために加えた外力がした仕事を次のように求める。

問5 パイプを一定の速さ v_x で動かし続けるためにパイプに加えた外力の大きさ F を、 q 、 v_x 、 B 、 m 、 t を用いて表し、外力の向きも答えよ。

問6 時間 $t = 0$ から t_L において、パイプの位置 x と外力の大きさ F の関係をグラフに描け。

問7 問6のグラフから、時間 $t = 0$ から t_L までに外力がした仕事 W を求めて、 q 、 v_x 、 B 、 m 、 L から必要なものを用いて表し、問4で求めた小物体の得た運動エネルギー ΔK との大小関係を答えよ。

小物体は速度の y 成分の大きさ V_y でパイプから飛び出し、平行板コンデンサーの極板間の一様電場（強さ E ）内を運動して、正に帯電した極板（以下、正極板）に速度の y 成分の大きさ V_y' で完全非弾性衝突をして正極板に対して静止した。

問 8 V_y' を、 q 、 E 、 d 、 m 、 V_y を用いて表せ。

問 9 衝突による力学的エネルギーの減少量がすべて熱に変換され正極板のみを加熱したとして、正極板の温度上昇 ΔT を、 q 、 E 、 d 、 m 、 V_y 及び正極板の熱容量 C を用いて表せ。なお、小物体の熱容量は正極板に比べ非常に小さく無視できるものとし、正極板から大気中など外部に逃げる熱量も無視できるものとする。

その後、速さ v_x で動いていたパイプと平行板コンデンサー（一体としての質量 M ）に外力がはたらかない状態にして、小物体が正極板から静かに離れ、電場で加速されパイプ内に再度入射してパイプに力を及ぼし、ある瞬間にパイプの途中でパイプに対して静止した。なお、小物体は正極板から離れる際に、電気量は変わらず力学的エネルギーの減少もないものとする。

問 10 小物体がパイプに対して静止した瞬間に、 x 軸に沿って動いていたパイプと平行板コンデンサーの速さ v_x' を、 q 、 E 、 d 、 m 、 M 、 v_x を用いて表せ。

令和 5 年度（2023 年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②

<選択問題 2>

令和 4 年 11 月 5 日

志願学部／学科	試 験 時 間	ページ数
医 学 部 医 学 科	13：00～14：20 (80 分)	9 ページ

——このページは白紙——

1 クロムの単体および化合物に関する次の文章を読み、下の問 1 から問 7 に答えなさい。

6 族元素であるクロムの単体は銀白色の光沢をもつ金属で、空気中では表面にち密な酸化物の被膜ができ ア となりやすいため、めっきやステンレスの材料に使われる。クロムは様々な酸化数の状態をとり、酸化数の大きなクロム原子を含む化合物は酸化剤として利用される。その代表的な例は、酸化数が+6 のクロム原子を含むクロム酸カリウム K_2CrO_4 および二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ である。 K_2CrO_4 は イ 色の結晶であり、水に溶かすと イ 色のクロム酸イオン CrO_4^{2-} を生じ、(a) その水溶液を酸性にするとクロム酸イオンは ウ 色の二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ に変化する。

(b) 二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ に硫酸酸性条件下でエタノールを加えて加熱すると、エタノールは酸化されてアセトアルデヒドに変化し、反応溶液は暗緑色になる。アセトアルデヒドは工業的には、塩化パラジウム (II) PdCl_2 と エ を触媒に用いたエチレンへの水の付加と酸化により製造される。

CrO_4^{2-} は銀イオン Ag^+ と反応して、赤褐色のクロム酸銀 Ag_2CrO_4 の沈殿を生じる。この着色した沈殿の生成を沈殿滴定の終点の判定に用いて、塩化物イオン Cl^- を含む試料溶液を硝酸銀標準溶液で滴定する方法がモール法である。モール法を用いて、以下のように塩化物イオンを含む溶液の沈殿滴定を行った。

〔モール法による沈殿滴定の実験〕

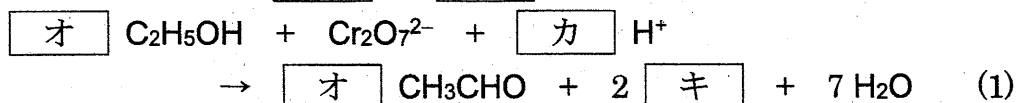
濃度未知の塩化物イオンと濃度 $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の K_2CrO_4 を含み、(c) pH を 7.5 に調整した試料水溶液 A をホールピペットを用いて正確に 10.0 mL はかり取ってコニカルビーカーに入れた。この水溶液を振り混ぜながら、ビュレットに入れた $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液をこの水溶液に滴下して行った。しばらくは塩化銀 AgCl の沈殿の生成が観測されたが、最終的に硝酸銀水溶液を 30.0 mL 滴下したところで、滴下時に生じる Ag_2CrO_4 の赤褐色の沈殿が消えなくなったので、ここを終点とした。

なお、 AgCl の溶解度積を $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 Ag_2CrO_4 の溶解度積を $4.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$ とする。また、溶液から沈殿が析出しても、溶液の体積に変化はないものとする。

問 1 ア から ウ に入る最も適切な語句および エ に入る最も適切な組成式を、それぞれ解答欄 ア から エ に書きなさい。

問 2 下線部(a)で起こる反応を、イオン反応式で書きなさい。

問 3 下線部(b)で起こる反応のイオン反応式は次の(1)式のように表される。この空欄 オ と カ に入る適切な数字を、また空欄 キ に入る適切なイオン式を、それぞれ解答欄 オ から キ に書きなさい。



問 4 下線部(c)で、もしこの pH が 10 よりも高いと、塩化銀やクロム酸銀以外の別の銀化合物が生成してしまい、正確な滴定が行えなくなる。この別の銀化合物が生成する反応のイオン反応式を解答欄に書きなさい。

問 5 試料水溶液 A 中に溶けている塩化物イオンの濃度は何 mol/L か。その数値を有効数字 2 桁で解答欄(a)に書きなさい。また、計算過程を解答欄(b)に書きなさい。

問 6 試料水溶液 A に硝酸銀水溶液を一滴(約 0.05 mL)加えたところで塩化銀の析出が見られた。この段階で溶液中に溶けている銀イオンの濃度は何 mol/L か。その数値を有効数字 2 桁で解答欄(a)に記入しなさい。また、計算過程を解答欄(b)に書きなさい。なお、硝酸銀水溶液を一滴加えたことによる水溶液 A の体積の増加および溶けている塩化物イオンの濃度の減少は無視できるものとする。

問 7 この沈殿滴定の終点の段階で、赤褐色のクロム酸銀の沈殿が析出し始めたときに溶液中に溶けている銀イオンの濃度は何 mol/L か。その数値を有効数字 2 桁で解答欄(a)に記入しなさい。また、計算過程を解答欄(b)に書きなさい。

- 2 図1に示すように、左側の電気分解槽中の硫酸銅(II)水溶液に2本の白金電極を浸し、右側の鉛蓄電池につないで電気分解を行った。次の問1から問6に答えなさい。

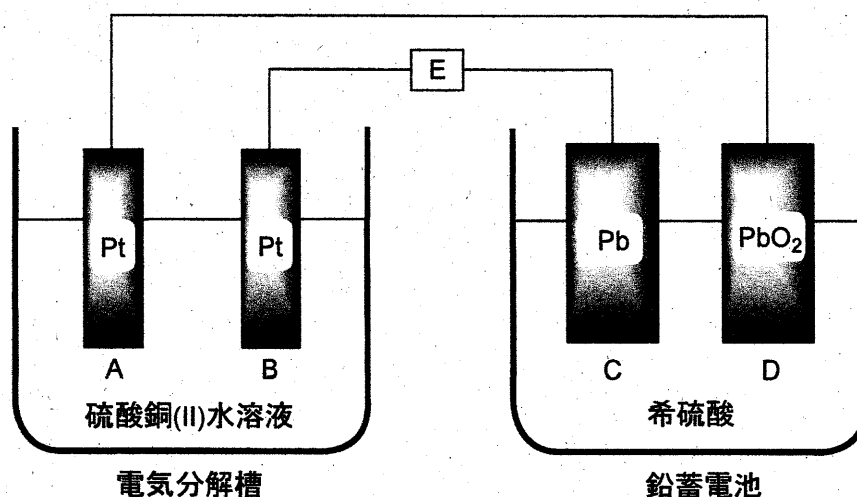


図1

問1 この実験で、電気分解槽中に浸す電極としてマグネシウムを用いることはできない。それは、マグネシウムが硫酸銅(II)水溶液と反応してしまうからである。

- (1) マグネシウムと銅イオンとの間で起こる反応のイオン反応式を書きなさい。
- (2) この反応が起こる理由を30字以内で書きなさい。

問2 図1中の電極A, B, C, Dはそれぞれ次の(ア)から(エ)のいずれかの名称で呼ばれる。電極AからDの各々について、最も適切な名称を選び、その記号をそれぞれ解答欄AからDに記入しなさい。

(ア) 正極 (イ) 陽極 (ウ) 負極 (エ) 陰極

問3 図1において、鉛蓄電池が放電して電気分解槽中で電気分解が起こったときに、電極A, B, C, Dの中で、物質が析出して質量が増加する電極の記号をすべて解答欄に書きなさい。

問4 鉛蓄電池の放電時に電極Cおよび電極D上で起こる化学反応を、それぞれ解答欄(1)および(2)に、電子 e^- を含むイオン反応式で書きなさい。

- 問5 鉛蓄電池の放電時に、(1) 図1のEの位置で、電子はどちらの方向へ流れるか。
 また、(2) 電気分解槽の中で気体はどちらの電極付近で発生するか。下表の(ア)から(エ)の中で正しい組み合わせの記号を解答欄に書きなさい。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1) 電子の流れる方向	右から左へ	右から左へ	左から右へ	左から右へ
(2) 気体が発生する電極	A	B	A	B

- 問6 図1の装置を用いて、一定時間硫酸銅(Ⅱ)水溶液の電気分解を行ったところ、電気分解槽の一方の電極上では銅が析出し、もう一方の電極上では二原子分子の気体が発生した。一方の電極上に析出した銅の質量は19.1 gであった。銅の原子量を63.6、ファラデー定数を $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ として、次の問(1)および問(2)に答えなさい。必要なら、標準状態での圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ を用いなさい。

- (1) Eの位置を流れた電気量は何Cか。その数値を有効数字3桁で解答欄(a)に書きなさい。また、計算過程を解答欄(b)に書きなさい。
- (2) 電極上で発生した気体の標準状態での体積は何Lか。その数値を有効数字3桁で解答欄(a)に書きなさい。また、計算過程を解答欄(b)に書きなさい。なお、発生した気体は理想気体として取り扱えるものとする。

3 油脂やそれに関連する物質に関する次の文章を読み、下の問 1 から問 6 に答えなさい。

大豆油やオリーブ油のような油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱すると、グリセリン (1,2,3-プロパントリオール) と脂肪酸ナトリウム (セッケン) が生じる。この塩基によるエステル分解反応をけん化という。セッケンは、疎水性の炭化水素基 R と親水性の原子団 $\text{COO}^- \text{Na}^+$ とからできており、^(a)セッケンを水に溶かすと、その一部が ア^アして弱塩基性を示す。

脂肪酸などの酸とアルコールが縮合してエステルが生成する反応をエステル化という。一方、エステルに多量の水を加えて放置すると、エステル化の逆反応が徐々に起こる。この反応も ア^アとよばれる。

疎水性と親水性の 2 つの部分を持ち、水と油をなじませる働きをする物質を イ^イという。セッケンのような イ^イを水に溶かすと、疎水性部分を内側に、親水性部分を外側に向けた球状の粒子をつくる。この粒子を ウ^ウという。^(b)水に不溶な油を イ^イとともに水に入れて振ると、油と イ^イは結びついて微細な小滴をつくり、水中に分散する。この現象を エ^エという。イ^イはこの現象によって洗浄作用を示す。^(c)セッケンは、硬水中では泡立ちが悪くなり、洗浄力が低下する。

問 1 空欄 ア^ア から エ^エ に入る最も適切な語句を、それぞれ解答欄 ア^ア から エ^エ に記入しなさい。

問 2 グリセリンを過剰量の硝酸と反応させると、グリセリンの硝酸エステル (ニトログリセリン) が生じ、これは火薬や爆薬に用いられる。

- (1) ニトログリセリンの分子式を書きなさい。
- (2) ニトログリセリンが爆発すると、窒素、二酸化炭素、酸素および水のみが生成する。この反応の化学反応式を書きなさい。

問 3 下線部(a)で起こる反応のイオン反応式を書きなさい。その際、脂肪酸ナトリウム (セッケン) の陰イオン部分は、炭化水素基を R とした示性式 RCOO^- で表しなさい (ナトリウムイオンは書かなくてよい)。

問 4 下線部(b)の現象によって生じる小滴を模式図で表しなさい。イ^イの疎水性部分を R で、親水性部分を X で表し、それらを線で結んだ記号 R—X を イ^イの記号として用いなさい。模式図中には、必ず水と油の文字、および記号 R—X を書きなさい。

問 5 下線部(c)の現象が起こるのはなぜか。理由を 30 字程度で解答欄に書きなさい。

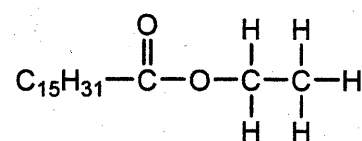
問 6 同一の炭素数をもつ 1 種類の飽和脂肪酸および 1 種類の不飽和脂肪酸を 1:2 の比で構成成分として含む油脂がある。この油脂は 1 個の不斉炭素原子をもち、分子式は $C_{57}H_{102}O_6$ (分子量 882) である。この油脂をヨウ素 I_2 で処理すると、油脂 1 mol 当たり最高 4 mol の I_2 を吸収した。次の問(1)および(2)に答えなさい。

(1) 水酸化カリウム KOH の式量を 56 として、この油脂のけん化価を有効数字 2 桁で求め、解答欄に書きなさい。なお、けん化価は、1 g の油脂をけん化するのに必要な KOH の質量 (mg 単位) の数値である。

(2) 右図にならって、この油脂の構造式を書きなさい。その際、油脂のカルボニル基に結合している炭化水素基の部分は C_nH_m (n, m にそれぞれ整数を入れる) のように書きなさい。不斉炭素原子には * 印をつけなさい。

構造式の書き方の例

パルミチン酸エチル



令和 5 年度（2023 年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②

< 選択問題 3 >

令和 4 年 11 月 5 日

志願学部／学科	試 験 時 間	ページ数
医 学 部 医 学 科	13 : 00～14 : 20 (80 分)	13 ページ

B1245

1 次の文章を読み、問 1 から問 11 に答えよ。

遺伝子組換えイネを作出する場合、イネの種子からカルスとよばれる培養細胞を誘導し、そのカルスにあらかじめ導入したい遺伝子をもたせた①ある種の細菌を感染させる。すると、その細菌が遺伝子をイネのカルスに導入する。その後、細菌を感染させて遺伝子を導入したカルスを培養し、植物体を再分化させることにより、遺伝子組換えイネを作出する。

この技術を用いて、イネの遺伝子 X の突然変異体 (x 突然変異体) に野生型の遺伝子 X を導入した。②遺伝子を導入していないカルスからは表皮をもたないイネが再分化したが、遺伝子 X を導入したカルスからは、正常な形態のイネが再分化した。③遺伝子 X から 1 塩基あるいは連続した 2 塩基を欠失させた遺伝子を導入した場合は、表皮をもたないイネが再分化したが、連続した 3 塩基を欠失した遺伝子を導入した場合は、野生型遺伝子を導入した場合と同様に正常な形態のイネが再分化した。野生型の遺伝子 X を導入して再分化したイネからは自家受粉により種子を得た。

問 1 下線部①の細菌の名称を記せ。

問 2 下線部②の結果から考えられる遺伝子 X がもつ機能を簡潔に記せ。

問 3 下線部③に関して、このような結果になった理由としてどのようなことが考えられるか、記せ。

問 4 導入した遺伝子 X が、変異した x 遺伝子と完全に連鎖した染色体上の位置にのみ導入された場合、再分化個体から自家受粉により得られた種子を多数播種すると、野生型と突然変異体の表現型を示す個体はどのような割合で現れるか、記せ。ただし、遺伝子 X は 1 か所のみを導入されたものとする。

問 5 導入した遺伝子 X が、変異した x 遺伝子とは異なる染色体に導入され

た場合，再分化個体から自家受粉により得られた種子を多数播種すると，野生型と突然変異体の表現型を示す個体はどのような割合で現れるか，記せ。ただし，遺伝子 X は 1 か所のみに導入されたものとする。

問 6 野生型の遺伝子 X が 2 か所に導入され，1 か所が x 遺伝子と完全に連鎖した染色体上の位置で，もう 1 か所が x 遺伝子とは異なる染色体の場合，自家受粉により得られた種子を多数播種すると，野生型と突然変異体の表現型を示す個体はどのような割合で現れるか，記せ。

問 7 野生型の遺伝子 X が 2 か所に導入され，導入された 2 か所と x 遺伝子の位置のすべてが異なる染色体の場合，自家受粉により得られた種子を多数播種すると，野生型と突然変異体の表現型を示す個体はどのような割合で現れるか，記せ。

問 8 遺伝子 X の 2 本鎖 DNA の各塩基の数を数えると，アデニン (A) の数はチミン (T) の数と同じであり，シトシン (C) の数はグアニン (G) の数と同じであった。その理由を簡潔に述べよ。

問 9 遺伝子 X から転写された RNA の塩基を調べたところ，チミン (T) が見られなかった。その理由を簡潔に述べよ。

問 10 野生型のイネからゲノム DNA を抽出し，PCR 法により遺伝子 X を増幅したところ，予想される長さの DNA 断片が増幅したが，RNA を抽出し，逆転写した後，同じプライマーを用いて PCR を行ったところ，ゲノム DNA を鋳型とした場合より短い長さの DNA 断片が増幅された。その理由を簡潔に述べよ。

問 11 問 10 で逆転写され PCR により増幅された RNA は，どの種類の RNA か。以下から適切なものを 1 つ選び，記号で答えよ。

ア gRNA (ガイド RNA)

- イ mRNA (伝令 RNA)
- ウ RNAi (RNA 干渉)
- エ rRNA (リボソーム RNA)
- オ tRNA (転移 RNA, 運搬 RNA)

2

次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

生物の生存や繁殖には空間、食物、交配相手などの資源が必要である。資源のほとんどは有限なので、それらをめぐる個体間の(a)作用、すなわち競争が生じる。競争に有利な個体はより多くの子を次世代に残し、結果としてそのような個体の形質が①自然選択により進化する。個体が自分の遺伝子をどれだけ次世代に残せたかは「適応度」という尺度で表される。

セイヨウミツバチの巣箱を観察したところ、1 匹の女王バチと数万匹のワーカー(働きバチ)、そして約 1000 匹の雄バチが社会生活を営んでいた。この女王バチは 32 本の染色体をもち($2n = 32$)、異なる集団の 10 匹の雄バチと交尾して精子を貯精囊^{ちよせいのう}に貯め、必要に応じて受精を行う。また、女王バチは受精卵と未受精卵を生むことができ、前者は雌、後者は雄になる。女王バチとワーカーはともに雌であるが、生育環境や幼虫期に与えられるえさの量と質の違いによって各々に分化する。女王バチはある種のフェロモンを分泌することでワーカーの生殖能力を抑制しているため、女王バチがいなくなった場合、ワーカーは交尾せず、未受精卵を生むようになる。ワーカーは複数の花を訪れて花粉を集め、スクロースを主成分とする花蜜を蜜胃^{みつゐ}に貯めて巣に運ぶ。スクロースはミツバチの体内でグルコースと(b)に分解され、これが蜂蜜の成分となる。ワーカーは、蜂蜜を略奪に来た大型哺乳類に針を用いて対抗する。針はいったん刺したら抜けないため、振り払われると腹部の損傷でワーカーは死ぬが、その際に放出される(c)フェロモンが、他のワーカーの攻撃行動を誘い、集団の利益となる。このような「自己の不利益にもかかわらず他個体へ利益をもたらす行動」を利他行動とよぶ。利他行動とよばれる行動は自分の繁殖機会を減らし、直接的には適応度を下げる。しかし血縁者は自分と共通する遺伝子をもつので、血縁者の適応度を上げる行動は自分の適応度に間接的な正の効

果をもたらす。このように、血縁関係にある他個体から生じる子も含めて考えた場合の適応度を「包括適応度」とよび、②利他行動により包括適応度が上がれば、その行動は自然選択により進化する。

③利他行動が進化した理由について、ハミルトンは、ハチなどでは自分の親の繁殖を助け、同じ遺伝子を持つ兄弟姉妹を増やすことで、次世代に自分と共通する遺伝子を多く残す戦略をとっていると考えた。そのためには、兄弟姉妹の中でも自分と共通する遺伝子をより多く持つ個体に投資する方が都合がよい。共通の祖先に由来する特定の遺伝子を個体間で共有する確率を「血縁度」とよぶ。

ヒトでは同じ両親から生まれた兄弟姉妹の場合、自分をもつ特定の遺伝子(対立遺伝子)が母親由来である確率は(d)であり、兄弟姉妹間で母親由来の特定の遺伝子を共有する確率は(e)となる。父親由来の遺伝子の場合も同様であるため、兄弟姉妹間の血縁度は(f)となる。一方、ミツバチの女王バチが一匹の雄バチと交尾して新しい集団を作った場合、ワーカー間の血縁度は(g)、ワーカーと母親を同じにする雄バチとの血縁度は(h)となる。

問 1 下線部①について、特に交配相手をめぐる競争ではたらく選択の名称を記せ。

問 2 セイヨウミツバチの雄バチの染色体数として適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

ア $n = 8$ イ $n = 16$ ウ $n = 32$

エ $2n = 16$ オ $2n = 32$

問 3 文章中の(a)～(h)にあてはまる適切な語句もしくは数値を記せ。

問 4 下線部③のワーカーが行う「利他行動の進化」は、ダーウィンの自然選択では説明できない。その理由を簡潔に説明せよ。

問 5 この巣(集団)から女王バチがいなくなった場合、どのようなことが起こると考えられるか。可能性のあるものをすべて選び、記号で答えよ。

ア ワーカーが生んだ卵から新しい女王バチが育つ。

イ ワーカーの数が徐々に減少する。

ウ 雄バチの数が一時的に増加する。

エ 雄バチの中の一匹が女王バチになる。

問 6 社会性昆虫であるアリのコロニーから産出される繁殖成虫(ワーカーの妹にあたる次世代女王[雌]と弟にあたる雄)の数を比べると、雄の個体数よりも雌の個体数が多い例が知られている。この偏りは、ワーカーが雄幼虫をあまり世話しないことや、雄になる卵を間引くなどの操作をすることによって生じている。繁殖成虫における雄と雌との比率の偏りが、ワーカーの操作によって生じる理由を血縁度にもとづき記せ。ただし、このアリのコロニーは1個体の女王に由来し、その女王は1個体の雄とのみ交尾しているものとする。

3 次の文章を読み、以下の問1～問8に答えよ。

①雄性および雌性の生殖細胞を(a)とよび、これらが合体することを(b)とよぶ。また、精子と卵が合体することを、特に受精とよぶ。精子や卵をつくるもとになる細胞は(c)とよばれる。一般に、雄から放出される精子の数は卵の数と比較して多い。しかし、ウニやカエルなどでは、実際に卵と受精する精子は1個のみである。これは、複数の精子が卵に侵入するのを防ぐしくみがあるからであり、このしくみを(d)とよぶ。

ウニは、産卵期になると海中に精子と卵を放出する。精子は、(e)で合成されるエネルギーを使って、(f)を動かして前進する。未受精卵の周囲にあるゼリー層に精子が達すると、精子の頭部にある②先体の中身が放出される。この現象を(g)とよぶ。ウニでは、精子の先端が糸状に伸びて(h)を形成し、(f)の動きが活発になり、精子はゼリー層を貫通する。さらに、精子はゼリー層の下にある卵黄膜を通過して、卵の細胞膜に接する。その結果、精子と卵の細胞膜が融合する。また、卵では、(i)の中身が細胞膜と卵黄膜の間に放出される。これを(j)とよぶ。卵黄膜は(i)から放出された物質の作用により細胞膜から離れ、固くなって受精膜となる。精子の核は卵の中に入ると膨化し、体細胞の核に近い大きさの精核となる。精子から卵に導入された(k)は星状体を形成し、精核と(l)を近づける。2つの核が出会うとすぐに融合が開始し、1つの核になる。

カエルの卵は、卵割が進むと桑実胚を経て③胞胚になる。胞胚腔は、動物極に偏った位置に生じる。胞胚期を過ぎると、灰色三日月環の植物極側に(m)が形成され、そこから陥入がはじまり、原腸胚となる。(m)によって囲まれた植物極の部分を卵黄栓という。原腸胚期には胚を構成する細胞群が外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉に分かれる。原腸胚後、(n)、尾芽胚を経て幼生となる。発生の段階では、細胞の分化だけでなく、特定の時期にある細胞群が自発的に死んでいくことによって器官が形成されることがわかっている。発生段階において、ある段階であらかじめ死ぬ

ように決められている細胞死を(o)といい、なかでも細胞の DNA が断片化し、それが引き金となって細胞が死滅することを特にアポトーシスという。

問 1 文中の(a)～(o)に入る最も適した語句を記せ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句があてはまる。

問 2 カエルの卵の不等割が生じる理由について最も適当なものはどれか。
1つ選べ。

- ア 卵の植物極側に、卵割を妨げる卵黄が多く含まれているため。
- イ 卵の動物極側に、卵割を妨げる卵黄が多く含まれているため。
- ウ 卵の植物極側に、卵割を促進する卵黄が多く含まれているため。
- エ 卵の動物極側に、卵割を促進する卵黄が多く含まれているため。

問 3 下線部①について、このようにして新しい個体をつくる生殖法を何とよぶか記せ。

問 4 下線部②に関して、先体の中身として重要な物質の名称とそのはたらきを記せ。

問 5 下線部③にあるカエルの胞胚から予定外胚葉領域(イ)と予定内胚葉領域(ロ)を切り出して培養することにより、図 1 に示した結果が得られた。単独の培養では、予定外胚葉領域は外胚葉性の組織だけに分化し、予定内胚葉領域は内胚葉性の組織に分化した。しかし、予定外胚葉領域と予定内胚葉領域を組み合わせて培養したとき、外胚葉性の組織と内胚葉性の組織に加えて、単独の培養では生じなかった中胚葉の組織も分化した。また、その後の実験により、この中胚葉組織は、すべて予定外胚葉領域に由来することがわかった。

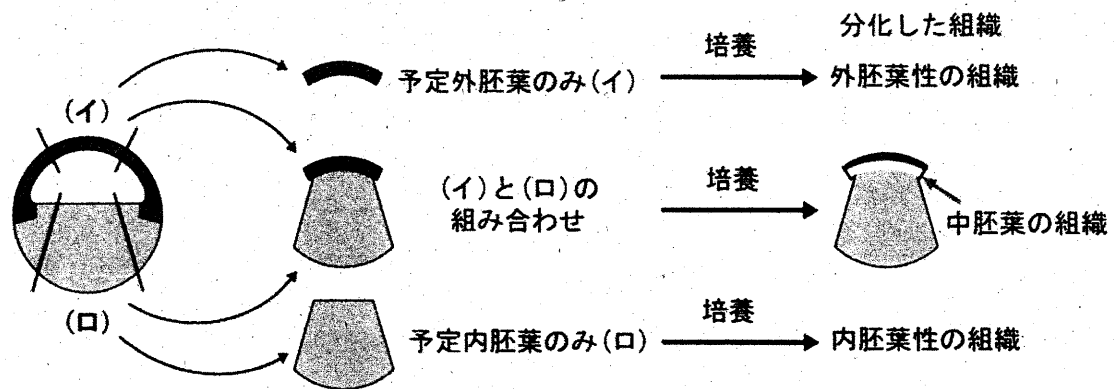


図1 中胚葉組織の誘導を示す実験

図1の実験より，胞胚から切り出した組織から中胚葉が分化誘導されるしくみとして考えられることを記せ。

問6 カエルの尾芽胚の横断面を図2に示す。図2の(a)～(e)の各構造から形成される組織・器官について最も適当な組み合わせを次のア～カから1つ選べ。

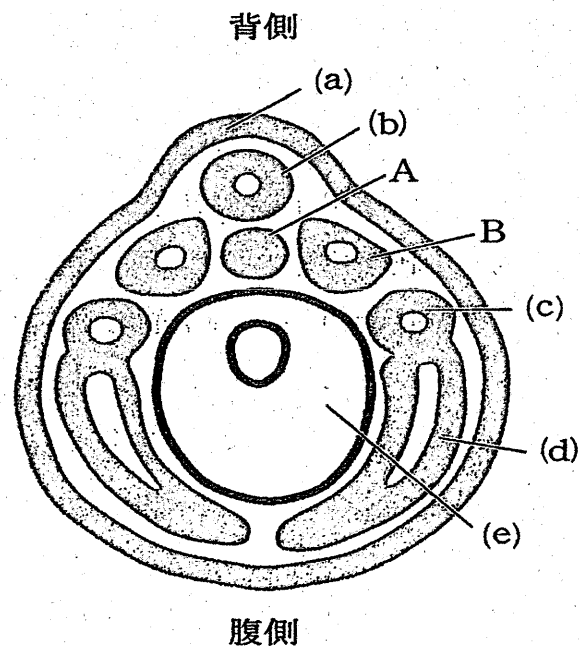


図2 尾芽胚の断面図

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
ア	網膜	脳	肝臓	心臓	すい臓
イ	角膜	真皮	腎臓	血管	肝臓
ウ	つめ	脊髄	肝臓	血管	腎臓
エ	網膜	真皮	腎臓	心臓	すい臓
オ	つめ	脳	腎臓	血管	すい臓
カ	角膜	脊髄	肝臓	真皮	腎臓

問 7 図 2 の A および B の名称を記せ。

問 8 胞胚期のカエルの胚を高塩濃度の培養液中で発生させると、中胚葉予定細胞と内胚葉予定細胞が内部に陥入せず胚の外側に出た外原腸胚(外腸胚)となる。この胚では正常な神経組織がほとんど見られない。その理由を記せ。

令和5年度(2023年度)東北大学

AO入試(総合選抜型)Ⅱ期

筆記試験③問題

令和4年11月5日

志望学部／学科	試験時間	ページ数
医学部 医学科	15:20~17:20 (120分)	17ページ

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は17ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」、「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄(1枚につき1か所)には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 特に指示がない場合は、日本語で答えなさい。
8. 解答に日本語での字数制限のある問題については、句読点も含むものとします。
9. アルファベット、数字、記号等は、1マスに1文字を書き入れなさい。
10. 試験終了後は、「解答用紙」は全て回収しますので持ち帰ってはいけません。
「問題冊子」、「メモ用紙」は持ち帰ってください。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1 以下の英文は 2011 年に出版された Peter Kareiva らの著書「Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services」についての書評である。この英文を読んで質問に答えなさい。

The taste of fresh strawberries. The sounds of the surf and kids playing on a packed shoreline. Warm sun on your back as you kayak across the bay. These visceral summer experiences, just ahead for many of us, are what *Natural Capital* is all about: How does natural capital—or ecosystems and the many species and processes that are part of them—generate benefits for people? And vitally, how will management, climate change, and other perturbations influence the provision of these benefits in the future? Through careful analysis and illustrative case studies, *Natural Capital* demonstrates how explicit consideration of these benefits, along with how and where they are produced, will enable us to more proactively and effectively sustain the world's ecosystems and the human communities that rely on them.

visceral : 直感的な

process : 作用

perturbations : 混乱

proactively : 積極的に

The science and application of ecosystem services (that is, the benefits provided by functioning ecosystems) have advanced tremendously since Gretchen Daily and colleagues presented a preliminary assessment of their value. ① Natural Capital captures the substantial progress of the past 15 years from theory to user-driven scholarship in an easily digestible yet impressive array of chapters that will be of interest to the seasoned ecologist or economist, the dedicated congressional staffer, and the conservation practitioner alike.

seasoned : experienced の意

staffer : 新聞記者

The book begins with a primer on the science of ecosystem services, which highlights why and how ecosystem services are being applied in diverse contexts, including China, Colombia, and the United States. The initial chapters also provide readers with a sense of three fundamental elements of ecosystem service assessment: quantifying the supply of services generated by ecosystems, estimating their value, and finally, assessing how they may change in response to management and other landscape-level changes.

Ecosystem service science, which is largely drawn from ecology and economics, enables us to link ecosystem state and processes (such as rates of primary productivity and decomposition) with the generation of services that people value (such as the protection from coastal storms provided by salt marshes and other coastal habitats). This distinction between processes and services highlights the importance of “mapping” services explicitly: If no one is living along a particular stretch of coast, then the marsh there does not provide a coastal protection value (although it may well offer other benefits, such as carbon sequestration, recreation areas, and fisheries nursery habitats). The largest section of the book (occupying more than half its length) presents a complementary set of “multi-tiered models for ecosystem services” including, for example, freshwater provision, forest products, and nature tourism. Although the editors state up front that these chapters are meant to stand alone, given the 106 contributors, the

decomposition : 廃棄

marsh : 沼地

explicitly : 明白に

carbon sequestration : 二酸化炭素排出抑制

volume is remarkably coherent, both in terms of the overall development of themes as well as terminology.

Importantly, ②the volume is not intended only for conservation scientists and practitioners. As several contributors note, even though only one of the United Nations Millennium Development Goals explicitly mentions the environment, fulfilling all eight of these international goals aimed at cutting global poverty will require healthy ecosystems.

The book's final chapters focus on how ecosystem services have been or could be incorporated into policy and management decisions. One chapter discusses evaluations of alternative future scenarios for land use in Oregon's Willamette Basin and in a watershed on the Hawaiian island of Oahu. Other case studies in this section include links between poverty and the environment in Kenya and the Amazon basin, the valuation of mangrove ecosystems in Thailand, and benefits provided by nearshore marine ecosystems in the Caribbean and Puget Sound, Washington. These chapters are perhaps the most interesting, as they illustrate the many challenges we will need to address if the ecosystem services approach is to be widely adopted.

③For example, incorporating adaptive behavior by resource users, governments, and other actors into ecosystem service assessments requires information and technical capacity that is at present often impossible to achieve. Yet capturing these dynamics, along with other feedbacks between social and ecological systems, is vital. Other challenges include determining appropriate policy mechanisms (e.g., cap and trade, payment schemes, or taxes), tailoring them to local institutional contexts, and simply getting this idea that humans depend on ecosystems in fundamental, diverse ways on the agendas of more government and civil society institutions.

Although *Natural Capital* does an excellent job of documenting technical advances in the field, action-oriented readers may wish that the interspersed short essays, often focused on model applications and other real-world perspectives, received more space. Hopefully a future book will pick up where this one leaves off. For the time being, those interested in incorporating ecosystem service approaches in their decision-making can find some helpful tools online.

To date, ecosystem service projects have occurred primarily in terrestrial environments, and most have been led by governments or large environmental organizations. We likely will see a greater diversity of ecosystems and institutions involved in ④the next wave of ecosystem service assessment and management. For example, ecosystem services are a centerpiece of the new U.S. National Ocean Policy, and some companies are embracing ecosystem services as a means to assess potential business strategies. By providing a roadmap for how to move from well-grounded theory to real-world practice, *Natural Capital* offers an excellent resource for these and many other emerging ecosystem service projects. Yet in order for these efforts—and this

volume : 書籍

coherent : 首尾一貫した

the United Nations

Millennium Development Goals : 国連ミレミアム開発目標 (8つの開発目標からなる)

Willamette Basin : ウィラメット川流域 (オレゴン州最大の河川流域で人口の70%が居住し、農業・漁業生産性の高い地域)

Puget Sound : ピュージェット湾 (ワシントン州にある湾で産業・物流の中心地)

cap and trade : 温室効果ガス排出取引の一種

interspersed : 散りばめられた

terrestrial : 陸上の

U.S. National Ocean Policy: National Ocean Policy provided a comprehensive plan to protect and improve the ecological health and

volume—to fulfill ⑤their promise, scholars and practitioners will need to continue to work together to assess how ecosystem services are likely to change in an uncertain future, particularly in the face of humanity's adaptation to our changing environment.

economic value of the ocean, coastal areas, and the Great Lakes

(Used with permission of American Association for the Advancement of Science, from "A Roadmap to Nature's Benefits" by HEATHER M. LESLIE, Vol 332, Issue 6035 pp. 1264-1265 DOI: 10.1126/science.1207662, Copyright © 2011; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. 一部改変)

問 1. 下線部①を日本語に訳しなさい。

問 2. 下線部②の理由を本文の内容に即して英語で述べなさい。

問 3. 下線部③で始まるパラグラフでは何に対する例があげられているのか、説明しなさい。

問 4. 下線部④はこれまでの生態系サービスという考えを取り入れた事業とどこが異なるのか。本文に即して2点述べなさい。

問 5. 下線部⑤はどのようなものと考えられるか本文に即して述べなさい。

2 以下の英文を読んで質問に答えなさい。

"I have to ask you a question before we get started," a long-time patient asked when I reached her via telephone at home: "①Are you wearing your white coat?"

We both burst out laughing at the absurdity of the image: a physician sitting at his desk, talking to a patient who cannot see him, and yet still wearing a white coat. "No, I am not," I replied, suddenly self-conscious and glad I had taken it off just minutes earlier. "But I can put it back on," I offered. "No need," she said. "But that's how I imagine you to be."

During more than 20 years of practicing medicine, I have worked on 2 different continents and in a variety of medical systems and settings. But one thing has always remained constant: the practice of medicine as an in-person endeavor.

②The potential benefits of telemedicine are many and easy to appreciate during normal times; in the times of the pandemic they are priceless. Telemedicine allows for quick contact and maintains continuity of care, especially for patients who have an established relationship with the clinician or practice. This option can be particularly helpful for patients who live in remote areas or cannot easily travel, including frail older adults. Patients can be quickly assessed and supported without the risk of being exposed to the virus. The video encounters also offer a direct glimpse into the lives of patients, an updated version of the traditional home visit, when patients can be now seen in their home environment—their bedrooms, living rooms, and kitchens. Alone, with their pets, or surrounded by children, other family members, and caregivers. Sometimes, all of them at once.

But as our experience grew in the first weeks of the pandemic, it became clear that telemedicine is not for everyone.

"Even if I have to wrap myself in a garbage bag and talk to you through a glass window, I don't care, I am coming in," one patient said. "I hate the video visits," he further announced in a gravelly voice. Another older gentleman whom I have known for years told me as we were planning the next visit: "Well, you know, I like my vitals to be taken." He had never asked about his blood pressure, heart rate, or temperature before.

But I knew what he was talking about. I missed ③the ritual too. An imposed order commands the in-person visit, and ④it travels beyond the verbal: body language, rush of emotions, physical proximity, and touch. If it goes well, there can be a sense of peace for the patient that they are cared for, and satisfaction as meaning emerges for the clinician.

Compared with the face-to-face interactions, the virtual interactions seem barren, devoid of the richness the personal contact brings. In a specialty like mine, where a lot depends on emotional connection with the patient and their caregivers, the virtual visits demanded more of me and yet felt a lot less fulfilling. And they all seemed to be plagued by annoying technical issues: a weak Wi-Fi signal, dropped connections, wrong

absurdity : 滑稽なこと

self-conscious : 自分を意識する

frail : 弱々しい

gravelly : がらがらの

phone numbers in the chart, malfunctioning headphones, or a broken phone camera. And what to do about the omnipresent background noise of a lawn mower? As I spent more time doing telemedicine visits, I noticed their cumulative effect wore on me.

omnipresent : 偏在する

mower : 草刈り機

cumulative : 累積する

oncology visits : がん外来

distractions : 気が散ること

Some of my colleagues felt frustrated too. Oncology visits are busy, information-rich encounters. A lot needs to be discussed, explained, comprehended, and planned, none of which is a straightforward task under the best of the circumstances. Accustomed to the sterile environment of a clinic room that offers few distractions, patients on video calls sometimes struggled with finding focus. "My patient was on his walk outside during the visit"—a colleague of mine complained. "I get it," he added, "it's spring and we are on lockdown, but we couldn't get anything done."

In the middle of the first week of doing telemedicine, I was in my office at the hospital and received a phone call from the clinic's receptionist. "Mr M is here and ready to be seen," she cheerfully announced. Mr M, as all new patients referred to our outpatient palliative care clinic, was scheduled to be seen in person. I felt excited, like a medical student who was promised his first actual patient to interview. I ran downstairs to see him.

outpatient : 外来患者

palliative care : 緩和医療

Mr M, a 62-year-old man, looked youthful, thin, but energetic. He was recently diagnosed with an advanced lung cancer involving a substantial portion of the left lung and growing into the surrounding pleural space. I asked him how he was coping. He said he lived alone. His wife died a few years ago. "Two weeks after our son was killed," he added. "She died of pneumonia," he told me. "I guess she was exposed to many people at the funeral."

pleural space : 胸腔

pneumonia : 肺炎

I paused for a long moment, silent, needing time and space to process things, and to hold the enormity of what he said somewhere between us. After losing 2 dearest family members in the space of weeks, he was now facing life-threatening cancer amidst a pandemic. "Sometimes things get heavy," he said, as if hearing my thoughts.

enormity : 重大性

amidst : ~の中

After I examined him, I sat down close to him. Both of us wearing face masks, our eyes met. I reviewed the plan and proposed that we see each other in 2 weeks, and he gladly agreed. I got up to leave, and in an old habit I extended my hand to shake his. He saw my mistake and bent his elbow, stretching it toward me. We bumped in an awkward angular move and laughed under our masks. On my way back to my office, I took the long way around the clinic building, climbing stairs in the usually empty part of our hospital.

Times are chaotic now. For all of us. Our health care systems struggle to provide the best care possible. Telemedicine has proven to be incredibly useful, and it is here to stay. Over time, supporting technology and systems will make virtual visits more efficient, better coordinated, and hopefully, more patient-friendly.

But there is no doubt that the virtual visit is a fundamental alteration to the patient-physician encounter. Recent weeks have brought a massive and hurried adaptation that risks changing the ancient and sacrosanct practice of medicine. And as news,

sacrosanct : 極めて神聖な

discoveries, ideas, and policies spin around in a flurry, now more than ever we must anchor ourselves in and cherish the wisdom of personal interactions. The place where it all starts.

flurry : 突風

(Marcin Chwistek, JAMA. 2020 Jul 14; 324(2):149-150. Copyright © 2020 American Medical Association. All rights reserved. 一部改変)

問 1. 下線①の発言の理由として患者が述べたことを日本語に訳して述べなさい。

問 2. 下線②について、筆者は telemedicine にはどのような利点があると考えているか述べなさい。

問 3. Telemedicine と対局をなす診察について筆者は複数の表現を使用している。その中から 1 つ 英語 で抜き出しなさい。

問 4. 下線③が指す内容を説明しなさい。

問 5. Mr M (8 ページ目の第 3 パラグラフに登場する) の診察において、下線④にあたるのはどのようなことか述べなさい。

3 以下の英文を読んで質問に答えなさい。

During the pandemic, technology companies have been pitching their emotion-recognition software for monitoring workers and even children remotely. Take, for example, a system named 4 Little Trees. Developed in Hong Kong, the program claims to assess children's emotions while they do classwork. It maps facial features to assign each pupil's emotional state into a category such as happiness, sadness, anger, disgust, surprise and fear. It also gauges 'motivation' and forecasts grades. Similar tools have been marketed to provide surveillance for remote workers. By one estimate, the emotion-recognition industry will grow to US\$37 billion by 2026.

There is deep scientific disagreement about whether AI can detect emotions. A 2019 review found no reliable evidence for it. "Tech companies may well be asking a question that is fundamentally wrong," the study concluded.

And there is growing scientific concern about the use and misuse of these technologies. Last year, Rosalind Picard, who co-founded an AI start-up called Affectiva in Boston and heads the Affective Computing Research Group at the Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, said she supports regulation. ① Scholars have called for mandatory, rigorous auditing of all AI technologies used in hiring, along with public disclosure of the findings. In March, a citizen's panel convened by the Ada Lovelace Institute in London said that an independent, legal body should oversee development and implementation of biometric technologies. Such oversight is essential to defend against systems driven by ② what I call the phrenological impulse: drawing faulty assumptions about internal states and capabilities from external appearances, with the aim of extracting more about a person than they choose to reveal.

Countries around the world have regulations to enforce scientific rigour in developing medicines that treat the body. Tools that make claims about our minds should be afforded at least the same protection. For years, scholars have called for federal entities to regulate robotics and facial recognition; that should extend to emotion recognition, too. It is time for national regulatory agencies to guard against unproven applications, especially those targeting children and other vulnerable populations.

Lessons from clinical trials show why regulation is important. Federal requirements and subsequent advocacy have made many more clinical-trial data available to the public and subject to rigorous verification. This becomes the bedrock for better policymaking and public trust. Regulatory oversight of affective technologies would bring similar benefits and accountability. It could also help in establishing norms to counter overreach by corporations and governments.

The polygraph is a useful parallel. This 'lie detector' test was invented in the 1920s and used by the FBI and US military for decades, with inconsistent results that harmed thousands of people until its use was largely prohibited by federal law. It wasn't until 1998 that the US Supreme Court concluded that "there was simply no consensus that

AI: artificial intelligence

auditing : 監査

convene : 召集する

oversee : 監督する

implementation : 実施

phrenological : 骨相学的

rigour : 厳格性

advocacy : 圧力

bedrock : 根底

accountability : 責任

polygraph evidence is reliable”.

A formative figure behind the claim that there are universal facial expressions of emotion is the psychologist Paul Ekman. In the 1960s, he travelled the highlands of Papua New Guinea to test his controversial hypothesis that all humans exhibit a small number of ‘universal’ emotions that are innate, cross-cultural and consistent. Early on, anthropologist Margaret Mead disputed this idea, saying that it discounted context, culture and social factors.

innate : 生来の

But the six emotions Ekman described fit perfectly into the model of the emerging field of computer vision. As I write in my 2021 book *Atlas of AI*, his theory was adopted because it fit what the tools could do. Six consistent emotions could be standardized and automated at scale — as long as the more complex issues were ignored. Ekman sold his system to the US Transportation Security Administration after the 11 September 2001 terrorist attacks, to assess which airline passengers were showing fear or stress, and so might be terrorists. It was strongly criticized for lacking credibility and for being racially biased. However, many of today’s tools, such as 4 Little Trees, are based on Ekman’s six-emotion categorization. (Ekman maintains that faces do convey universal emotions, but says he’s seen no evidence that automated technologies work.)

credibility : 信憑性

Yet companies continue to sell software that will affect people’s opportunities without clearly documented, independently audited evidence of effectiveness. Job applicants are being judged unfairly because their facial expressions or vocal tones don’t match those of employees; students are being flagged at school because their faces seem angry. Researchers have also shown that facial-recognition software interprets Black faces as having more negative emotions than white faces do.

We can no longer allow emotion-recognition technologies to go unregulated. It is time for legislative protection from unproven uses of these tools in all domains — education, health care, employment and criminal justice. These safeguards will recentre rigorous science and reject the mythology that internal states are just another data set that can be scraped from our faces.

mythology : 神話

出典 : Kate Crawford. Nature, 2021 (一部改変)

(Used with permission of Nature, from "Time to regulate AI that interprets human emotions" by Kate Crawford, Nature 592, 167 (2021), © 2021 Springer Nature ; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. 一部改変)

問 1. 下線部①を日本語に訳しなさい。

問 2. 下線部②の内容を日本語 60 字以内で説明しなさい。

問 3. 本文中で述べられている心理学者 Paul Ekman の仮説を日本語 40 字以内で述べなさい。

問 4. emotion recognition software に関して筆者が指摘している問題点を 3 つあげなさい。

問 5. この文章のタイトルに最も当てはまるものを下記の選択枝から選びなさい。

- (ア) Time to facilitate AI that interprets human emotions
- (イ) Time to push unproven AI tools into workplaces and schools
- (ウ) Time to pitch emotion-recognition software with AI
- (エ) Time to regulate AI that interprets human emotions
- (オ) Time to examine whether AI can detect emotions

4 以下のマイクロバイオーーム (microbiome) に関する英文を読んで質問に答えなさい。なお、マイクロバイオーームに関しては以下の説明を参考にする。

マイクロバイオーーム：生物界における微生物の集合体を意味し、試料中の微生物の遺伝情報の中の微生物種に特異的な DNA 配列を網羅的に調べることでその試料中に存在する微生物の総体を明らかにすることができる。

A wealth of new biosynthetic pathways from the global ocean microbiome

The mission

The ocean covers 71% of Earth's surface and contains 97% of its water. Each drop of seawater contains thousands of microbial cells — mostly bacteria and archaea — living in communities that contribute to the global ocean microbiome. However, genetic sequencing of ocean samples has shown that more than two-thirds of marine microbial-community DNA (metagenomes) cannot be associated with known species because most microorganisms cannot currently be grown in the laboratory. ① This means that there is vast, uncharted biodiversity in the global ocean microbiome — particularly in the deep ocean and polar regions— and probably also many undiscovered biosynthetic pathways that produce biochemical compounds with diverse ecological and cellular functions. We set out to establish a genomic resource that better represents microbes in oceans around the world and to explore the potential of this chemical treasure trove for the development of useful biocatalysts and therapeutic leads.

The discovery

Thanks to decades of ocean sampling, such as that done by the *Tara* Oceans expedition, we were able to analyse metagenomes from more than 1,000 water samples collected at 215 ocean sites around the world and at several depths. We used state-of-the-art computational methods to reconstruct 26,293 microbial genomes and uncovered more than 2,700 undescribed species. We integrated these with publicly available genomes to build the Ocean Microbiomics Database (Fig. 1), which captured 40–60% of open-ocean metagenomic data. Mining this resource revealed around 40,000 biosynthetic gene clusters (BGCs) — groups of genes predicted to encode pathways for the synthesis of around 7,000 biochemical compounds, more than half of which are likely to be new. In addition to their important ecological roles, many of these compounds or specialized metabolites could have drug-like properties.

Our analyses uncovered a lineage of bacteria with an unusually high number and diversity of BGCs and showed that it is part of the under-explored phylum 'Candidatus Eremiobacterota'. We named this new family 'Candidatus Eudoremicrobiaceae', after Eudore, the Nereid (sea nymph) of fine gifts in Greek mythology. By expressing two of these BGCs in bacterial hosts, we characterized new biosynthetic enzymes and natural products. The phospeptin pathway produces a

biosynthetic：生合成

(生きている細胞内で物質が合成されること) の

microbial：微生物の

archaea：古細菌

metagenome：微生物群の遺伝情報

uncharted：未知の

treasure trove：宝庫

therapeutic：治療上の

state-of-the-art：最先端の

synthesis：合成

lineage：系統

phylum：門*

family：科* (*生物は界→門→綱→目→科→属→種の順に階層分類される)

phospeptin：リン酸化鎖状ペプチド

peptide that inhibits protease enzymes, providing a chemical template for the development of therapeutics. Furthermore, the pythonamide pathway encodes a massive peptide in a new enzyme family that catalyses the addition of methyl groups to the backbone of peptides — a reaction that could be used in biotechnological processes. These pythonamides are among the most complex natural products revealed so far from uncultivated microbes through synthetic biology.

protease : プロテアーゼ
(タンパク質分解酵素)

pythonamide : アミド化
長鎖ペプチド

The implications

Our work provides an unprecedented picture of the biosynthetic activities of microbes in the world's oceans. It generates an atlas to guide future research in fields including marine ecology, evolution, biotechnology and natural-product drug discovery.

We also demonstrated that combined computational and molecular methods can help to identify functions for genetic sequences even for little-known microbial phyla, for which members have not been cultivated in the lab.

phyla : phylum の複数形

We observed some discrepancies between our computational predictions for and biochemical characterization of the phospeptin and pythonamide biosynthetic pathways, showing that there are limits to the accuracy with which we can infer enzyme reactions and natural-product structures by comparing gene sequences with previously known ones. Experimental validation therefore remains an essential step for the discovery of biological functions and compounds.

We chemically characterized only two of thousands of predicted pathways in our data set, meaning that a wealth of biosynthetic enzymes and chemical compounds have yet to be investigated. The Ocean Microbiomics Database is freely available at <https://microbiomics.io/ocean/> as a resource for the research community. We invite scientists worldwide to join us in exploring marine microbial diversity to uncover new enzymes, pathways and specialized metabolites, and to elucidate their ecological functions and potential uses.

出典 : Lucas Paoli. Nature, 2022 (一部改変)

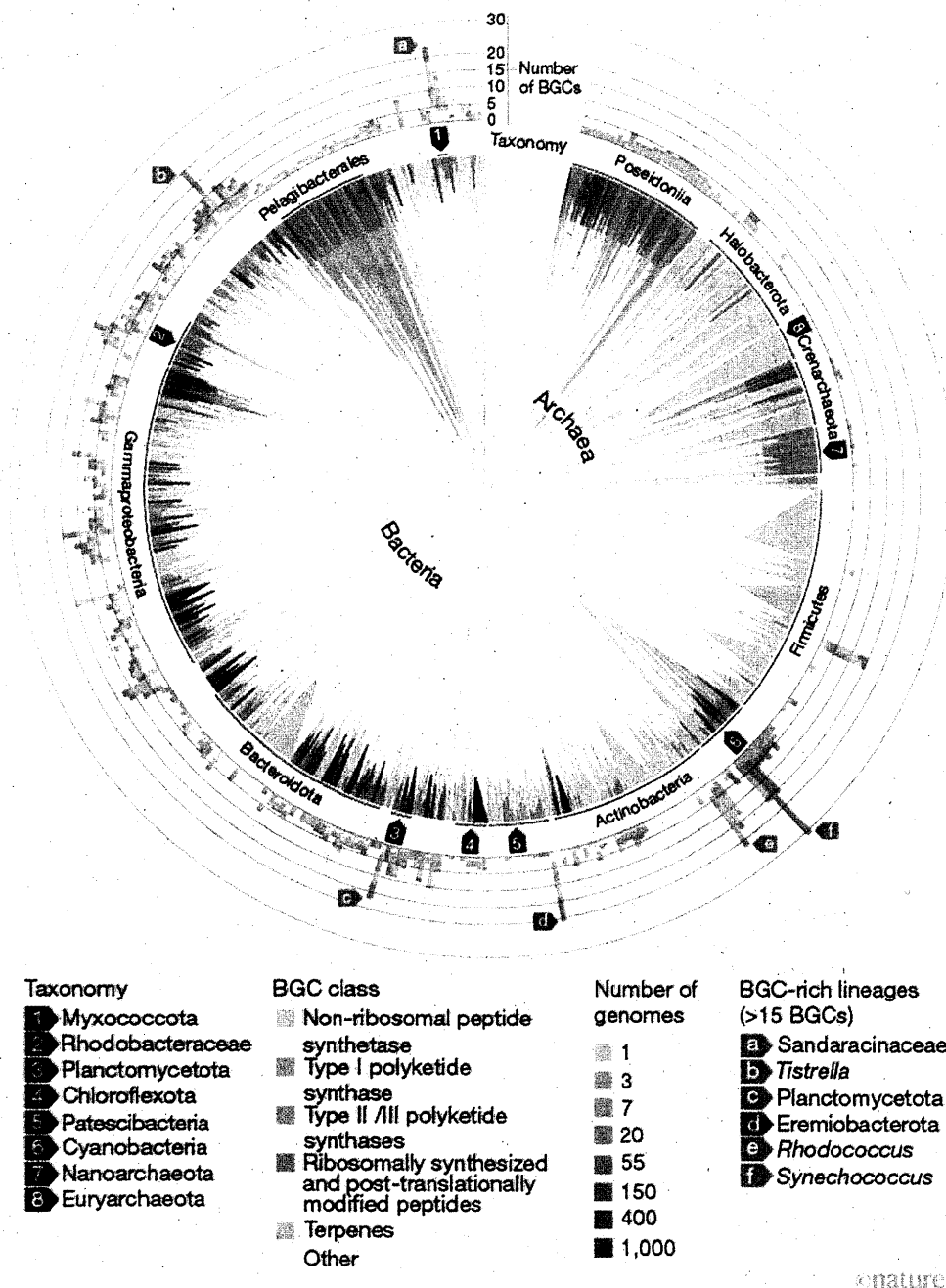


Figure 1 | Overview of biosynthetic gene clusters in the Ocean Microbiomics Database.

Biosynthetic gene cluster (BGC) diversity overlaid on the phylogenetic tree of a classification system known as the Genome Taxonomy Database. Branches are coloured on the basis of the number of genomes in the Ocean Microbiomics Database for that lineage. Taxonomy is indicated on the tree or using black arrows. Outer bars correspond to the highest number of BGCs for a given genome in that part of the tree, and are coloured according to the BGC class. Grey arrows indicate BGC-rich lineages. The red arrow indicates the uncultivated phylum 'Ca. Eremiobacterota', which contains the family of bacteria described in this study. Credit: Paoli, L. *et al.*/Nature (CC BY 4.0)

taxonomy:分類

問 1. 下線部①は何を指すか，説明しなさい。

問 2. Biosynthetic gene cluster (BGC)とはどのようなものか説明しなさい。

問 3. 著者らは新しい細菌科 (family) を発見したと述べているが，どのような特徴を持つのか説明しなさい。

問 4. 15 ページの Figure 1 を参照して，最も多くの BGC を含む微生物の系統 (lineage) は何か英語で答えなさい。

問 5. The implication のパラグラフの要旨をまとめた以下の文章の空欄を埋めなさい。

筆者たちの研究は（ ア ）を提供するので、今後様々な分野の研究に活用できる。
また（ イ ）と（ ウ ）を合わせて使うことでほとんど知られていなかった遺伝子配列の機能を特定することを手助けできるが、（ エ ）には限界があるので（ オ ）が必要である。まだ多くの生合成酵素と化学化合物が調査されていないので世界中の科学者たちに参加してほしい。

——このページは白紙——

令和 5 年度（2023 年度）東北大学

AO 入試（総合選抜型）III 期

筆記試験問題

令和 5 年 2 月 11 日

志望学部／学科	試 験 時 間	ページ数
医 学 部 医 学 科	9:30～11:30 (120 分)	21 ページ

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は 21 ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」、「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（1 枚につき 1 か所）には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 特に指示がない場合は、日本語で答えてください。
8. 日本語での字数の指定がある場合は句読点、数字、アルファベット、記号も 1 字として数えてください。
9. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」、「メモ用紙」は持ち帰ってください。

———このページは白紙———

———このページは白紙———

1 以下の英文を読んで質問に答えなさい。

We define “fake news” to be fabricated information that mimics news media content in form but not in organizational process or intent. Fake-news outlets, in turn, lack the news media's editorial norms and processes for ensuring the accuracy and credibility of information. Fake news overlaps with other information disorders, such as misinformation (false or misleading information) and disinformation (false information that is purposely spread to deceive people).

fabricated : 捏造された
mimic : 真似る

Fake news has primarily drawn recent attention in a political context, but it also has been documented in information promulgated about topics such as vaccination, nutrition, and stock values. It is ① particularly pernicious in that it is parasitic on standard news outlets, simultaneously benefiting from and undermining their credibility.

promulgated : 広める
pernicious : 有害な

Some—notably First Draft and Facebook—favor the term “false news” because of the use of fake news as a political weapon. We have retained it because of its value as a scientific construct, and because its political salience draws attention to an important subject.

First Draft : オンライン
で誤情報や偽情報と戦う
プロジェクトの一つ
Facebook : オンラインソ
ーシャルメディアの一つ
salience : 論点
backlash : 反動
oligopoly : 売り手寡占

② Journalistic norms of objectivity and balance arose as a backlash among journalists against the widespread use of propaganda in World War I (particularly their own role in propagating it) and the rise of corporate public relations in the 1920s. Local and national oligopolies created by the dominant 20th century technologies of information distribution (print and broadcast) sustained these norms. The internet has lowered the cost of entry to new competitors—many of which have rejected those norms—and undermined the business models of traditional news sources that had enjoyed high levels of public trust and credibility. General trust in the mass media collapsed to historic lows in 2016, especially on the political right, with 51% of Democrats and 14% of Republicans expressing “a fair amount” or “a great deal” of trust in mass media as a news source.

undermine : 侵害する

The United States has undergone a parallel geo- and sociopolitical evolution. Geographic polarization of partisan preferences has dramatically increased over the past 40 years, reducing opportunities for cross-cutting political interaction. Homogeneous social networks, in turn, reduce tolerance for alternative views, amplify attitudinal polarization, boost the likelihood of accepting ideologically compatible news, and increase closure to new information. Dislike of the “other side” (affective polarization) has also risen. These trends have created a context in which ③ fake news can attract a mass audience.

partisan : 党派心が強い
人

How common is fake news, and what is its impact on individuals? There are surprisingly few scientific answers to these basic questions.

In evaluating the prevalence of fake news, we advocate focusing on the original sources—the publishers—rather than individual stories, because we view the defining element of fake news to be the intent and processes of the publisher. A focus on publishers

also allows us to avoid the morass of trying to evaluate the accuracy of every single news story.

morass : 泥沼

One study evaluating the dissemination of prominent fake news stories estimated that the average American encountered between one and three stories from known publishers of fake news during the month before the 2016 election. This likely is a conservative estimate because the study tracked only 156 fake news stories. ④ Another study reported that false information on Twitter is typically retweeted by (A) people, and more (B), than true information, especially when the topic is (C). Facebook has estimated that manipulations by malicious actors accounted for less than one-tenth of 1% of civic content shared on the platform, although it has not presented details of its analysis.

dissemination : 流布

Twitter : ソーシャルネットワーキングサービスの一つ

malicious : 悪意のある

We do know that, as with legitimate news, fake news stories have gone viral on social media. However, knowing how many individuals encountered or shared a piece of fake news is not the same as knowing how many people read or were affected by it. Evaluations of the medium-to-long-run impact on political behavior of exposure to fake news (for example, whether and how to vote) are essentially nonexistent in the literature. The impact might be small—evidence suggests that efforts by political campaigns to persuade individuals may have limited effects. However, mediation of much fake news via social media might accentuate its effect because of the implicit endorsement that comes with sharing. Beyond electoral impacts, what we know about the effects of media more generally suggests many potential pathways of influence, from increasing cynicism and apathy to encouraging extremism. There exists little evaluation of the impacts of fake news in these regards.

mediation : 仲裁

accentuate : 強調する

implicit endorsement : お墨付き

cynicism : 冷笑

apathy : 無関心

extremism : 極論主義

(Reprinted with permission from AAAS, from The science of fake news, by David M. J. Lazer, Matthew A. Baum, Yochai Benkler, Adam J. Berinsky, et al. © 2018 American Association for the Advancement of Science; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc. 一部改変)

問1. Fake news が下線部① particularly pernicious である理由を本文に即して述べなさい。

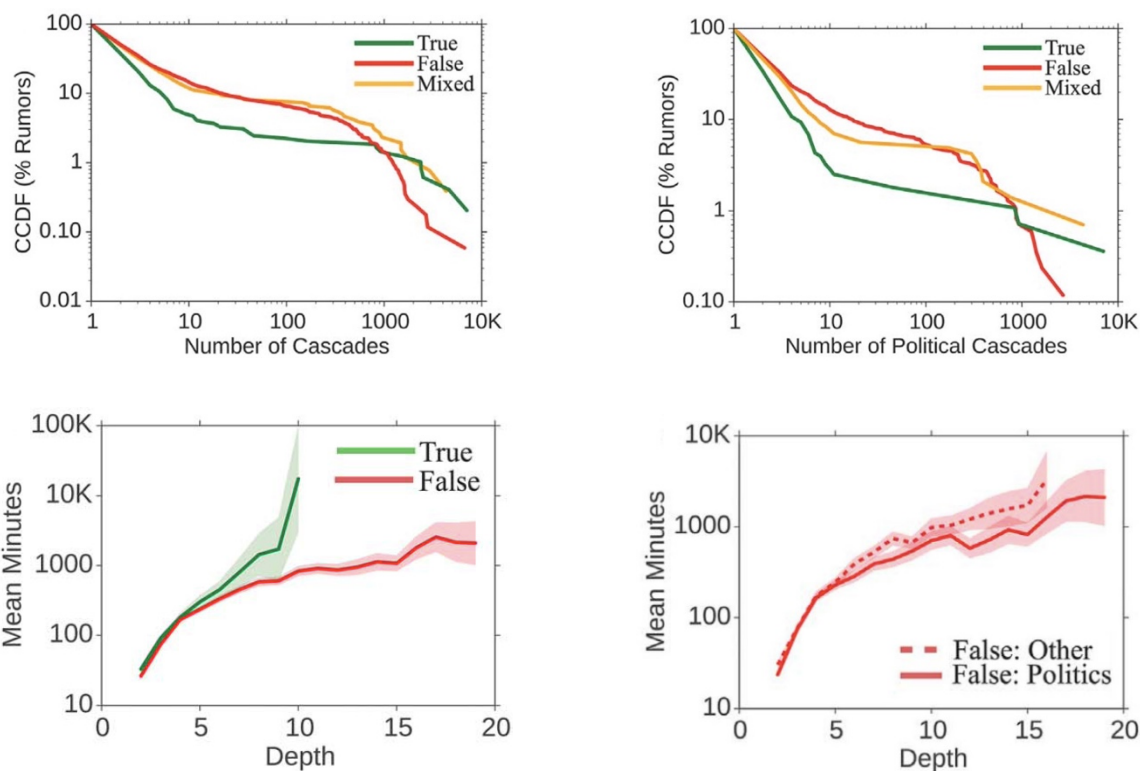
問2. 下線部② Journalistic norms of objectivity and balance はどのように生まれ、20 世紀まで維持されてきたのか本文に即して述べなさい。

問3. 下線部③ fake news can attract a mass audience の理由を本文に即して述べなさい。

——次ページに続く

問4. 下線部④の“Another study”に該当する論文に記載されているグラフを以下に示す。グラフから推察して、空欄 (A) , (B) , (C) に入る語を下記のア～カから選び答えなさい。

ア. business イ. lesser ウ. more エ. politics オ. rapidly カ. slowly



グラフの説明：上段のグラフは全ツイートのうち X 回以上のカスケード（連続的伝達）があったツイートの割合(%)をツイートの種類別に示している。下段のグラフはカスケード（連続的伝達）の量 (Depth) とそれに要した平均時間(Mean Minutes)の関係をツイートの種類別に示している。

問5. "fake news" に関する研究の課題について、最終パラグラフの内容を参考にして日本語 150 字～180 字程度で述べなさい。

———このページは白紙———

2 以下の英文を読んで質問に答えなさい。

Overcoming an evolutionary barrier

The scientists working to find and develop plastic-[①] organisms must contend with a basic reality: evolution. Microbes have had millions of years to learn how to biodegrade organic matter such as fruits and tree bark. They have had barely any time at all to learn to decompose plastics, which did not exist on Earth at any scale before roughly 1950.

microbe:微生物

biodegrade : 生物分解される

decompose:分解する

“Seaweed has been around for hundreds of millions of years, so there is a variety of microbes and organisms that can break it down,” said Pierre-Yves Paslier, the co-founder of a British company, Notpla, that is using seaweed and other plants to make films and coatings that could replace some types of plastic packaging. By contrast plastic is very new, he said.

Still, recent discoveries of plastic-[①] microorganisms show that evolution is already getting to work. A year after the 2016 discovery of *Ideonella sakaiensis* in Osaka, scientists reported a fungus able to degrade plastic at a waste disposal site in Islamabad, Pakistan. In 2017 a biology student at Reed College in Oregon analyzed samples from an oil site near her home in Houston, Texas, and found they contained plastic-[①] bacteria. In March 2020, German scientists discovered strains of bacteria capable of degrading polyurethane plastic after collecting soil from a brittle plastic waste site in Leipzig.

microorganism:微生物

fungus : 真菌（カビ）類

brittle:もろい

② In order to make any of these naturally-occurring bacteria useful, they must be bioengineered to degrade plastic hundreds or thousands of times faster. Scientists have enjoyed some breakthroughs here, too. In 2018 scientists in the U.K. and U.S. modified bacteria so that they could begin breaking down plastic in a matter of days. In October 2020 the process was improved further by combining the two different plastic-[①] enzymes that the bacteria produced into one “super enzyme.”

naturally-occurring : 自然発生の

bioengineer : 生物工学によってつくる

enzyme : 酵素

The first large-scale commercial applications are still years away, but within sight. Carbios, a French firm, could break ground in coming months on a demonstration plant that will be able to enzymatically biodegrade PET plastic.

This could help companies such as PepsiCo and Nestle, with whom Carbios is partnering, achieve longstanding goals of incorporating large amounts of recycled material back into their products. They’ve so far failed to succeed because there has never been a way to sufficiently break down plastic back into more fundamental materials. (Because of this, most plastic that is recycled is only ever used to make lower-quality items, such as carpets, and likely won't ever be recycled again.)

“Without ③ new technologies, it’s impossible for them to meet their goals. It’s just impossible,” said Martin Stephan, deputy CEO of Carbios.

Besides plastic-[①] bacteria, some scientists have speculated that it may be possible to use nanomaterials to decompose plastic into water and carbon dioxide. One 2019 study in the journal Matter demonstrated the use of “magnetic spring-like carbon

nanomaterial : ナノマテリアル

nanotubes” to biodegrade microplastics into carbon dioxide and water.

The challenges ahead

④ Even if these new technologies are one day deployed at scale, they would still face major limitations and could even be dangerous, experts caution.

Of the seven major commercial types of plastic, the plastic-[①] enzyme at the heart of several of the recent breakthroughs has only been shown to digest one, PET. Other plastics, such as HDPE, used to make harder materials such as shampoo bottles or pipes, could prove more difficult to biodegrade using bacteria.

Nor are the bacteria able to degrade the plastic all the way back into their core elemental building blocks, including carbon and hydrogen. Instead, they typically break up the polymers out of which plastics are composed back into monomers, which are often useful only to create more plastics. The Carbios facility, for example, is intended only to convert PET plastic back into a feedstock for the creation of more plastics.

Even if one day it becomes possible to mass produce bacteria that can be sprayed onto piles of plastic waste, such an approach could be dangerous. Biodegrading the polymers that comprise plastic risks releasing chemical additives that are normally stored up safely inside the un-degraded plastic.

Others point out that there are potential unknown side-effects of releasing genetically engineered microorganisms into nature. “Since most likely genetically engineered microorganisms would be needed, they cannot be released uncontrolled into the environment,” said Wolfgang Zimmerman, a scientist at the University of Leipzig who studies biocatalysis.

Similar issues constrain the potential use of nanomaterials. Nicole Grobert, a nanomaterials scientist at Oxford University, said that the tiny scales involved in nanotechnology mean that widespread use of new materials would “add to the problem in ways that could result in yet greater challenges.”

The best way to beat the plastic waste crisis, experts say, is by switching to reusable alternatives, such as Notpla's seaweed-derived materials, ensuring that non-recyclable plastic waste ends up in a landfill rather than in the environment, and using biodegradable materials where possible.

elemental : 元素の

polymer : 重合体

monomer : 単量体

feedstock : 供給材料

chemical additive : 化学添
加物

biocatalysis : 生体触媒

landfill : ゴミ処理地

(Reprinted from "The Race To Develop Plastic-Eating Bacteria" by EDITORS' PICK . From Forbes. © 2021 Forbes. All rights reserved. Used under license. 一部改変)

問 1. [①]に入るのに適切な言葉を以下から選びなさい。

- ア) burning
- イ) eating
- ウ) producing
- エ) squashing
- オ) transporting

問 2. プラスチックを分解する微生物が少ない理由を本文に即して述べなさい。

問 3. 下線部②の目的のために科学者たちは具体的にどのような工夫をしたか, 本文に即して述べなさい。

問 4. 下線部③に相当する実際に発表された具体的な例としてどのようなものがあげられているか, 本文に即して述べなさい。

問 5. 下線部④で述べられている大きな制約・危険性とはどのようなことか, 本文に即して 5 点述べなさい。

———このページは白紙———

3 以下の英文を読んで質問に答えなさい。

CO₂ but not as you know it

What might be the most demonized molecule on the planet? Perhaps hydrogen cyanide, the ingestion of which can cause coma and death? Or nicotine, an addictive component in cigarettes and the forerunner to bee-killing neonicotinoids? Another strong contender is hydrogen peroxide, which can be easily combined with acetone to make the explosive triacetone triperoxide (dubbed ‘Mother of Satan’) that was used in several terrorist attacks in the past few years. But I argue that in recent history it is carbon dioxide, CO₂, that has been the most demonized. One of the first molecules to appear when Earth was formed 4.5 billion years ago, CO₂ has been key to the formation of the biosphere and is paramount for the continuation of life on Earth. It is essential for plant growth through the process of photosynthesis, and without it we wouldn’t have the variety of fruit, vegetables and grains that we currently take for granted. Recently, it has been used to stimulate larger crop size in greenhouses.

Crucially, CO₂ in our atmosphere has made life on Earth possible for humans; by absorbing infrared radiation from the sun and re-radiating it to Earth, it has brought the planet’s surface temperature to a life-supporting 15 °C, as opposed to –18 °C otherwise. It also dissolves in the ocean to form calcium carbonate (CaCO₃), the building block for marine shells and skeletons, thus enabling marine life to flourish.

The dissolution of CO₂ in potable water was used by sailors across the oceans after Joseph Priestley suggested it as a cure for scurvy. Priestley didn’t profit from his idea, but J. J. Scheppe formed the Scheppees company in 1783, which still turns a profit to this day. This drinks carbonation process is still applied, using CO₂ from various sources — including captured directly from the atmosphere, by the Swiss company Climeworks.

Carbon dioxide also serves as a carbon source in industrial processes to make urea (a fertilizer), salicylic acid (for aspirin) and as a green solvent in its supercritical form. With all these life-giving and productive effects, how did CO₂ gain such a bad reputation? The answer is of course global heating. Eunice Foote first noted the warming effect of CO₂ in 1856 in her paper entitled “Circumstances affecting the heat of the sun’s rays”. Her experiment involved her putting two cylindrical receivers containing thermometers in direct sunlight. One cylinder contained ‘common air’ and the other contained ‘carbonic acid gas’ (the archaic name for CO₂). Eunice Foote noted that “the receiver containing the gas became itself much heated (...) and on being removed [from direct sunlight], it was many times as long in cooling [compared with the receiver containing ‘common air’].” She also proposed that if, in history, there had been more CO₂ in the atmosphere, it would have resulted in a higher temperature on Earth. Five years later, but with no reference to Eunice Foote’s work, John Tyndall published a paper observing that CO₂ could absorb heat, and he also made the link between increasing CO₂ concentrations and a change in the climate.

Since the Industrial Revolution began in 1850 we have converted more and more

demonized : 悪魔のよう
な

coma : 昏睡

forerunner : 先駆者

hydrogen peroxide : 過
酸化水素

biosphere : 生物圏

photosynthesis : 光合成

infrared radiation : 赤外
線放射

potable : 飲用できる

scurvy : 壊血病

fertilizer : 肥料

green solvent : 環境に優
しい溶媒

hydrocarbons into CO₂ gas. This activity has increased the atmospheric concentration of CO₂ by almost 50%, (from 278 ppm to 417 ppm), and has led to a surface temperature rise of 1.2 °C since pre-industrial levels. This is destabilizing the planet, resulting in more frequent extreme weather events, famine, marine death, loss of habitat, rising sea levels, and homes across the world being lost to the ocean, all leading to millions of climate refugees. Industrial clusters around the UK are piloting the capture of CO₂ from cement, steel and other heavy-emitting processes. Year after year we are promised this as the ① ‘silver bullet’ to fix the climate emergency by the UK government, but time is running out and no appreciable scale has yet been reached.

destabilize : 不安定にする

It would thus be easy to conclude by commenting on the power of such a small molecule to effect so much change across our planet. Actually, CO₂ is innocent in all of this. Rather than demonizing the molecule we should celebrate it and treat it with respect. Carbon dioxide supports life on Earth. We humans are the reason our planet is becoming uninhabitable. We need to take responsibility for increasing the concentration of CO₂ in our atmosphere — and urgently act to slow global emissions. I still have a modicum of hope that we can create a safer atmosphere, but there is no denying that we are in dire circumstances. What will you do to take charge of your own emissions, at home and at work?

modicum : わずか

dire : 恐ろしい

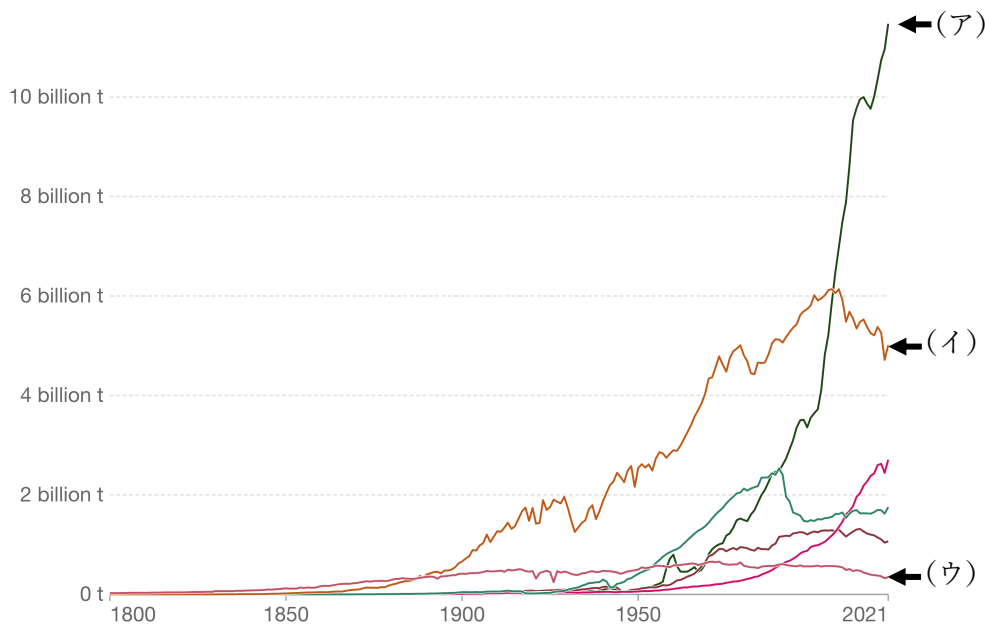


Figure 1. Annual CO₂ emissions

The distribution of emissions has changed significantly over time. The U.K. was – until 1888, when it was overtaken by the U.S.A. – the world’s largest emitter. The world’s largest emitter today is China, followed by the U.S.A. and India. Emissions from these three countries account for more than half of global emissions.

(Reproduced with permission from Springer Nature, from CO2 but not as you know it,
by Jennifer A. Rudd, © 2022 Springer Nature Limited ; permission conveyed through
Copyright Clearance Center, Inc. 一部改変)
図出典：Our World in Data (一部改変)

- 問1. 本文中に述べられている CO₂ の有用性を筆者があげている例の中から 4 点述べなさい (各々 20 字以上)。
- 問2. CO₂ の bad reputation のきっかけになった実験の内容を 120 字以内で述べなさい。
- 問3. CO₂ ガスが急激に増加することになった歴史上の出来事と、それにより引き起こされた事象を 120 字以内で述べなさい。
- 問4. 下線部①はどのような意味で用いられていると考えられるか、本文中の説明から推察し日本語 20 字程度で述べなさい。
- 問5. Figure 1 は”Our World in Data”から引用した、国別 CO₂ 排出量の推移を示している (縦軸：CO₂ 排出量、横軸：年代)。グラフ上のア、イ、ウに合致すると考えられる国・地域名を以下から選び答えなさい。
- a. China (中国)
 - b. India (インド)
 - c. Japan (日本)
 - d. U.K. (イギリス)
 - e. U.S.A. (アメリカ合衆国)

——このページは白紙——

4 以下は 2000 年に発表された英文である。この英文を読んで質問に答えなさい。

Imaging black holes

Black holes hold an almost mythical attraction for layperson and scientist alike. A black hole is an object so massive and compact that gravity prevents even light from escaping. The gravitational effect of a black hole on nearby objects provides compelling indirect evidence that they exist, but the ultimate proof has yet to come — a direct image of the ‘black dot’.

Cash et al. present the first laboratory demonstration of an X-ray interferometer that will be useful to astronomers. Their approach will make it much easier to achieve the angular resolution of 0.1 to 1.0 microarcseconds required to obtain an X-ray image of black holes in the centre of nearby galaxies. Astronomers divide up the sky into angular degrees, so that 90° is the distance from the horizon to a point directly overhead (there are 60 arcminutes in a degree and 60 arcseconds in a minute). Apart from satisfying our curiosity as to what the region surrounding a black hole looks like, this advance will allow us to directly observe effects predicted by Einstein’s theory of general relativity under the most extreme gravity fields known. It will also provide a formidable tool that will open new vistas on a wide range of astronomical phenomena.

The X-ray band is the prime hunting ground for finding and studying black holes, as shown by the first bona fide ‘black hole candidate’, Cygnus X-1, an X-ray source discovered in the 1960s. Bright X-rays are the result of large amounts of gravitational energy being released as the black hole attracts material from a nearby star or within its host galaxy. This material forms a swirling, orbiting disk falling towards the black hole — much like the flow of water down a drain (Fig. 1). Close to the ① ‘event horizon’, the theoretical border of a black hole inside which nothing can escape, friction superheats the material to many millions of kelvin, which is mostly radiated as X-rays. The black hole’s strong gravity causes distortions of space-time that are imprinted on the emerging X-rays. Observations of supermassive black holes in the centre of nearby galaxies have already revealed this signature in the spectral features of X-rays.

Increasing the angular resolution of telescopes is one of astronomy’s main goals, ② but it is never easy. Even the most perfectly shaped telescope is ultimately limited by the size of its aperture, also known as the diffraction limit. This is dictated by the wavelength of the incoming light divided by the diameter of the telescope. The bigger the telescope, the better the angular resolution it can achieve. The Hubble Space Telescope has a 2.4-metre diameter with an angular resolution of 0.1 arcsecond, which is close to the diffraction limit. Achieving microarcsecond resolution would require a 100,000-fold increase in the Hubble telescope diameter to 240 kilometres.

Fortunately, there is a way of achieving such resolution without building impossibly large telescopes. An interferometer combines the light from several small telescopes to create an image with a resolution as if it had come from a much larger telescope. The light

mythical : 神話の

layperson : 俗人

gravitational : 重力の

interferometer : 干渉計

angular : 角度の

microarcseconds : 1×10^{-6}
秒角

formidable : 恐るべき

vistas : 見通し

bona fide : 真実の

Cygnus : 白鳥座

swirling : 渦を巻く

friction : 摩擦

kelvin : ケルビン(熱力
学的温度の単位)

distortions : 歪み

imprint : 印する

spectral : スペクトルの

aperture : レンズの口径

diffraction : 回折

interferometer : 干渉計

waves from each telescope interfere with each other to create interference fringes (bands of low and high intensity), which can be transformed back into real images inside a computer. For interferometers at most wavelengths, the distance between the telescopes replaces the diameter of the telescope in determining the diffraction limit. Radio astronomers first used this technique to make huge gains in angular resolution with telescope separations spanning continents and even out into space.

fringe : 回折による光の縞

spanning : 間隔

X-ray telescopes in general are difficult to build because X-rays reflect only at a very shallow angle to the optical surface (1 degree or less), referred to as the grazing incidence. To obtain a true focus, they must be reflected twice from precisely constructed hyperbolic and parabolic surfaces. These surfaces are, in effect, nested cylinders that are expensive to shape to the required precision. Complicating matters further, X-ray telescopes must be placed in space, because X-rays do not penetrate the Earth's atmosphere. The recently launched Chandra X-ray Observatory is the state of the art in X-ray imaging, whose optics alone cost several hundred million US dollars to build. Chandra achieves an impressive resolution of about 0.5 arcseconds, yet it is still far from the diffraction limit. Building a diffraction-limited X-ray telescope, let alone an X-ray interferometer capable of imaging the cauldron surrounding a black hole, has always seemed a distant dream.

hyperbolic : 双曲線の
parabolic : 放物線(状)の

state of the art : 最高水準の

cauldron : 大釜

Cash et al. take what at first seems to be a disadvantage — that X-rays reflect only at shallow angles — and turn it into an advantage. Instead of using expensive, precisely figured optics to focus the X-rays, they instead use two sets of more easily made, flat mirrors to steer incoming X-ray beams together to create interference fringes. A two-dimensional image is created by combining many sets of these fringes taken at different rotation angles. Because the X-rays are reflected at shallow angles, the permitted variations in the positioning of the flat mirrors are about 100 times greater than for a traditional (normal incidence) mirror operating at the same wavelength. If you placed an X-ray detector 500 kilometres behind the mirrors, the fringes would be amplified by the distance, and so could be measured with detectors that exist today.

There are still some technological hurdles, however. Even at very short X-ray wavelengths, a telescope separation of 100–1,000 metres is needed to achieve the required angular resolution. This would require a fleet of up to 33 spacecraft carrying optical mirrors, flying in formation with a spatial precision of 20 nanometres, plus a detector spacecraft 500 kilometres behind the mirror. This is daunting by today's standards, but probably no more so than missions under consideration by the US and European space agencies (NASA and ESA), such as the Darwin infrared space interferometer, which could search for Earth-size planets outside our Solar System. A 'pathfinder' mission to build an X-ray interferometer with a one-metre separation between the telescopes, so that the X-ray optics are all on one spacecraft, is a reasonable first step. This is already under study at NASA, using Cash and colleagues' technique as the starting design. The Pathfinder would be a precursor to a much larger Microarcsecond X-ray Imaging Mission (MAXIM) required to image a black hole.

daunting : ひるませる

pathfinder : 探検者

precursor : 先駆者

But even as a first step, the Pathfinder would provide an impressive 1,000-fold improvement over the Chandra X-ray Observatory, allowing astronomers to study the coronae of other stars.

coronae : 光環

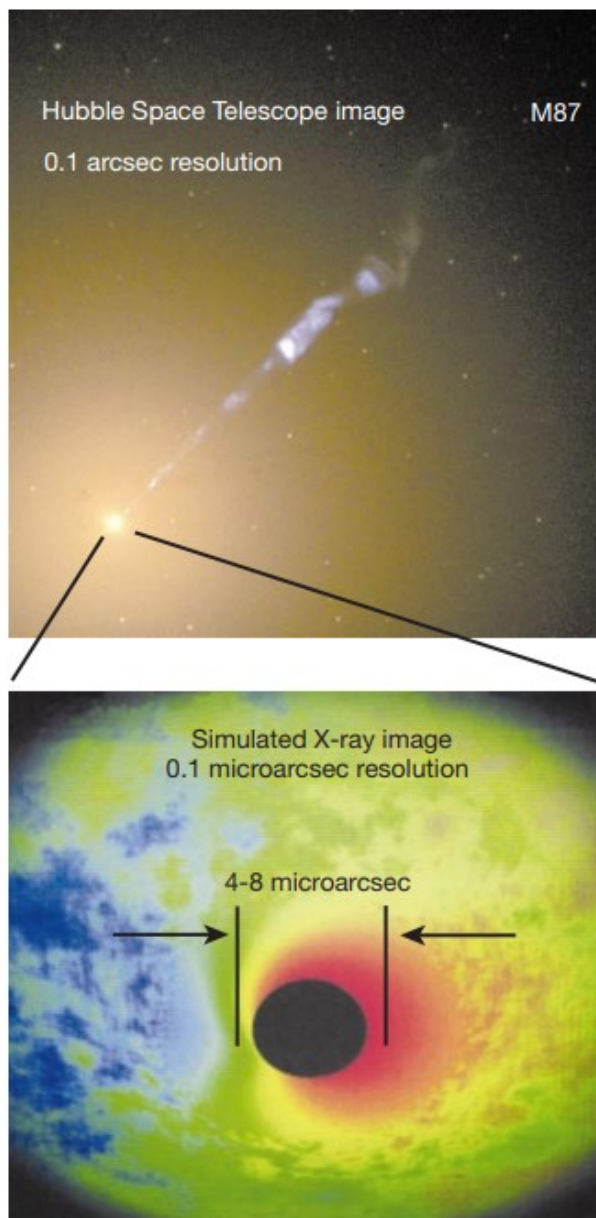


Figure 1. Imaging a black hole requires an enormous improvement in telescope power — at least a million times better resolution than the Hubble Space Telescope, or the recently launched Chandra X-ray Observatory. Top, a Hubble Telescope image of the M87 galaxy core, where a black hole with a mass three billion times that of the Sun is likely to reside. Bottom, a simulation of what the black hole might look like if you were looking down on a disk of material swirling around the hole. The angular size that the black-hole event horizon subtends on the sky is between 3 and 6 microarcseconds, depending on whether or not the black hole is maximally rotating.

subtend : 対する

maximally : 最大限に

問1. Black hole とはどのような天体か，本文に即して簡潔に述べなさい（50 字以内）。

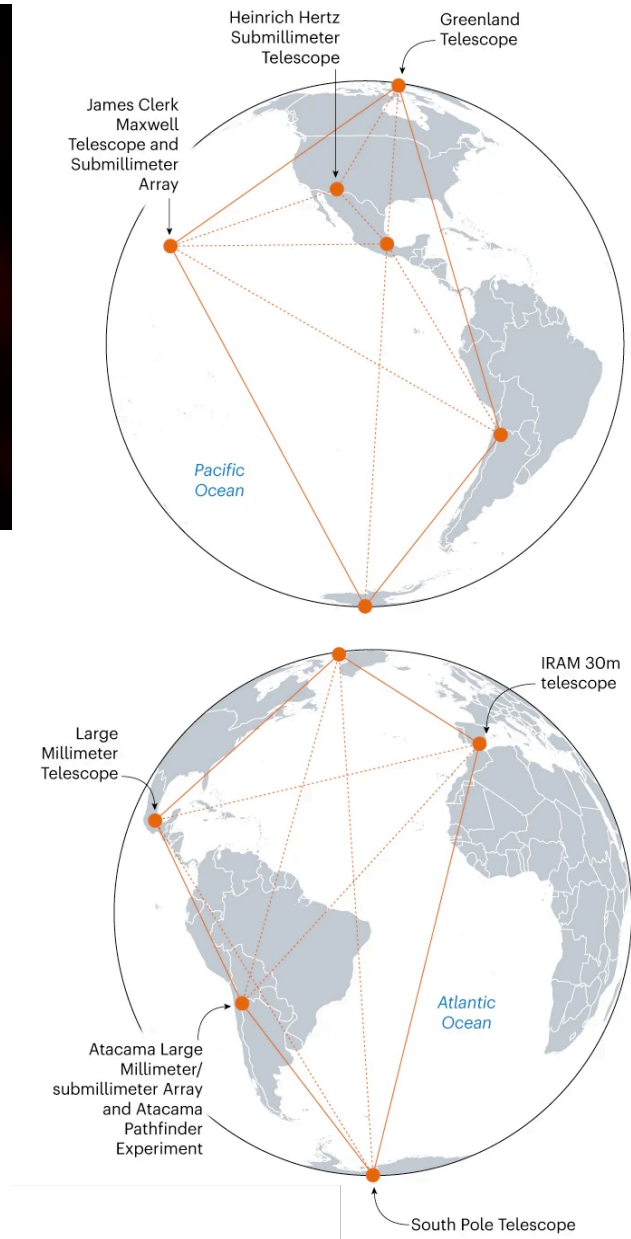
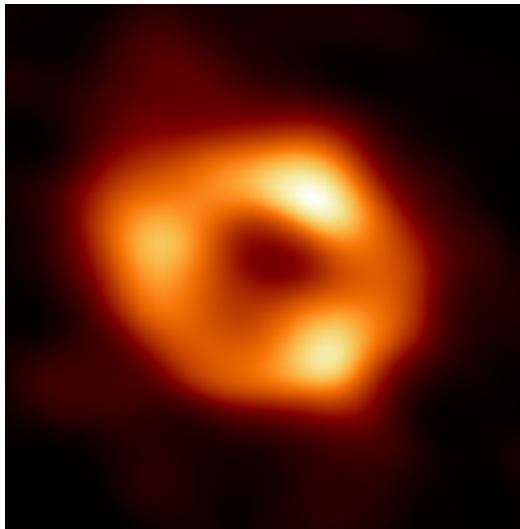
問2. ① ‘event horizon’近傍ではどのようなことが起こるか，本文に即して簡潔に述べなさい（50 字以内）。

問3. 下線部②の理由を本文に即して述べなさい。

問4. Cash らは高解像度の X-ray telescope の実現可能性を高めるアイデアを提供したが，それはどのようなもので，また，それに対しどのような技術的ハードルがあるのか本文に即して述べなさい。

問5. この論文から 19 年後の 2019 年に，電波による M87 銀河の中心にある black hole の直接撮影が世界で初めて報告され，さらに 2022 年に下記（次ページ）にあるように，われわれの銀河の中心にある Sagittarius A*と呼ばれる black hole が撮影された。Black hole の直接撮影に成功した The Event Horizon Telescope と呼ばれている方法について本文の内容と下記（次ページ）の解説を踏まえて述べなさい。

——図とその解説が次ページにあります。



Left panel: The second-ever direct image of a black hole — Sagittarius A*, at the centre of the Milky Way.

Right panel: The Event Horizon Telescope combined signals from eight radio observatories across the world. Together, the observatories have a resolving power equivalent to a telescope almost the size of Earth.

(From [Full Reference Citation] Re: A shot in the dark

CREDITS: (GRAPHIC) A. CUADRA/SCIENCE; (DATA) EVENT HORIZON TELESCOPE. Reprinted with permission from AAAS. 一部改变)

———このページは白紙———