

再現問題：第 1 問

【シナリオ】

医学研究では、様々な分野での研究が進められており、研究は分子レベルから個体レベルまで多岐にわたっています。研究で得られた成果は、広く理解してもらうために学術誌などで公表されています。資料 1 および資料 2 は、ネイチャーという雑誌に掲載された学術研究に関する記事になります。資料 1 および資料 2 は内容の異なる記事ですが、研究において考慮した点、あるいは、考慮すべき点が共通しています(以降、「共通考慮事項」と記載)。資料 1 および資料 2 の文章を読み、設問に答えてください。

【設問】

注釈を適宜参照しながら資料 1 および資料 2 を読み、以下の設問に答えてください。解答にあたっては、必要に応じて、本文中で言及されていない知識も用いて答えてください。

問 1 資料 1 の内容について、共通考慮事項に配慮することで、どのような結果が得られたでしょうか。共通考慮事項を明記しつつ、研究目的および結果について日本語 100 字以内で説明してください。なお、RNA などの学術単語については、そのまま英語で記載して問題ありません。

問 2 共通考慮事項を表現する英単語として、二つの英単語が使用されています。それらの英単語は、同じ意味を示すように思われがちですが、厳密には異なっています。その英単語を記載するとともに、資料 2 において二つの英単語が併用されている理由について、それぞれの単語の意味の違いを説明しつつ、日本語で 150 字以内で考察してください。

問 3 資料 1 あるいは資料 2 には、共通考慮事項を配慮しなかったために起こった問題の事例が記載されています。その事例について、どちらの資料に記載されているか明記しつつ、日本語で 150 字以内で答えてください。

問 4 資料 3 について、共通考慮事項を念頭に解釈した場合、どのような結論を導き出せるか考察し、(a)と(b)のそれぞれの図の意味を説明しつつ、導き出した結論を日本語で 200 字以内で答えてください。

資料 1

When Neil Sweezey started working as a clinician in the 1980s, he began to spot a strange pattern in his patients with cystic fibrosis. Girls with the genetic disease seemed to be coming into hospital with lung damage or infection more often than boys with the same condition. That trend stands in opposition to the more general pattern of women edging out men on health metrics. “The fairer sex is also the tougher sex,” explains the pulmonologist at the Hospital for Sick Children in

Toronto, Canada — pointing out that on average, women live for six to eight years longer than men. “Whereas if you look at the cystic fibrosis population, it is flipped the other way. The girls are dying off faster.”

A comprehensive analysis in 1997 of more than 21,000 people with cystic fibrosis in the United States showed a median life expectancy of 25.3 years for women and 28.4 for men¹. The bacteria associated with lung decline and early

death were also found to be present in women earlier than in men. (Nature recognizes that sex and gender are not the same, and are neither fixed nor binary.)

Some scientists argued that the reason for the difference was simply that men were better at adhering to their treatment plans than women, Sweezey says. But others were confident that a biological mechanism was to blame. Some anticipated it might be a difficult riddle to solve, with an answer spanning multiple disciplines.

The gender gap mystery

A decade and a half after that US analysis, a medication called ivacaftor (marketed as Kalydeco by Vertex Pharmaceuticals of Boston, Massachusetts) became available. It corrects certain mutations in the cystic fibrosis transmembrane conductance regulator (CFTR) protein that are at the root of the disease. Pulmonologist Raksha Jain at the University of Texas Southwestern Medical Center in Dallas wondered whether the topic of sex differences in cystic fibrosis was still relevant — perhaps this drug had plugged the gap. Her findings² showed that was not the case. “We controlled for a lot of different variables that are known to impact how somebody does with cystic fibrosis,” she explains. “Despite all that, women had a fairly large difference in their survival relative to men — they were dying three to four years earlier.”

So what was going on? The first clue, says physiologist Brian Harvey at the Royal College of Surgeons in Dublin, was that lung exacerbations (worsening of respiratory symptoms) occurred in women with the disease at around the time they reached puberty. Given the timing, he surmised that sex hormones must be playing a part in this discrepancy. So Harvey and his colleagues set out to map the effects of the menstrual cycle on cystic fibrosis progression. “We found that in the mid-cycle when oestrogen levels were highest, lung exacerbations were also at their highest,” he says.

The next step was to work out how endogenous oestrogen could be contributing to a worsening of the condition. One hypothesis involved the hormone’s effect on ion transport in the lungs. In cystic

fibrosis, this is already disrupted. People with the disease lack a working version of CFTR, the protein responsible for regulating chloride transport. This deficit leads to the dehydration of a thin layer of fluid in the lungs called the airway surface liquid and results in a build-up of mucus. But experiments found that in women, CFTR might not be the only problem.

In lung samples from women with cystic fibrosis, oestrogen was found to modulate an epithelial sodium channel, leading to further reduction of the airway surface liquid, which in turn makes the mucus even harder to clear.³ “The more the ion transport is compromised, the less hydrated the lung lining becomes,” says Harvey. “Then the more mucus gets stuck. And bacteria colonize the lung and become lodged long-term in the airways.”

But oestrogen’s effect was not limited to mucosal fluid dynamics in the lungs. Researchers also found a microbiological difference between men and women. In cystic fibrosis, arguably the most important bacterium is *Pseudomonas aeruginosa*, which contributes to many of the most serious infections in people with the disease. This microorganism was causing problems much earlier in women than in men. Clinician Sanjay Chotirmall at the Lee Kong Chian School of Medicine of Nanyang Technological University in Singapore wondered whether oestrogen could be directly helping the aggressive bacterium. Sure enough, while working on his PhD in Harvey’s laboratory, Chotirmall found that in an oestrogen-rich environment, *P. aeruginosa* forms biofilms that are harder for the immune system to eradicate.

And intriguingly, the Dublin group showed that women who were taking oral contraception needed fewer courses of antibiotics to keep cystic fibrosis-related infections in check than did women not on hormonal birth control.⁴ “When a woman takes the pill, it tricks the body into thinking there’s oestrogen hanging around until her own endogenous oestrogen gets suppressed,” Chotirmall says. If women who take the pill get fewer infections, perhaps natural oestrogen exacerbates cystic fibrosis. However, researchers at Imperial College London found no differences in clinical outcomes in

cystic fibrosis between women who were taking oral contraceptives and those who weren't⁵.

Hormonal differences

In April 2020, Harvey and a colleague⁶ found that oestrogen exacerbates *P. aeruginosa* infections by allowing the bacterium to better penetrate the lungs in cystic fibrosis. Unsurprisingly, the oestrogen blocker tamoxifen was shown to inhibit this action. "It's a double whammy," Harvey sums up. "Oestrogen is not only affecting the airway epithelium dynamics, but also affecting the virulence of the bacteria."

In Sweezey's lab, experiments have pointed to yet another possible hormonal explanation for the gender gap in cystic fibrosis outcomes. Oestrogen might affect the immune system, prompting white blood cells to recruit excessive amounts of inflammatory cells called cytokines to the infected tissue. Inflammation is a big problem in cystic fibrosis, contributing to airway damage and life-threatening infections. Sweezey's results indicated that inflammation-related damage is more pronounced in women with the disease than in men.

Although this research points to oestrogen-blocking drugs as having a possible value for treating cystic fibrosis in women, Jain thinks more development is needed before such treatment could produce benefits that outweigh the downsides. Oestrogen blockers cause side effects such as hot flushes, mood problems and insomnia, and could cause young women to enter premature menopause, which is linked to an increased risk of heart disease and bone disorders. Although menopause could be reversed if treatment was stopped, patients would probably have to take hormone inhibitors continuously. "When I've applied for grants," Jain says, "people have said they're not going to take away a woman's oestrogen. If it's not something you can change, should you really spend many years studying this?" One potential solution, she says, could be the development of more-targeted, inhaled oestrogen inhibitors that act only on the lungs.

The XX factor

Although the hormonal hypothesis would be a tidy explanation for the gender difference in cystic fibrosis, things might not be so neat. Differences between the sexes have also been observed in children with cystic fibrosis long before puberty, suggesting that oestrogen isn't the only piece of the puzzle. Always in the back of researchers' minds, Sweezey says, is the question: might it be chromosomal?

Women typically have two X chromosomes, whereas men typically have an X and a Y chromosome. Although the X chromosome contains vital genes, it would be damaging to have a double dose of them. To correct this, a process called X-chromosome inactivation silences one of the X chromosomes when they occur in a pair. But this mechanism isn't as thorough as might be expected; some of the muted genes leak through. "There are a lot of immunity genes encoded on the X chromosome," says microbiologist Catherine Greene at the Royal College of Surgeons in Dublin. Higher levels of these immunity genes are likely to make women more robust against certain diseases, but more susceptible to others. One theory suggests that these genes promote an inflammatory response that helps to clear acute infections, but that is less useful in chronic conditions such as cystic fibrosis.

Greene decided to find out whether micro-RNAs (small, non-coding nucleic acids that inhibit certain genes) from the X chromosome were different between boys and girls with cystic fibrosis. Initial experiments found no such differences. But then Greene's group looked at all microRNAs (not just the ones on the X chromosome) in blood samples from children under six with cystic fibrosis⁷. This time, they found that levels of a microRNA called miR885-5P were higher in girls than in boys. This molecule seems to inhibit the action of RAC1, a protein that regulates CFTR. The finding could be particularly relevant given that the research spotlight is currently on drugs that target CFTR (see page S2).

The drugs might work

A few months before Greene's study was published, the US

Food and Drug Administration approved a therapy for cystic fibrosis that seems to help clear patients' airways of mucus at a higher rate than any other medication. Marketed as Trikafta by Vertex Pharmaceuticals, the treatment is a twice-daily combination of three CFTR modulators: elexacaftor, ivacaftor and tezacaftor. Higher levels of miR885-5P in women would correspond to lower levels of RAC1, which might influence how well women respond to Trikafta, because RAC1 regulates the protein that Trikafta targets. "If there's more RAC1 present in a cell, you're likely to get a better response. This might suggest very, very vaguely that females could have a poorer response to this treatment," says Greene. She cautions, however, that more research, with much larger sample sizes, is needed to confirm this observation.

As more people with cystic fibrosis get access to Trikafta, better data will emerge on the population groups that are most likely to benefit from it. If women don't seem to gain as much from the triple combination, perhaps an adjunct therapy (such as a contraceptive pill, hormone blocker or microRNA inhibitor) might improve their response. "It's wonderful that we have this triple-drug combination, but the job's not done," says Sweezey. "We need to keep on looking for other areas which contribute in a significant way to cystic fibrosis health. This gender business is one of those ways."

Natalie Healey is a freelance writer in London.

1. Rosenfeld, M., Davis, R., FitzSimmons, S., Pepe, M. & Ramsey, B. *Am. J. Epidemiol.* 145, 794–803 (1997).

2. Harness-Brumley, C. L., Elliott, A. C., Rosenbluth, D. B., Raghavan, D. & Jain, R. *J. Womens Health* 23, 1012–1020 (2014).

3. Saint Cricq, V., Kim, S. H., Katzenellenbogen, J. A. & Harvey, B. J. *PLoS One* 8, e78593 (2013).

4. Chotirmall, S. H. et al. *N. Eng. J. Med.* 366, 1978–1986 (2012).

5. Kernan, N. G. et al. *Eur. Respir. J.* 41, 67–73 (2013).

6. Tyrrell, J. & Harvey, B. J. *Steroids* 156, 108575 (2020). 7. Mooney, C. et al. *Sci. Rep.* 10, 1141 (2020).

*訳註

hormonal ホルモン(体内で産生される化学物質の一種)の

cystic fibrosis 嚢胞性線維症。気管支や消化管などからの分泌液の粘度が高くなり、気管支炎など示す遺伝性疾患

puberty 思春期

oestrogen エストロゲン(ホルモンの一種)

chromosomal 染色体(細胞が持つ遺伝情報物質 DNA の集合体)の

X (Y) chromosome X (Y) 染色体

immunity 免疫

microbiologist 微生物学者

inflammatory 炎症性の

infection 感染

microRNA マイクロ RNA という核酸の一種

non-coding 蛋白質をコードしていない

nucleic acid 核酸(DNA など)

CFTR CFTR 蛋白質。CFTR は Cystic Fibrosis Transmembrane conductance Regulator の略

資料 2

EDITORIAL

18 May 2022

Nature journals raise the bar on sex and gender reporting in research

Authors will be prompted to provide details on how sex and gender were considered in study design.

That all employers, including those in the scientific and research space, can do.

The research community also needs to devote more attention and resources to studying the impact of menopause on careers everywhere, not just in high-income countries. And those organizations that have not yet started to address the difficulties that menopause can pose for working life need to do so now. It's time for the stigma around menopause to be lifted. Doing so will make research a better place to work for everyone.

Raising the bar on sex and gender reporting in research

Authors submitting to Nature journals will

be prompted to provide details on how sex and gender were considered in study design.

In late 2020, the European Commission announced that its research-grant recipients would need to incorporate analyses of sex and gender in their study design. This could include disaggregating data by sex when examining cells, or considering how a technology might perpetuate gender stereotypes. Back then, Nature wrote that this was a significant step and urged other funders to follow suit (see Nature 588, 196; 2020). At the same time, we said that publishers, too, have a role in encouraging sex and gender reporting. The responsibility does not lie only with funders.

Some journals have encouraged reporting of sex and gender analyses for years, and the number of research studies that include such data has increased substantially in the past decade. But gaps remain — especially insufficient reporting of data disaggregated by sex and gender^{1–3}.

To remedy this, from now on, researchers who submit papers

to a subset of Nature Portfolio journals (see list at go.nature.com/3mdu0zj) will be prompted to state whether and how sex and gender were considered in their study design, or to indicate that no sex and gender analyses were carried out, and clarify why. They should note in the title and/or abstract if findings apply to only one sex or gender.

They will also be asked to provide data disaggregated by sex and gender where this information has been collected, and informed consent for reporting and sharing individual-level data has been obtained. The changes apply to studies with human participants, on other vertebrates or on cell lines, in which sex and gender is an appropriate consideration.

Many research studies don't account for sex and gender.

396 | Nature | Vol605 | 19May2022

Editorials

We aim to promote transparency in study design and, ultimately, make findings more accurate.”

At the same time, we're urging care and caution in communicating findings about sex and gender, to avoid research findings having inadvertent and harmful effects, especially where there is the potential for societal and public-policy impact. More details about these changes can be found at go.nature.com/3mdu0zj. They are part of the SAGER (Sex and Gender Equity in Research) guidelines⁴.

In addition, from 1 June, four journals — Nature Cancer, Nature Communications, Nature Medicine and Nature Metabolism — will be raising awareness of the updated recommendations in letters to authors and reviewers during peer review. The aim here is to improve understanding of the degree to which sex and gender reporting is already part of study design, data collection and analysis in the research these journals publish. The journals will also evaluate author and reviewer reception of the changes so that we can iterate on them as we learn through experience.

The new measures are needed because research is still mostly failing to account for sex and gender in study design,

sometimes with catastrophic results. Between 1997 and 2001, ten prescription drugs were withdrawn from use in the United States; eight of these were reported to have worse side effects in women than in men (we recognize that not everyone fits into these categories). These differences had probably been missed, in part, because of insufficient or inappropriate analysis of data on sex differences during clinical trials. By introducing these changes, we aim to promote transparency in study design and, ultimately, make findings more accurate. Over time, we hope to see integration of sex and gender analysis in study design by default.

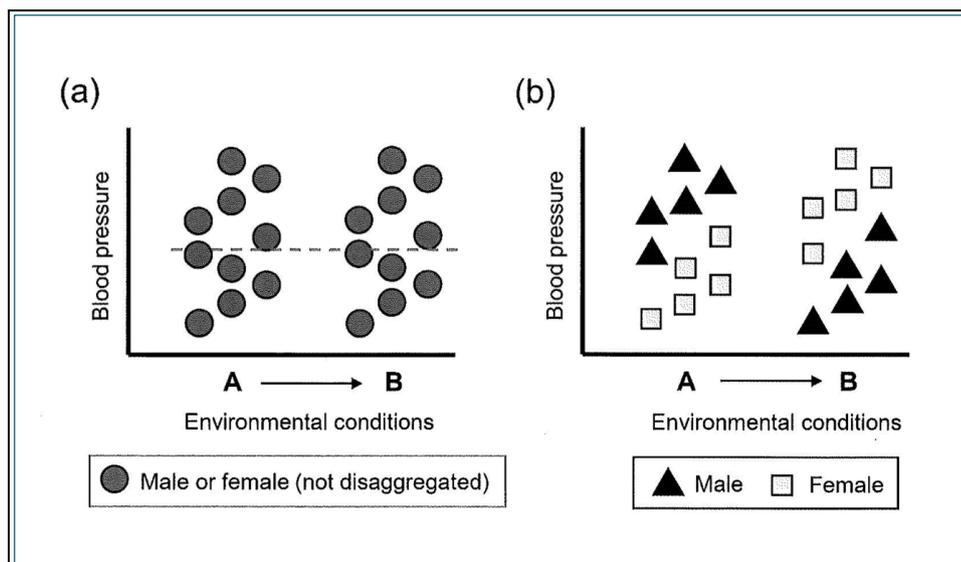
1. Woitowich, N. C., Beery, A. & Woodruff, T. eLife 9, e56344 (2020).
2. Rechlin, R. K., Splinter, T. F. L., Hodges, T. E., Albert, A. Y. & Galea, L. A. M. Nature Commun. 13, 2137 (2021).

3. Brady, E., Wullum Nielsen, M., Andersen, J. P. & Oertelt-Prigione, S. Nature Commun. 12, 4015 (2021).
4. Heidari, S. et al. Res. Integr. Peer Rev. 1, 2 (2016).

* 訳注

- research-gran 研究助成金
- disaggregate 細分類する
- perpetuate 永續させる
- funder 助成金を提供する団体
- informed consent インフォームドコンセント(情報提供と被験者の同意)
- cell line 細胞株(研究で使用される細胞)
- peer review 査読(投稿された論文をその学問分野の専門家が読んで評価する過程)
- iterate 繰り返す

資料3



再現問題：第2問

【シナリオ】

脳はからだの機能をコントロールする中枢であると同時に、思考や感情をつかさどるユニークな役割を担っています。今、この問題文を読んでいるみなさんの脳では「文字を見る」「把握する」「理解する」といった情報を統合・整理しつつ、「どのような問題が出るのだろう」という不安や期待が入り混じった感情も情報のひとつとして処理されています。脳はその領域ごとに働きが異なり、例えば「文字を見る」という情報は視覚野で、「把握する・理解する」のは前頭前野で情報が処理されています。複雑な思いや感情はひとつの脳領域だけが働いているのではなく、脳領域同士の接続、つまりネットワークの構築によって制御されています。この脳のネットワークの成熟時期は領域ごとに異なり、思春期の頃からはじまり、後頭葉から前頭葉に向かって徐々に成熟していきます。この成熟時期のずれが様々な問題をもたらす一方で、いい影響ももたらします。資料には、脳の発達について書かれています。これらの資料を読んで、設問に答えてください。

【設問】

問1 大脳辺縁系や前頭前皮質はどのような機能を司る領域だと考えられるか。(A)、(B)、(C)、(D)に当てはまる言葉を資料中から探して、それぞれ2字で答えなさい。

問2 大脳辺縁系と前頭前皮質の成熟にはずれが生じる。その「タイミング」と「成熟度合い」について、解答欄にそれぞれ描き込みなさい。ただし、「語句」は使わず、線、三角形、矢印や濃淡などを用いて、はっきりとわかるように図示すること。

問3 思春期と25歳における脳領域間の接続の数や強さの違いについて、解答欄にある脳の模式図に「ノード」と「エッジ」を使用して描きなさい。

問4 10代の脳の構造的および機能的特徴について、35字以内で説明しなさい。

問5 青年期を迎えた若者は前頭前皮質が成熟するまでの間どのように過ごすべきか。資料に沿って50字程度で述べなさい。

問6 資料に適切な日本語のタイトルを5字以上10字以内でつけなさい

資料

ティーンエイジャー(10代)の脳は矛盾に満ちていて、生物における失敗例だとしばしば揶揄される。10代の若者が危険な、あるいは攻撃的な行動をとったり、まったく不可解な振る舞いをしたりするのは、脳に何らかの欠陥があるからだと言った神経科学者は説明してきた。

だが、過去10年間の革新的な研究によって、この見方が誤りであることが判明した。10代の脳は欠陥品ではないし、大人の脳の生煮え版でもない。子どもの脳とも大人の脳とも異なる働きをするように進化の過程で作り上げられてきたのだ。

10代の脳の最大の特徴は、脳領域間のネットワークを変更

することによって環境に応じて変化できることだ。この特別な可変性、つまり「可塑性」は両刃の剣だ。可塑性のおかげで、10代の若者は思考と社会性の両面で大きく成長できるが、一方で危険な行動に走ったり、深刻な精神障害を発症したりしやすい。

最新の研究によると、こうした危険な行動は大脳辺縁系のネットワークと前頭前皮質のネットワークの成熟時期のずれに起因している。大脳辺縁系は(A)をつかさどる領域で、思春期に急激に発達する。一方、健全な(C)と衝動の制御を促す前頭前皮質は、大脳辺縁系に遅れて成熟する。実際、20代になっても前頭前皮質が顕著に変わり続けてい

ることが明らかになっている。さらに、思春期の開始時期が早まる傾向にあり、この「ミスマッチ期間」が長期化している。

若者が最終的に大人らしく振る舞うようになるためのカギは、これまで考えられてきたような脳領域の成長ではなく、脳領域を結ぶネットワークの可塑性にある。このことを理解し、現代の若者では感情と判断それぞれをつかさどるネットワークの発達時期のずれが拡大していることを認識することは、親や教師、カウンセラー、そして若者自身を助けることにつながる。危険を冒したり、刺激を求めたり、親に背を向けて仲間に向かうなどの行動は、認知や感情に問題がある兆候ではないことがわかるだろう。こうした行動は脳の発達の自然な結果であり、複雑な世界をうまく生き抜いていく方法を学習中の若者にとって正常な行動なのだ。

このことを理解していれば、大人がいつ介入すべきかの判断にも役立つ。15歳の少女が服装や音楽、政治に関して親の好みを受け入れなくなると、両親は戸惑うかもしれない。だが、それは娘の精神が病んでいるからではない。16歳の少年がヘルメットを着用せずにスケートボードに乗ったり、友人からの危険な挑戦を受けたりするのは捨て置けないことではあるが、自傷したいからではなく、考えの浅さと周囲からプレッシャーを感じていることの発露である可能性が高い。だが、他の探索行動や攻撃的行動の中には、危険信号を発しているものもあるかもしれない。

10代のユニークな脳への理解を深めることによって、異常に思える行動でもそれが年齢相応のものなのか、病気の兆候なのかを区別できるようになる。さらに、10代の若者の薬物依存や性感染症、交通事故、望まない妊娠、殺人事件、うつ病、自殺の発生率を下げることもできるだろう。

接続性の増強

16歳の脳が8歳の脳とは異なっていると聞いて驚く10代の若者の親はほとんどいないだろう。だが、この違いを科学的に明示するのは容易なことではない。脳は強靱な革のような膜に包まれ、液体をたたえた堀のようなものに囲まれ、骨の中に完全に収まっているため、転落や敵の攻撃、さらには科学者の好奇心からも十分に保護されている。

CT スキャナーや PET(陽電子断層撮影装置)などの画像化技術によって脳研究はある程度進展したものの、電離放射

線を出すこれらの装置を使って若者の脳を網羅的に研究することは倫理的に許されなかった。その後、MRI(磁気共鳴断層撮影装置)が発明されたことで、ようやくあらゆる年齢の脳の解剖学的・生理学的研究を安全かつ正確に遂行できるようになった。

現在、何千人もの双子や個人を生涯にわたって追跡する研究が進行中だ。その研究から一貫して見えてきたのは、青年期の脳はサイズが大きくなることによって成熟するわけではないということだ。脳は異なる領域どうしがより多く接続されることによって、そして各領域がより専門化することによって成熟する。

脳領域間の接続の増加は、MRI 画像で白質の体積の増加として確認できる。白質が白く見えるのは、ミエリンと呼ばれる脂質のためだ。ミエリンはニューロンの細胞体から伸びる長いワイヤ(軸索)を覆って絶縁する。ミエリンの鞘の形成(ミエリン化)は児童期から成人期にかけて起こり、ニューロン間の神経インパルスの伝導性を著しく高める。ミエリン化された軸索は、されていないものよりも最高で100倍速くシグナルを伝達する。

ミエリン化によって脳の情報処理速度も向上する。軸索が発火後に素早く回復できるようになり、次のメッセージを伝える準備が整うからだ。回復時間の短縮によって、特定のニューロンが情報を伝達できる頻度が最高で30倍高まる。伝達速度の向上と組み合わせると、成人の脳の計算処理能力は乳児のものより3000倍も高まり、脳領域間の大規模で複雑なネットワーク通信が可能になる。

最近の研究によると、ミエリンには別の、より繊細な役割があるようだ。ニューロンは他のニューロンからの情報を統合するが、発火してそれを伝えるのは、入力がある電氣的閾値を超えた場合のみだ。ニューロンが発火すると一連の分子変化が引き起こされ、そのニューロンと入力情報を送ってきたニューロンとの間の接続、すなわちシナプスが増強される。

このような接続の強化は学習の基礎となっている。あるニューロンに近くや遠くのニューロンからの入力が同時に到着した場合、この伝達は絶妙にタイミングが計られていたはずで、ミエリンがこのタイミングの微調整に深く関与していることが最近の研究で明らかになってきた。10代にはミエリンが急増し、様々な認知タスクの最中に脳の異なる領域の活動が統合され、調整されるようになる。現在、

この相互接続性の変化をグラフ理論を応用することによって科学的に測定できるようになっている。グラフ理論はネットワークの「ノード」と「エッジ」の関係を定量化する数学の一分野だ。ノードはニューロン単体でも、海馬といった脳組織でも、前頭前皮質のようなより大きな領域でもよい。エッジはそれらノードを結ぶ接続で、ニューロン間のシナプスといった物理的接続を考へることも、ある認知タスクを実行中に2つの脳領域が同じように活性化される場合といった統計学的な相関関係を考へることもできる。

グラフ理論のおかげで、様々な脳領域がどのように発達して相互に接続するかを調べ、それを行動や認知の変化と関連づけられるようになった。脳の変化は青年期に限ったことではない。脳の神経回路のほとんどが母親の胎内で発達し、青年期にとどまらず生涯を通して変化し続ける。だが、青年期には判断や処世、長期的な計画に関わる脳領域間の接続が劇的に増加することが判明した。そうした能力は個人のそ

の後の人生に多大な影響を及ぼす。

専門化する時期

青年期には白質が発達するとともに別の変化も起こる。脳の発達、自然界における他の複雑なプロセスと同様、過剰生産とその後の選択的除去というワンツーパンチで進む。ミケランジェロがダビデ像を大理石の塊から削り出したように、多くの認知的進歩は選択的除去の過程で起こる。この過程で、使われていない、あるいは不適切な脳細胞の接続は刈り込まれ、頻繁に使われる接続は強化される。こうした刈り込みと強化は生涯を通して行われるが、青年期にはそのバランスが刈り込みに偏っており、脳は環境の要求に合うよう自身を作り上げる。

使われていないニューロン間の接続が除去されて脳の灰白質が減ると、専門化が起こる。灰白質は主としてニューロンの細胞体や樹状突起(神経細胞から伸びるアンテナのようなもので、他のニューロンから情報を受け取る)、特定の軸索など、ミエリンに包まれていない構造からなる。一般に、灰白質は児童期に増加して10歳頃に最大になり、青年期を通して減少する。成人期には横ばいで、老齢期にいくぶん減少する。脳細胞間の情報伝達を調節するドーパミンやセロトニン、グルタミン酸などの神経伝達物質に反

応するニューロン上の受容体密度も同じようなパターンで増減する。

灰白質の量は思春期に最大になるが、脳の領域別に見るとその時期はそれぞれ異なる。一次感覚運動野(光や音、におい、味、感触を感じとって反応する領域)の灰白質の量が最も早くピークに達することがわかっている。最後にピークに達するのは、実行機能(組織化や意思決定、計画、感情の制御など多岐にわたる能力)に不可欠な前頭前皮質の灰白質だ。

前頭前皮質の重要な特徴は、頭の中で時間旅行をすることによって起こりうる状況を想像できること、つまり危険をはらむ現実世界に身を置く代わりに、頭の中でシミュレーションして過去や現在、起こりうる未来の結果を検討できることだ。哲学者のポパー(Karl Popper)が述べたように、自らを危険にさらす代わりに「私たちの理論が私たちの代わりに死ぬ」のだ。認知的に成熟すると、実行機能のおかげで、ささやかで短期的な(B)よりも、より大きくより長期的な(B)を選択するようになる。

前頭前皮質は社会的認知(複雑な社会的関係をうまく乗り切ったり、敵と友人を見分けたり、グループ内で自分を守ってくれる人を見つけたり、「異性を引きつける」という青年期の最重要使命を実行したりする能力)に関係する神経回路の重要な要素でもある。従って、青年期は灰白質と白質の変化によって特徴付けられる。それらの変化が脳領域間のネットワークを一変させ、成人の脳が形成される。前頭前皮質の機能が10代の若者に欠如しているわけではない。発達途上にあるだけだ。前頭前皮質は20代になってようやく機能的に成熟するため、10代の若者は(D)の制御やリスクと報酬の判断に苦労するのだろう。

成熟のミスマッチ

前頭前皮質とは異なり、ホルモンの影響を受ける大脳辺縁系は思春期(通常10~12歳に始まる)に激変する。大脳辺縁系は感情と報酬感を制御しており、また、青年期には前頭前皮質と相互作用して、新奇探索や冒険、仲間との交流への移行を促す。生物学的に深く根づいていて、すべての社会的哺乳類に見られるこうした行動は、快適で安全な家族から離れ、新しい環境を探検して外部の人々との関係を求めるよう10代前半の少年・少女に働きかける。

こうした行動は近親婚の可能性を減らし、遺伝的により健

康な集団を作ること寄与するが、大きな危険に身をさらすことにもつながる。特に、健全な判断力がまだ備わっていない若者がドラッグや銃、スピードの出る乗り物など現代の誘惑にさらされる場合には。

つまり、10代の若者が危険な行動に走りやすい最大の理由は、実行機能の発達時期が遅いからでも感情的に行動し始める時期が早いからでもなく、これら2つの時期のずれにある。思春期を迎えたばかりの若者を大脳辺縁系が感情的に駆り立てる一方、25歳頃になるまで前頭前皮質による制御がうまく機能しないのなら、感情的な思考と思慮深い思考が不均衡な時期が10年も続くことになる。さらに、思春期の開始時期が世界的に早まる傾向にあり、危険な行動や刺激を求める行動が増え始める時期と、前頭前皮質が強化されて安定化する時期のずれが拡大している。

この発達時期のずれの拡大は、「10代はもはや青年期と同義語ではない」という広く受け入れられ始めた考え方を支持している。児童期と成人期の過渡期として定義されている青年期は、思春期の開始とともに始まり、独立して大人としての役割を担うようになると終わる。つまり、青年期の始まりは生物学的に、終わりは社会的に定義されている。米国では、結婚や出産、家の所有といった大人としての役割を獲得する時期が、1970年代よりも5年ほど遅くなっている。

成人の定義に社会的要因が大きく影響することから、青年期は生物学的な事実というよりは、むしろ産業革命以後の育児における変化の産物だと説く心理学者もいる。だが、双子の研究(異なる経験をしている双子を追跡することによって、遺伝子と環境の影響を比較する)は、社会的要因が生物学的要因よりもはるかに優位だという見方に異議を唱える。白質と灰白質の生物学的な成熟のペースは環境からいくらか影響を受けるものの、基本的なタイミングは生物学的な制御下にあることが示されている。社会学者もこのことを理解している。冒険や刺激を求める行動、仲間に関心が向かうことは、程度の差こそあれ、あらゆる文化で見られるのだ。

脆弱性と飛躍のチャンス

MRIで確認できる灰白質と白質、ネットワークの発達は、10代の脳の発達における最も顕著な特徴は変化が大きいことであるという見解を裏付けている。一般に、この可塑

性は成人期に低下していくが、人間はある程度の可塑性を他の動物よりも長く維持する。

遅い成熟と可塑性の長期維持によって、私たちは個人の成長においても人類全体の進化においても“選択肢を広げたままにしておく”ことができる。私たちは凍てつく北極から赤道直下の暑い島々まであらゆる場所で生活できる。私たちの脳が開発した技術によって、地球を周回する宇宙船でも生きられる。1万年前(進化の時間スケールではほんの一瞬前のことだ)、私たち人類はほとんどの時間を食物と住居を確保することに費やしていた。今日、私たちの多くは起きている時間のほとんどを言葉とシンボルの処理に使っている。読むという行為がほんの5000年前に始まったことを考えると、特筆すべきことだ。

長期にわたる可塑性は私たち人類にとってプラスに働いているが、機会とともに脆弱性ももたらしている。青年期は不安障害や双極性障害、うつ病、摂食障害、精神病、薬物乱用などの精神障害の発症率が最も高い時期だ。驚くべきことに、精神疾患の経験者の50%は14歳までに、75%は24歳までに発症している。

青年期の脳の典型的な変化と精神疾患の発症との関係は複雑だが、基本にあるのは「可動部は壊れる」ということだろう。つまり、白質や灰白質、ネットワークが大規模に変化するために、問題が生じる可能性が高くなるということだ。例えば、成人の統合失調症に見られる脳の異常のほぼすべてが、青年期の脳の典型的な発達が行き過ぎたものとよく似ている。

他の多くの面では、青年期は生涯で最も健康的な時期だ。免疫系の機能ががんに対する抵抗力、暑さや寒さへの耐性などは人生の中で最も高い。身体的に丈夫であるにもかかわらず、10代の若者が重病を発症したり死亡したりする確率は児童よりも2~3倍高い。10代の死因の第1位は交通事故で、半数以上を占める。以下、殺人、自殺と続く。望まない妊娠や性感染症、犯罪の発生率も高く、それらはその後の人生に大きく影響する。

医師や親、教師、若者自身はこうした落とし穴にどう対処すればよいのだろう。精神医学において新薬が不足していることと、青年期の脳が環境に影響されやすいことを考えると、薬物療法ではない介入が効果的だろう。とりわけ白質と灰白質、ネットワークが急速に変化している青年期の初期に実施するのが最善だ。

強迫性障害の治療が1つの好例だ。患者を強迫的な衝動に駆られる状況にさらし、患者の反応を少しずつ変化させる行動療法は、極めて有効である可能性があり、障害が一生続くのを回避できるかもしれない。脳が10代を通じて変化しうることが理解すれば、あの若者には見込みがないなどという見方はなくなり、介入によって10代の若者の人生を変えることができると楽観的に考えられるようになる。

研究の進展も助けになる。青年期に関する研究の基盤は十分に整備されているとはいえない。こうした研究に対する資金は乏しく、青年期を専門とする神経科学者は少ない。だが、朗報もある。青年期の脳の発達のメカニズムと影響が明らかになるにつれ、より多くの研究資金と科学者がこの分野に吸い寄せられている。多くの科学者が10代の若

者のリスクを最小限に抑え、彼らの脳の驚くべき可塑性を活かしたいと切望している。

青年期の脳がユニークで急速に変化することを理解することによって、親や社会、若者自身も10代特有のリスクにうまく対処できるようになり、彼らに与えられた機会を生かせるようになるだろう。前頭前皮質の実行機能がまだ発達途上であることを知っていれば、親は娘が突然髪の毛をオレンジ色に染めても過剰反応せず、数年後にはもっと良い判断を下せるようになるだろうと期待して、心を慰めることができるだろう。また、脳の可塑性は10代の若者が自由や責任といった問題について親と建設的に話し合うことで、彼らの脳の発達に良い影響を及ぼすことができることを示唆している。

(出典：日経サイエンス 2016年3月号)

類題 A：一部（シナリオ）を除き、秋田大学医学部の過去問(2025 年)を参考に作成しました。

【シナリオ】

あなたの家で飼っている犬や猫が、もし自分と同じくらいの寿命をもつとしたらどうだろうか。多くの
人にとってペットは家族同然の存在であるが、その別れは往々にして人間より早く訪れる。平均寿命が
十数年の犬や猫に対し、人間はその数倍の時間を生きる。だが、近年の研究では、ペットの寿命は医療
や食事の改善によって延びつつあり、長生きする個体も現れている。さらに、遺伝子やホルモン、感染
症のリスクなど、寿命に影響を与える要因が少しずつ解明されつつある。ペットを対象とした研究は、
単なる動物学にとどまらず、人間の老化や病気の理解にもつながる可能性をもつ。もし犬が 300 年生
きられるとしたら、それは夢物語だろうか、それとも未来の医療が切り開く現実だろうか。本資料を通
じて、寿命と老化の仕組み、さらにはその医学的・社会的意味について考えてみたい。

【設問】

問 1 下線部①と②の why に対する答えとして、著者はどのように述べているか、それぞれ 80 文字
以内の日本語で答えなさい。

問 2 下線部③で Steven Austad 氏が述べている lesson とは具体的に何を指しているか、50 文字以内
の日本語で答えなさい。

問 3 下線部 4 で著者が述べていることを説明した上で、本題目である A dog that lives 300years?に
対する答えを考察し、300 文字以内の日本語で答えなさい。

資料

Jeanne Calment has nothing on Creme Puff, the cat. The oldest living human made it to the ripe age of 122 - not bad for a species with an average life span of 71 years. But Creme Puff, a Texas feline that allegedly subsisted on bacon, broccoli, and heavy cream, more than doubled the longevity of her kind, surviving a reported 38 years. Bluey, an Australian cattle dog, was no slouch either. At age 29, he became the oldest canine on record, living more than twice as long as the average pooch.

For centuries, scientists have tried to understand the human life span. What sets the limits? What can be done to slow down the clock? Now, they're beginning to ask the same questions of our pets. As in humans, the answers have been hard to come by. But some intriguing hypotheses are emerging -

ideas that may help explain everything from ① why small dogs live longer than big ones to ② why cats tend to outlast our canine pals.

Figuring out how animals age is a "fascinating problem," says Daniel Promislow, an evolutionary geneticist at the University of Washington, Seattle, and co-leader of the Dog Aging Project, which aims to extend the canine life span. "It integrates behavior, reproduction, ecology, and evolution. If we can understand how to improve the quality and length of life, it's good for our pets and it's good for us. It's a win-win."

Scientists have been pondering the mysteries of aging for more than 2000 years. "The reasons for some animals being long-lived and others short-

lived, and, in a word, causes of the length and brevity of life call for investigation," wrote Aristotle in 350 B.C.E. The Greek philosopher suspected the answer had something to do with moisture: Elephants outlast mice, he reasoned, because they contain more liquid and thus take longer to dry up. The idea hasn't exactly held water, but Aristotle's observation that bigger animals tend to live longer has. Indeed, it's the only trend today's scientists agree on.

"All of the other hypotheses have fallen apart," says Steven Austad, a biogerontologist at the University of Alabama, Birmingham. One of the most popular ideas of the past 100 years has been that animals with higher metabolic rates live shorter lives because they run out their body clock faster. But "it hasn't held up," Austad says. Parrot hearts can beat up to 600 times per minute, for example, but they outlive by decades many creatures with slower tickers. Other assumptions, for example that short-lived animals generate more tissue-damaging free radicals or have cells that stop dividing sooner, also lack strong evidence. "A lot of simple stories have vanished," he says.

Austad should know something about animals. He worked as a lion trainer in the early 1970s, until one of the big cats tore up his leg — an injury that persuaded him to study, rather than tame, the world's creatures. By the mid-1980s, he was observing opossum behavior in Venezuela as a postdoc when he began to notice how quickly the marsupials aged. "They'd go from being in great shape to having cataracts and muscle wasting in 3 months," he says. Austad also noticed something even more intriguing: Opossums on a nearby island free from predators seemed to age slower — and live longer — than their mainland

counterparts.

The observation helped explain why Aristotle's key insight continues to hold true. Large animals tend to live longer, says Austad, because they face fewer dangers. It's not a simple question of survival, he says, but rather the result of millions of years of evolutionary pressure. Whales and elephants can afford to take their time growing because no one is going to attack them, he explains. And that means they can invest resources in robust bodies that will allow them to sire many rounds of offspring. Mice and other heavily preyed-on small animals, on the other hand, live life in fast-forward: They need to put their energy into growing and reproducing quickly, not into developing hardy immune systems, Austad says. "You wouldn't put a \$1000 crystal on a \$5 watch."

When it comes to our pets, the bigger-is-better theory gets flipped on its ear. Cats live an average of 15 years, compared with about 12 years for dogs, despite generally being smaller. And small dogs can live twice as long as large ones.

③ Yet the lesson of Austad's opossums may still apply. Gray wolves, the ancestors of dogs, live a maximum of 11 or 12 years in the wild, whereas wildcats can live up to 16 years. This suggests that the two species face different evolutionary pressures, Austad says. Wolves are more social than cats and thus more likely to spread infectious disease, he says; wildcats, on the other hand, keep to themselves, reducing the spread of disease, and are adept at defending against predators. "Cats are so incredibly well-armed, they're like porcupines" — an animal that notably also has a long life span for its size, more than 20 years. Indeed, two other small animals that are good at avoiding danger, naked mole rats and bats, can live 30 and 40 years,

respectively. (Mole rats spend most of their time underground, whereas bats can simply fly away.) Mice, meanwhile, live just a couple of years — unless they're eaten first.

When it comes to why small dogs tend to outlive big ones, the story gets a bit more complicated. Large dogs like the 70-kilogram Irish Wolfhound are lucky to make it to age 7, whereas tiny pooches like the 4-kilo Papillon can live 10 years longer. Most dog breeds are less than a couple of hundred years old, so evolutionary pressure clearly isn't at work. Instead, hormones like insulin-like growth factor 1, which swells dogs to big sizes, may play a role; researchers have linked the protein to shorter life spans in a variety of species, though the mechanism is unclear. Larger canines also tend to grow faster, notes the Dog Aging Project's Promislow, which could result in "jerry-built" bodies that are more susceptible to complications and disease. Big dogs do tend to have more health problems than small ones - German Shepherds are prone to hip dysplasia, for example, and Siberian Huskies are plagued by autoimmune disorders - though these could also be the result of inbreeding.

Despite the differences between cats and dogs, both pets are living longer than ever before. Dog life expectancy has doubled in the past 4 decades, and housecats now live twice as long as their feral counterparts. The reasons can largely be chalked up to better health care and better diet. Americans will spend \$60 billion on their pets this year, with a large chunk of that going to humanlike health care (think annual physicals and open-heart surgery) and premium food. "The same things that allow us to live longer also apply to our pets," says João Pedro de Magalhães, a biogerontologist at the University of Liverpool in the United Kingdom who maintains AnAge, the world's largest database of

animal life spans. **④ The trend may not continue,** though: More than half of U.S. pets are overweight or obese, and they are exposed to the same pollutants and carcinogens we are.

All of this uniquely positions dogs and cats to solve the riddle of how we ourselves grow old. After all, we have more medical records on them than on any other animal, save humans, and we learn more about their biology and genomes every day. Perhaps they hold the clues to slowing down the body clock for all of us — and maybe even stopping it. "I don't think there's a set max. longevity for any species," Magalhães says. "The real question is, 'How far can we go?' Maybe a thousand years from now you could have a dog that lives 300 years."

That's good news, especially if our life spans increase dramatically as well. After all, who wants to live forever if you can't live with your best friend?

B.C.E：紀元前

Philosopher：哲学者

Opossum：フクロネズミ

Marsupials：有袋類

Cataracts：白内障

Porcupines：ヤマアラシ

Mole rats：メクラネズミ

hip dysplasia：股関節形成不全

autoimmune disorders：自己免疫不全

inbreeding：同系繁殖

biogerontologist：生物老年学者

pollutants：汚染物質

carcinogens：発癌物質

<出典: David Grimm, A dog that lives 300 years? Solving the mysteries of aging in our pets, Cats and dogs are revealing some surprising insights into animal life spans, Science, News Feature. 3 DEC 2015 より引用>

類題 B：一部（シナリオ）を除き、秋田大学医学部の過去問(2023 年)を参考に作成しました。

【シナリオ】

21 世紀の社会は、過去の経験や常識がそのまま通用しない世界となりつつある。AI が人間の感情を操作し、アルゴリズムが一人ひとりの行動を監視・予測する時代では、単に知識を蓄えるだけでは不十分である。50 歳を過ぎても変化に適応できなければ、社会から取り残されるかもしれない。人間には柔軟に学び直し、自分をつくり変える力が必要とされている。しかし、従来の「一斉授業型」の教育は、そのような力を十分に育ててこなかった。著者は、これから生きる若者に対し、大人の言葉や技術に疑いなく従うのではなく、自らを理解し、自律的に判断できる存在になるべきだと警告している。アルゴリズムに自分の選択を奪われるか、人間らしい価値観に基づいて未来を切り開くか。これは私たちが直面する避けられない問いである。

【設問】

問 1 下線部①が示す具体的な手法を 150 字以内で述べなさい。

問 2 著者は、本問題で引用されていない部分でも、同じ出典の中で下線部②について論じており、学校で教えることが重要な能力を「4 つの C」として挙げている。これらを自分で類推して、いずれも最初の文字が C となる 4 つの英単語で答えなさい。

問 3 下線部③に権限を委ねないことで、あなた方が得ることができる未来を 150 字以内で述べなさい。

資料

By the time you are fifty, you don't want change, and most people have given up on conquering the world. Been there, done that, got the T-shirt. You prefer stability. You have invested so much in your skills, your career, your identity, and your worldview that you don't want to start all over again. The harder you've worked on building something, the more difficult it is to let go of it and make room for something new. You might still cherish new experiences and minor adjustments, but most people in their fifties aren't ready to overhaul the deep structures of their identity and personality.

There are neurological reasons for this. Though the adult brain is more flexible and volatile than was once thought, it is still less malleable than the teenage brain. Reconnecting neurons and rewiring synapses is hard work. But in the twenty-first century, you can't afford stability. If you try to hold on to some stable identity, job, or worldview, you risk

being left behind as the world flies by you with a whoosh. Given that life expectancy is likely to increase, you might subsequently have to spend many decades as a clueless fossil. To stay relevant— not just economically but above all socially—you will need the ability to constantly learn and to reinvent yourself, certainly at a young age like fifty. As strangeness becomes the new normal, your past experiences, as well as the past experiences of the whole of humanity, will become less reliable guides. Humans as individuals and humankind as a whole will increasingly have to deal with things nobody ever encountered before, such as superintelligent machines, engineered bodies, algorithms that can manipulate your emotions with uncanny precision, rapid man-made climate cataclysms, and the need to change your profession every decade. What is the right thing to do when confronting a completely unprecedented situation? How should you act

when you are flooded by enormous amounts of information and there is absolutely no way you can absorb and analyze it all? How do you live in a world where profound uncertainty is not a bug but a feature?

To survive and flourish in such a world, you will need a lot of mental flexibility and great reserves of emotional balance.

You will have to repeatedly let go of some of what you know best and learn to feel at home with the unknown.

Unfortunately, teaching kids to embrace the unknown while maintaining their mental balance is far more difficult than teaching them an equation in physics or the causes of the First World War. You cannot learn resilience by reading a book or listening to a lecture. Teachers themselves usually lack the mental flexibility that the twenty-first century demands, since they themselves are the product of ① the

old educational system.

The Industrial Revolution has bequeathed us the production-line theory of education. In the middle of town there is a large concrete building divided into many identical rooms, each room equipped with rows of desks and chairs. At the sound of a bell, you go to one of these rooms together with thirty other kids who were all born the same year as you. Every hour a different grown-up walks in and starts talking. The grown-ups are all paid to do so by the government. One of them tells you about the shape of the earth, another tells you about the human past, and a third tells you about the human body. It is easy to laugh at this model, and almost everybody agrees that no matter its past achievements, it is now bankrupt. But so far we haven't created ② a viable alternative. Certainly not a scalable alternative that can be implemented in rural Mexico rather than just in wealthy California suburbs.

So the best advice I can give a fifteen-year-old stuck in an outdated school somewhere in Mexico, India, or Alabama is: don't rely on the adults too much. Most of them mean well, but they just don't understand the world. In the past, it was a relatively safe bet to follow the adults, because they knew the world quite well, and the world changed slowly. But the twenty-first century is going to be different.

Because of the increasing pace of change, you can never be certain whether what the adults are telling you is timeless wisdom or outdated bias.

So on what can you rely instead? Perhaps on technology?

That's an even riskier gamble. Technology can help you a lot, but if technology gains too much power over your life, you might become a hostage to its agenda. Thousands of years ago humans invented agriculture, but this technology enriched just a tiny elite while enslaving the majority of humans. Most people found themselves working from sunrise till sunset plucking weeds, carrying water buckets, and harvesting corn under a blazing sun. It could happen to you too.

Technology isn't bad. If you know what you want in life, technology can help you get it. But if you don't know what you want in life, it will be all too easy for technology to shape your aims for you and take control of your life. Especially as technology gets better at understanding humans, you might increasingly find yourself serving it, instead of it serving you. Have you seen those zombies who roam the streets with their faces glued to their smartphones? Do you think they control the technology, or does the technology control them? Should you rely on yourself, then? That sounds great on Sesame Street or in an old-fashioned Disney film, but in real life it doesn't work so well. Even Disney is coming to realize it. Just like Riley Andersen, most people barely know themselves, and when they try to "listen to themselves" they easily become prey to external manipulations. The voice we hear inside our heads is never trustworthy, because it always reflects state propaganda, ideological brainwashing, and commercial advertisements, not to mention biochemical bugs.

As biotechnology and machine learning improve, it will become easier to manipulate people's deepest emotions and desires, and it will become more dangerous than ever to just follow your heart. When Coca-Cola, Amazon, Baidu, or the government knows how to pull the strings of your heart and press the buttons of your brain, will you still be able to tell the difference between yourself and their marketing experts?

To succeed at such a daunting task, you will need to work very hard at getting to know your operating system better-to know what you are and what you want from life. This is, of course, the oldest advice in the book: know thyself. For thousands of years philosophers and prophets have urged people to know themselves. But this advice was never more urgent than in the twenty-first century, because unlike in the days of Laozi or Socrates, now you have serious competition. Coca-Cola, Amazon, Baidu, and the government are all racing to hack you. Not your smartphone, not your computer, and not your bank account; they are in a race to hack you and your organic operating system. You might have heard that we are living in the era of hacking computers, but that's not even half the truth. In fact, we are living in the era of hacking humans.

③The algorithms are watching you right now. They are watching where you go, what you buy, whom you meet. Soon they will monitor all your steps, all your breaths, all your heartbeats. They are relying on Big Data and machine learning to get to know you better and better. And once these algorithms know you better than you know yourself, they can control and manipulate you, and you won't be able to do much about it. You will live in the matrix, or in The Truman Show. In the end, it's a simple empirical matter: if the algorithms indeed understand what's happening within you better than you understand it yourself, authority will shift to them.

<出典:Yuval Noah Harari. 著, 2018, 21 Lessons for the 21st Century より抜粋, 一部改変 >

類題C：！（驚き）＋？（疑問）に関する受講生のつぶやき「ダムにでっかい魚がいた！この魚は美味しいのか？」を起点に作成してみました。

【シナリオ】

「美味しい」という感覚は、単一の基準では測れない、極めて多面的な概念である。それは、生物としての生理的な反応、社会の一員としての文化的・認知的影響、そして個人としての内面的な経験や価値観が複雑に絡み合い、形成される。

「美味しさ」とは、人間の五感と神経系が織りなす生理的快楽であり、同時に、過去の経験や期待、社会的文脈によって意味づけられる文化的構築物である。そして究極的には、個人のアイデンティティや価値観を反映し、自己と世界との関係を再認識させる哲学的な問いかけでもある。

したがって、美味しさを深く理解することは、人間が世界をどのように知覚し、意味を付与し、そして自己を形成していくかを理解することに等しい。食は、我々の最も根源的な欲求を満たす一方で、文化、社会、そして個人の内面を映し出す、かけがえのない鏡なのである。

【設問】

問1 本文では、美味しさを形成する要素として、自然科学、社会科学、人文学の三つの視点が提示されている。それぞれの視点から「美味しい」がどのように捉えられているか、本文の記述を参考に具体的に説明しなさい。(150字)

問2 本文中に「食は、人間が世界をどのように知覚し、意味を付与し、そして自己を形成していくかを理解することに等しい」とある。この主張を、「記憶と経験」および「社会的状況」の項目と、本文で述べられている「プラセボ効果」の概念を関連付けて論じなさい。(200字)

問3 「社会的・文化的基準」の項目には、「ある文化ではご馳走とされるものが、別の文化では食べられない、あるいは不味いと感じられることがある」とある。この文化的差異が生まれる背景について、本文の内容を踏まえて多角的に考察しなさい。また、現代社会における食のグローバル化が、この文化的差異にどのような影響を与えているか、あなたの考えを述べなさい。(300字)

問4 本文では、美味しさが「生理的な快楽と深く結びついている」一方で、「自己と世界との関係を再認識させる哲学的な問いかけ」であると述べられている。あなた自身の経験を具体例として挙げながら、この「生理的な快楽」と「哲学的な問いかけ」がどのように結びついているか、あるいは食を通じて自己や世界について考えさせられた経験について、自由に論述しなさい。(300字)

資料

味覚と嗅覚は、美味しさを決定する上で最も基本的な感覚である。舌の味蕾が甘味、旨味、塩味、酸味、苦味の五基本味を感知する。これらの味覚は、それぞれ異なる生化学的メカニズムを通じて脳に情報が伝達される。例えば、甘味はエネルギー源である糖分の存在を示唆し、脳の報酬系を活性化させる。旨味は、タンパク質の存在

を知らせ、身体が必要とする栄養素を得る満足感につながる。

しかし、食べ物の風味の大部分は、実は嗅覚によって決まる。食べ物を口に入れた際に鼻腔から抜ける「香り」を、神経科学では「レトロネーザルアロマ」（後鼻腔性嗅覚）と呼ぶ。これは、鼻から吸い込む「オルソネーザル

アロマ」(前鼻腔性嗅覚)とは異なり、味覚情報と組み合わせ、より複雑な風味の知覚を生み出す。この味覚と嗅覚のシームレスな統合は、大脳皮質の特定の領域で行われ、最終的な「美味しい」という感覚を形成する。このプロセスは、あたかも音楽の和音のように、複数の感覚情報が融合して新たなハーモニーを生み出すかのようだ。

食感(テクスチャー)は、物理的な性質が美味しさに直接影響を与える例だ。硬さ、粘度、弾力性といった物理的特性は、食べ物を咀嚼する際の歯や舌への圧力、振動として知覚される。たとえば、パリッとした食感は、食べ物内部に存在する気泡や結晶構造の破壊音として耳に届き、同時に触覚を通じて脳に伝わる。この物理的情報の統合が、食感の快感につながる。

また、「辛味」は、厳密には味覚ではなく、痛覚や温覚に近い。唐辛子に含まれるカプサイシンなどの化学物質が、舌の痛覚受容器を刺激することで生じる。この刺激は、身体の防御反応としてエンドルフィンの分泌を促すことがあり、これが「辛いけどやめられない」という一種の中毒性を生み出す。このように、美味しさとは、単なる「快」だけでなく、適度な「不快」や「刺激」も含まれ得る、生理学的な多義性を持つ。

文化人類学の視点から見ると、美味しさの基準は、その社会の歴史、気候、地理的条件、そして価値観を反映している。たとえば「昆虫食」や「ブルーチーズ」は、これを端的に示している。ある文化で忌避される食材が、別の文化では貴重なタンパク源や嗜好品となるのは、食をめぐる「意味づけ」が異なるからだ。食は単なる栄養摂取ではなく、共同体のアイデンティティを形成する重要な要素である。

また、食のタブーも社会科学の重要なテーマである。なぜ特定の動物を食べてはいけないのか、なぜ特定の調理法が好まれるのか。これらは、衛生観念、階級制度、宗教観など、その社会が持つ規範を反映している。例えば、イスラム教における豚肉の禁忌や、ヒンドゥー教における牛肉のタブーは、その宗教的世界観と密接に結びついている。

「高級食材」や「旬の食材」の例は、美味しさの知覚が、客観的な物理的・化学的性質だけでなく、心理的要因に大きく影響されることを示している。社会心理学で

は、これを「プラセボ効果」や「期待理論」として説明する。人は、特定の情報(「これは高級なワインだ」)を事前に与えられると、無意識のうちにその情報に沿った感覚を覚える。この効果は、脳の報酬系を活性化させ、実際の味覚の知覚を変化させることが、神経科学の研究でも示されている。

さらに、誰と一緒に食べるか、どのような雰囲気でするのかという社会的状況も、美味しさを大きく左右する。家族や友人との楽しい食事は、たとえ料理そのものが平凡であっても、ポジティブな感情と結びつき、より美味しく感じられる。これは、食事が単なる消費行動ではなく、人間関係を構築し、維持する「社会的儀礼」であることを示唆している。

現代社会では、食の生産、流通、消費はグローバルな経済システムに組み込まれている。たとえば「地元の食材」は、ローカリズムやサステナビリティといった価値観と結びついており、単なる味だけでなく、その背後にある物語や倫理観が美味しさの要素となっている。一方、ファストフードやコンビニエンスストアの食品は、均一な味と手軽さを追求することで、グローバルな消費者の「美味しさ」の基準を形成している。このグローバル化は、食の多様性を均質化する一方で、新たな食文化の融合を生み出し、美味しさの概念を絶えず変化させている。

「美味しい」という主観的な感覚は、哲学的な問いを投げかける。美味しさは、物理的な対象(食べ物)の属性なのか、それとも知覚する主観(人間)の心の状態なのか。カントは、美的な判断を「無関心な満足」と定義したが、食の美味しさは、生理的な快楽と深く結びついており、この概念とは異なる。アリストテレスが言うように、人間が「美食」を求めることは、単なる生存欲求を超えた、より高次の「善」の追求とも言えるかもしれない。

また、食は生と死、存在と消滅の象徴でもある。食べ物を口にし、消化し、身体の一部とすることは、外部の存在を自己に取り込む行為である。これは、世界との関わり方、ひいては自己のアイデンティティを形成する根源的なプロセスである。

文学や芸術は、食の多面性を鮮やかに描き出してきた。マルセル・ブルーストの小説『失われた時を求めて』に

登場する「マドレーヌ」の描写は、嗅覚と味覚が強烈な記憶を呼び覚ますさまを見事に表現している。これは、「記憶と経験」を文学的に昇華した例である。

また、食をテーマにした映画や絵画は、単に美味しそうな料理を描くだけでなく、食事を通して人間関係、家族の歴史、文化の移り変わりを描き出す。例えば、小津安二郎の映画では、食卓を囲む家族の姿が、高度経済成長期の日本の家族像を象徴的に示している。食は、人間の喜び、悲しみ、葛藤、そして希望を物語る重要な舞台なのだ。

現代社会では、食の選択が個人のアイデンティティを表現する手段となっている。ビーガン（完全菜食主義者）

やグルテンフリーの食生活を選ぶことは、健康志向だけでなく、環境倫理や動物愛護といった個人的な価値観を表明する行為である。このプロセスは、たとえば「文化的基準」が、グローバル化の中で個人の「美的判断」へと細分化・内面化されていく現代的な傾向を示している。

「苦勞して手に入れた」料理が美味しく感じるという感覚は、食が単なる消費ではなく、自己の努力や達成感と結びつくことを示している。自分で料理を作ることは、創造的な行為であり、食を通じて自己を表現し、自己を再確認するプロセスなのだ。