

2019 年度 入社試験 理数科目

理 数

制限時間 90分 / 100点

I 以下の問いに答えよ。(配点 55 点)

以下の会話は、20XX 年、T 大学に見事合格を果たした A, B の 2 人が、数学の入試問題について話している様子である。会話中の $\boxed{1}$ ~ $\boxed{38}$ に適する数式、等式、不等式、語句を答えよ。また、 $\boxed{39}$ のグラフを図示せよ。

20XX 年度 T 大学入試問題 理系数学

複素数平面上の原点を中心とする半径 1 の円を C とする。点 $P(z)$ は C 上の点であり、点 $A(1)$ とは異なるとする。点 P における円 C の接線に関して、点 A と対称な点を点 $Q(u)$ とする。 $w = \frac{1}{1-u}$ とおき、 w と共役な複素数を \bar{w} で表す。

- (1) u と $\frac{\bar{w}}{w}$ を z についての整式として表せ。
- (2) 絶対値の商 $\frac{|w+\bar{w}-1|}{|w|}$ を求めよ。
- (3) C のうち実部が $\frac{1}{2}$ 以下の複素数で表される部分を C' とする。
点 $P(z)$ が C' 上を動くときの点 $R(w)$ の軌跡を求めよ。

A 「この問題、僕の通っていた S 予備校が出した解答速報では評価 D (難問) になっていて驚いたぜ。確かに、解くのに結構な時間がかかったのを覚えている。」

B 「僕の通っていた K 予備校でも最難関問題と評価されていたそうだ。君はどうやって解いたか、覚えているかい？」

A 「ああ、覚えているさ。対称点を考えるんだから、 x - y 平面と同様、ベクトルに持ち込んだね。 $z = a+bi$ あるいは極形式で $z = \boxed{1} + \boxed{2}i$ とおければ接線 ℓ の式は作れて、 AQ の $\boxed{3}$ 点 M が $\boxed{4}$ 上にあるとして、 u を (a, b) で表せばいい。」

B 「その方法だと計算が大変じゃなかった？僕は“ ℓ が x 軸ならば、 \bar{z} は z の対称点となる” という複素数平面の基本事項を利用して、 P の合成変換 f を考えることで答えを導いたんだ。君の解法では解いていないから、ぜひ計算過程を聞きたいね。」

A 「そんなに計算は大変ではなかったぞ。まず x - y 平面上で点 $P(a, b)$ とおくと、点 P は円 C 上の点だから、 $\boxed{5}$ と表せる。すなわち接線 ℓ は $\ell : \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \boxed{6}$ となる。

また、 \overrightarrow{AQ} と \overrightarrow{OP} は $\boxed{7}$ だから、実数 k を用いて $\overrightarrow{AQ} = k \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ とおける。 AQ の $\boxed{3}$ 点

M が ℓ 上にあるので、 $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \cdot \left\{ \begin{pmatrix} \boxed{8} \\ \boxed{9} \end{pmatrix} + \frac{k}{\boxed{10}} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \right\} = \boxed{6}$ となり、 k を a で表すと、

$k = \boxed{11}$ となる。したがって、 $Q(X, Y)$ とすると、

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 \\ 9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} \text{ と表すことができる。}$$

続いて、 $u = X + Yi$ を $z = a + bi$ で表すことを考えよう。 $a = \boxed{1}$, $b = \boxed{2}$ とおくと $X = \boxed{14}$, $Y = \boxed{15}$ で、2倍角の公式やド・モアブルの定理などを上手く使うと u は z を用いて $u = \boxed{16}$ と表すことができる。これが (1) の答えさ！」

B 「ありがとう。少し面倒な印象を受けたけど、 u が z の整式で表せるというヒントがついているから、三角関数の計算も見通しよく進められたんだね。でも、僕の解法はもっとエレガントだよ。」

A 「対称⇒ $\boxed{3}$ 点が対称軸上という考え方しか思いつかなかったんだ……。君の解法を教えてくれ。」

B 「共役な複素数は $\boxed{17}$ 軸対称だから、 ϱ を $\boxed{17}$ 軸に移すことを考える。 z を原点を中心に回転させて i に移動する回転変換と、 i を原点に移動する平衡移動によって、 ϱ は $\boxed{17}$ 軸に移っている。この合成変換 $f(v)$ は次のように表せる。

$$f(v) = \frac{18}{19} \cdot v - \boxed{20} \quad \text{ここから……}$$

A 「ちょっと待ってくれ！ i だけ下向きに移動させるから $-\boxed{20}$ はわかるんだけど、回転移動の方がわからない。 z を i に回転移動させようにも、 z は円 C 上を動く変数だから、偏角 $\arg z$ がわからないじゃないか。」

B 「そう、 z の偏角がわからないから、一度 P を時計回りで $\boxed{17}$ 軸に移してから、今度は逆に反時計回りに 90 度回して $\boxed{21}$ 軸に移すのさ。分母の $\boxed{19}$ は反時計回りに $\boxed{19}$ の偏角だけ回転させる操作を表していて、分子の $\boxed{18}$ は時計回りに 90 度回転させる操作を表しているんだ。当然、複素数で割ったりかけたりすれば偏角の回転移動の他に絶対値による拡大・縮小が生じるけど、 $\boxed{18}$ も $\boxed{19}$ も絶対値は $\boxed{22}$ だから関係ないよね。これで理解できたかな？」

A 「なるほど！！お前、頭いいな！」

B 「じゃあ、続けるよ。 $f(Q) = Q'$, $f(A) = A'$ とすると、 Q' と A' が $\boxed{17}$ 軸対称だから、

$$f(u) = \overline{f(1)} \Leftrightarrow \frac{18}{19} \cdot v - \boxed{20} = \frac{-18}{23} + \boxed{20} \text{ となる。}$$

ここで、 $z \in C \Leftrightarrow |z|=1 \Leftrightarrow \boxed{24}$ を利用して整理すると、 $u = \boxed{16}$ と導ける。」

A 「す、すげえ。複素数の基本を組み合わせただけで、こんなに綺麗に解けるのか。」

B 「ありがとう。ここからは簡単だね。」

A 「ああ！ $u = \boxed{16} \Leftrightarrow 1 - u = \boxed{25}$ だから、 $w = \frac{1}{\boxed{25}}$, $\bar{w} = \frac{1}{\boxed{26}}$ となる。

あとは $\boxed{24}$ を利用して整理していけば、 $\frac{\bar{w}}{w} = \boxed{27}$ が答えになる。

$$(2) \text{ もこの流れで、} \frac{w + \bar{w} - 1}{w} = 1 + \frac{\bar{w}}{w} - \frac{1}{w} = 1 + \boxed{27} - \boxed{25} = \boxed{28}$$

となるから、絶対値を付けると答えは $\boxed{29}$ になるな！」

B 「そうだね。最後に (3) だけど、これは w の軌跡を考えるんだから、(2) の答えを

図形的に解釈すればいい。 w は、 $\left| \frac{w+\bar{w}}{29} - \frac{1}{29} \right| = |w| \cdots (*)$ を満たす。

$\frac{w+\bar{w}}{29}$ は w の $\boxed{30}$ を表すから、(*) の左辺は $R(w)$ と直線 $x = \frac{1}{29}$ との距離

を表している。一方、(*) の右辺は $R(w)$ と原点 O との距離を表している。よって

R の軌跡は、 $x = \frac{1}{29}$ を準線、 O を焦点とする放物線 $\boxed{31}$ となるね。」

A 「あとは、この放物線 D 上で w が動く範囲を考えればいい。 z が C' 上で動くときに w が 1 対 1 対応して連続ならば、 C' の端が D の端ってことになる。まずそれを証明！もし z と w が 1 対 1 対応しないと仮定すると、 $(1-z_1)^2 = (1-z_2)^2$ を満たす z_1, z_2 が存在することになるが、これを解くと $z_1 = z_2 = \boxed{32}$ のみとなり、これは C' 上の点ではない。よって w は C' 上で 1 対 1 かつ連続だから、端の値だけ考えればいい。」

B 「すばらしい着眼点だね。 C' も D も $\boxed{17}$ 軸対称な図形だから、第 1 象限の端だけを考えよう。 $z = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}i$ のとき、 $w = \frac{1}{25}$ の値を求める。流石に、そのまま代入して計算するのはナンセンスかな。」

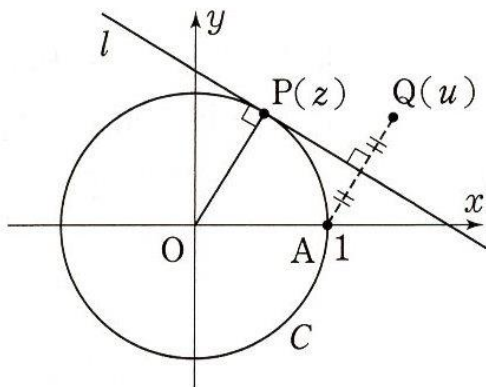
A 「僕はそのまま計算しちゃったけど……。どうやると早く求められるんだ？」

B 「極座標を導入しよう。 $z = r(\cos \theta + i \sin \theta)$ なる複素数を、 $z = (r, \theta)$ で表すことを極表示という。すると、 $z^{-2} = \langle \boxed{33}, \boxed{34} \rangle$ となっている。

$z = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}i$ のとき、 $1-z = \langle \boxed{35}, \boxed{36} \rangle$ (極表示) だから、 $w = \boxed{37}$

つまり w の軌跡は放物線 $\boxed{31}$ の $\boxed{38}$ の部分となる。ちなみに、放物線 D を図示すると $\boxed{39}$ みたいになるね。」

A 「僕はベクトルとか方程式とかでゴリゴリ計算していったけど、複素数の基本がわかっていたら計算量が少なくて済む問題だったんだな。流石 T 大学だ……。」



II 以下の問いに答えよ。(配点 20 点)

$$b = \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \quad c = \frac{1-\sqrt{5}}{2} \text{ とする。}$$

数列 $\{a_n\}$ の一般項が $a_n = b^n + c^n$ で与えられるとき、以下の問いに答えよ。

- (1) a_1, a_2 を求めよ。
- (2) $a_{n+2} - a_{n+1}$ を a_n を用いて表せ。
- (3) a_5 を求めよ。
- (4) 自然数 n に対して $\sin(2\pi a_n), \cos(2\pi a_n)$ を求めよ。
- (5) 極限 $S = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sin(2\pi c^n)}{b^n}$ を求めよ。
- (6) 極限 $T = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sin(2\pi c^n)}{b^n}$ を求めよ。

III 以下の問いに答えよ。(配点 25 点)

問 (1) $\lim_{x \rightarrow +\infty} (\sqrt{4x^2 + x} + ax)$ が有限の値を取るような実数 a を求めよ。

問 (2) 方程式 $x^5 + 3x^4 + 4x^3 + 4x^2 + 3x + 1 = 0$ を実数の範囲で解け。

問 (3) 三角形 ABC の内部の点 P について、 $\overrightarrow{AP} + 2\overrightarrow{BP} + 3\overrightarrow{CP} = \vec{0}$ が成り立っている。
三角形の面積をそれぞれ $S_1 = \triangle ABP$, $S_2 = \triangle BCP$, $S_3 = \triangle CAP$ と定めたとき、
面積比 $S_1 : S_2 : S_3$ を求めよ。

問 (4) \bigcirc と \times が左から順に 12 個並んでいる。
列 $\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc\bigcirc$ を少なくとも 1 つ含む並べ方はいくつあるか答えよ。

問 (5) 微分方程式 $\frac{dy}{dx} = \frac{2y-x}{x}$ を解け。必要ならば、任意定数として C を用いよ。

2019 年度 入社試験 外国語科目

英 語

制限時間 90分 / 100点

I. 次の文章は 2018 年 7 月に Nature に掲載された論文「Neandertal fire-making technology inferred from microwear analysis」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

Fire use appears to have been relatively common among Neandertals in the Middle Palaeolithic. However, the means by which Neandertals procured their fire—either through the collection of natural fire, or by producing it themselves using tools—is still a matter of debate. We present here the first direct artefactual evidence for regular, systematic fire production by Neandertals. From archaeological layers attributed to late Mousterian industries at multiple sites throughout France, primarily to the Mousterian of Acheulean Tradition (MTA) technoculture (ca. 50,000 years BP), we identify using microwear analysis dozens of late Middle Palaeolithic bifacial tools that exhibit macroscopic and microscopic traces suggesting repeated percussion and/or forceful abrasion with a hard mineral material. Both the locations and nature of the polish and associated striations are comparable to those obtained experimentally by obliquely percussing fragments of pyrite (FeS₂) against the flat/convex sides of a biface to make fire. The striations within these discrete use zones are always oriented roughly parallel to the longitudinal axis of the tool, allowing us to rule out taphonomic origins for these traces. We therefore suggest that the occasional use of bifaces as 'strike-a-lights' was a technocultural feature shared among the late Neandertals in France.

(1) 本文の内容に合致するものを1つ選べ。

- ① ネアンデルタール人が火を使って生活していたことが本研究から明らかとなった。
- ② この研究では MTA 技術を用いて中期石器時代の地質調査を行った。
- ③ microwear とは硬いミネラル質の石器に摩耗の痕跡を与えることを意味する。
- ④ 石器を用いた発火技術は、フランス全土のネアンデルタール人に共有されていた。
- ⑤ 中期石器時代の石器は、主に火を起こすことを目的に利用されていた。

(2) 本文中で、二重下線が引かれている語句のうち、同じ意味を示すものを2つ選べ。

II. 次の文章は 2018 年 6 月に Nature に掲載された論文「Robust relationship between air quality and infant mortality in Africa」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

Poor air quality is thought to be an important mortality risk factor globally, but there is little direct evidence from the developing world on how mortality risk varies with changing exposure to ambient particulate matter. Current global estimates apply exposure–response relationships that have been derived mostly from wealthy, mid-latitude countries to spatial population data, and these estimates remain unvalidated across large portions of the globe. Here we combine household survey-based information on the location and timing of nearly 1 million births across sub-Saharan Africa with satellite-based estimates of exposure to ambient respirable particulate matter with an aerodynamic diameter less than $2.5\ \mu\text{m}$ (PM_{2.5}) to estimate the impact of air quality on mortality rates among infants in Africa. We find that a $10\ \mu\text{g m}^{-3}$ increase in PM_{2.5} concentration is associated with a 9% (95% confidence interval, 4–14%) rise in infant mortality across the dataset. This effect has not declined over the last 15 years and does not diminish with higher levels of household wealth. Our estimates suggest that PM_{2.5} concentrations above minimum exposure levels were responsible for 22% (95% confidence interval, 9–35%) of infant deaths in our 30 study countries and led to 449,000 (95% confidence interval) additional deaths of infants in 2015, an estimate that is more than three times higher than existing estimates that attribute death of infants to poor air quality for these countries. Upward revision of disease-burden estimates in the studied countries in Africa alone would result in a doubling of current estimates of global deaths of infants that are associated with air pollution, and modest reductions in African PM_{2.5} exposures are predicted to have health benefits to infants that are larger than most known health interventions.

(1) 本文の内容に合致するものを 1 つ選べ。

- ① 汚染された空気による健康問題は、貧困国に限った問題である。
- ② PM_{2.5} の空气中濃度が $10\ \mu\text{g m}^{-3}$ 増加することで乳児死亡率が 4-14%増加する。
- ③ 貧困国において、世帯の生活水準が向上すると PM_{2.5} による乳児死亡率は減少する。
- ④ アフリカの PM_{2.5} 問題のみを解決しても、乳児死亡率に大きな変化は生じない。
- ⑤ 貧困国の乳児死亡率の 22%は PM_{2.5} が関係している。

(2) 最も効果的な健康介入方法を本文中から 6 単語で抜き出せ。

- Ⅲ. 次の文章は 2018 年 6 月に Nature に掲載された論文「The development of cross-cultural recognition of vocal emotion during childhood and adolescence」の Abstract である。これを読んで以下の問いに答えよ。

Humans have an innate set of emotions recognised universally. However, emotion recognition also depends on socio-cultural rules. Although adults recognise vocal emotions universally, they identify emotions more accurately in their native language. We examined developmental trajectories of universal vocal emotion recognition in children. Eighty native English speakers completed a vocal emotion recognition task in their native language (English) and foreign languages (Spanish, Chinese, and Arabic) expressing anger, happiness, sadness, fear, and neutrality. Emotion recognition was compared across 8-to-10, 11-to-13-year-olds, and adults. Measures of behavioural and emotional problems were also taken. Results showed that although emotion recognition was above chance for all languages, native English speaking children were more accurate in recognising vocal emotions in their native language. There was a larger improvement in recognising vocal emotion from the native language during adolescence. Vocal anger recognition did not improve with age for the non-native languages. This is the first study to demonstrate universality of vocal emotion recognition in children whilst supporting an “in-group advantage” for more accurate recognition in the native language. Findings highlight the role of experience in emotion recognition, have implications for child development in modern multicultural societies and address important theoretical questions about the nature of emotions.

(1) 本文の内容に合致するものを 1 つ選べ。

- ① 子どもでは意味の理解できない外国語から話者の感情を汲み取ることは困難である。
- ② 年齢が上がるにつれて、話者の声から感情、特に怒りの感情を汲み取る力は向上する。
- ③ 言語理解の有無に関わらず、話者の感情を理解する力は子どものうちから備わっている。
- ④ 思春期以降は母国語以外であっても話者の感情を汲み取ることができるようになる。
- ⑤ 感情認識の発達において言語理解の発達が大きな役割を果たす。

(2) 二重下線部 “in-group advantage” とはどのような意味か。

本文の内容に即して日本語 30 字程度で簡潔に説明せよ。

IV. 次の文章は 2018 年 5 月に Nature に掲載された論文「Microglial control of astrocytes in response to microbial metabolites」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

Microglia and astrocytes modulate inflammation and neurodegeneration in the central nervous system (CNS). Microglia modulate pro-inflammatory and neurotoxic activities in astrocytes, but the mechanisms involved are not completely understood. Here we report that TGF α and VEGF-B produced by microglia regulate the pathogenic activities of astrocytes in the experimental autoimmune encephalomyelitis (EAE) mouse model of multiple sclerosis. Microglia-derived TGF α acts via the ErbB1 receptor in astrocytes to limit their pathogenic activities and EAE development. Conversely, microglial VEGF-B triggers FLT-1 signaling in astrocytes and worsens EAE. VEGF-B and TGF α also participate in the microglial control of human astrocytes. Furthermore, expression of TGF α and VEGF-B in CD14+ cells correlates with the multiple sclerosis lesion stage. Finally, metabolites of dietary tryptophan produced by the commensal flora control microglial activation and TGF α and VEGF-B production, modulating the transcriptional program of astrocytes and CNS inflammation through a mechanism mediated by the aryl hydrocarbon receptor. In summary, we identified positive and negative regulators that mediate the microglial control of astrocytes. Moreover, these findings define a pathway through which microbial metabolites limit pathogenic activities of microglia and astrocytes, and suppress CNS inflammation. This pathway may guide new therapies for multiple sclerosis and other neurological disorders.

(1) 本文の内容に合致するものを1つ選べ。

- ① アストロサイトによって産生された TGF- α がミクログリアの病原活性を調節する。
- ② ミクログリア上に存在する ErbB1 受容体を介して EAE 発生が抑制される。
- ③ ミクログリアによって産生された VEGF-B によって EAE 発生が抑制される。
- ④ CD14+細胞は TGF- α を産生する。
- ⑤ アストロサイトによって産生されたトリプトファン代謝産物がミクログリアの活性を制御する。

(2) CNS 炎症を抑制するものをすべて選べ。

- ① TGF- α ② VEGF-B ③ FLT-1 signaling ④ commensal flora
- ⑤ metabolites of dietary tryptophan ⑥ microbial metabolites

V. 次の文章は 2018 年 5 月に Nature に掲載された論文「Energy efficiency drives the global seasonal distribution of birds」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

The uneven distribution of biodiversity on Earth is one of the most general and puzzling patterns in ecology. Many hypotheses have been proposed to explain it, based on evolutionary processes or on constraints related to geography and energy. However, previous studies investigating these hypotheses have been largely descriptive due to the logistical difficulties of conducting controlled experiments on such large geographical scales. Here, we use bird migration—the seasonal redistribution of approximately 15% of bird species across the world—as a natural experiment for testing the species–energy relationship, the hypothesis that animal diversity is driven by energetic constraints. We develop a mechanistic model of bird distributions across the world, and across seasons, based on simple ecological and energetic principles. Using this model, we show that bird species distributions optimize the balance between energy acquisition and energy expenditure while taking into account competition with other species. These findings support, and provide a mechanistic explanation for, the species–energy relationship. The findings also provide a [1] explanation of [2] as a mechanism that allows birds to [3] their energy budget in the [4] of seasonality and competition. Finally, our mechanistic model provides a tool for predicting how ecosystems will respond to global anthropogenic change.

(1) 本文の内容に合致するものを 1 つ選べ。

- ① 地球上の生物の分布は不均一であり、生態学において全く以て不可解であるとされる。
- ② 生態分布不均一の理由は、過去の介入研究によりいくつかの仮設が立てられている。
- ③ 鳥類の季節的移動はエネルギー獲得に重きを置いて行われている。
- ④ エネルギー収支を最適化するために季節的再分布をとる種は鳥類のみである。
- ⑤ 本研究で用いたモデルメカニズムは、当分野で頻繁に用いられる研究デザインである。

(2) 二重下線部が「この発見により、季節性や競争に直面した鳥たちがエネルギー収支を最適化するためのメカニズムとして行う移動に、一般的な説明が与えられた。」という意味になるように、空欄 [1] ~ [4] に入る適当な単語 1 語を答えよ。

VI. 次の文章は 2018 年 4 月に Nature に掲載された論文「The Rosa genome provides new insights into the domestication of modern roses」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

Roses have high cultural and economic importance as ornamental plants and in the perfume industry. We report the rose whole-genome sequencing and assembly and resequencing of major genotypes that contributed to rose domestication. We generated a homozygous genotype from a heterozygous diploid modern rose progenitor, Rosa chinensis ‘Old Blush’. Using single-molecule real-time sequencing and a meta-assembly approach, we obtained one of the most comprehensive plant genomes to date. Diversity analyses highlighted the mosaic origin of ‘La France’, one of the first hybrids combining the growth vigor of European species and the recurrent blooming of Chinese species. Genomic segments of Chinese ancestry identified new candidate genes for recurrent blooming. Reconstructing regulatory and secondary metabolism pathways allowed us to propose a model of interconnected regulation of scent and flower color. This genome provides a foundation for understanding the mechanisms governing rose traits and should accelerate improvement in roses, Rosaceae and ornamentals.

(1) 本文の内容に合致するものを 1 つ選べ。

- ① 実験に用いられたロサ・キネンシス ‘Old Blush’ の遺伝子型はホモ接合体である。
- ② 本研究によって、現在発見されている植物ゲノム塩基配列の中で最も完全な形をもつゲノム配列を構成・解析することに成功した。
- ③ ‘La France’ はヨーロッパ産と中国産を掛け合わせた最新のハイブリット種である。
- ④ 種の形状と花の色は、発現に際して相互作用し合う重要なバラ形質である。
- ⑤ 本研究の結果はゲノム生物学的には重要な発見であったが、バラ種の品種改良などへの応用にはまだまだ課題が残っている。

(2) 二重下線部 “This genome” と同じ意味を表すものを本文中から 7 単語で抜き出せ。

VII. 次の文章は 2018 年 4 月に Nature に掲載された論文「Global warming transforms coral reef assemblages」の Abstract である。

これを読んで以下の問いに答えよ。

Global warming is rapidly emerging as a universal threat to ecological integrity and function, highlighting the urgent need for a better understanding of the impact of heat exposure on the resilience of ecosystems and the people who depend on them. Here we show that in the aftermath of the record-breaking marine heatwave on the Great Barrier Reef in 2016, corals began to die immediately on reefs where the accumulated heat exposure exceeded a critical threshold of degree heating weeks, which was 3–4°C-weeks. After eight months, an exposure of 6°C-weeks or more drove an unprecedented, regional-scale shift in the composition of coral assemblages, reflecting markedly divergent responses to heat stress by different taxa. Fast-growing staghorn and tabular corals suffered a catastrophic die-off, transforming the three-dimensionality and ecological functioning of 29% of the 3,863 reefs comprising the world's largest coral reef system. Our study bridges the gap between the theory and practice of assessing the risk of ecosystem collapse, under the emerging framework for the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Ecosystems³, by rigorously defining both the initial and collapsed states, identifying the major driver of change, and establishing quantitative collapse thresholds. The increasing prevalence of post-bleaching mass mortality of corals represents a radical shift in the disturbance regimes of tropical reefs, both adding to and far exceeding the influence of recurrent cyclones and other local pulse events, presenting a fundamental challenge to the long-term future of these iconic ecosystems.

(1) 本文の内容に合致するものを 1 つ選べ。

- ① 2016 年の海洋熱波によりグレートバリアリーフのほとんどのサンゴ礁が死滅した。
- ② 本研究は国際自然保護連合 (IUCN) が行った調査である。
- ③ 海洋熱波の影響により約 1/3 のサンゴ礁の生態系機能が変化した。
- ④ 海洋熱波によってサンゴ礁は死滅し、死滅に至らなかったとしても漂白化をきたす。
- ⑤ 再発性サイクロンの影響により、サンゴ礁はさらなる被害を受けることが予想される。

(2) 海水温上昇がサンゴ礁に与える影響を、日本語で簡潔に説明せよ。

ただし、「3-4°C上昇すると」および「6°C以上上昇すると」の書き出しに続けて、それぞれ 20 文字程度で答えよ。