

時間 = 120分

問題 1 次の英文を読み、以下の設問に答えなさい。

What is this grand enterprise called *science* that has given such great power to humanity? It is organized knowledge of the real world and of ourselves, knowledge that can be tested and proven, as opposed to the beliefs that people hold from myths and legends. It is the combination of physical and mental operations that have become increasingly the habit of educated peoples, a culture that is dedicated to the most effective way ever conceived of for acquiring factual knowledge.

You will have heard the words “fact,” “hypothesis,”<sup>\*1</sup> and “theory” used constantly in the conduct of scientific research. When separated from experience and spoken of as ideas, these words are easily misunderstood and used in the wrong way. Only in case histories of research, by others and soon by you, will their full meaning become clear.

I'll give you an example of my own to show you what I mean. I started with a simple observation: ants remove their dead from the nests. Some species of ants just put the corpses<sup>\*2</sup> any place outside of the nest, while ants of other species place them in piles that might be called “graves.” The problem I saw in this behavior was simple but interesting: How does an ant know when another ant is dead? It was obvious to me that the recognition was not by sight. Ants recognize a corpse even in the complete darkness of the underground nest chambers. Furthermore, when the body is fresh and in a bright area, and even when it is lying on its back with its legs in the air, others ignore it. Only after a day or two of decomposition<sup>\*3</sup> does a body become a corpse to another ant. I guessed (made a hypothesis) that the ants that dispose of the corpses were using the smell of decomposition to recognize death. I further thought it likely (second hypothesis) that their response was stimulated by only a few of the substances that came from the body of the corpse. The inspiration for the second hypothesis was an established<sup>\*4</sup> principle of evolution: animals with small brains, which are the vast majority of animals on Earth, tend to use the simplest set of available data to guide them through life. A dead body offers dozens or hundreds of chemical data from which to choose. Humans can sort out these data, but ants, with brains much smaller than our own, cannot.

So if the hypotheses are true, which of these substances might stimulate the response to carry away a corpse — all of them, a few of them, or none? From chemical suppliers I obtained pure synthetic<sup>\*5</sup> samples of various decomposition substances, including various fatty acids<sup>\*6</sup> found in dead insects. I put small amounts of the substances on models of ant corpses made of paper and put the models into ant colonies.<sup>\*7</sup> After a lot of trial and error I found

that oleic acid\*<sup>8</sup> and one of its oleates\*<sup>9</sup> stimulate the response. The other substances were either ignored or caused alarm.

To repeat the experiment another way, I applied tiny amounts of oleic acid to the bodies of living worker ants. Would they be mistaken for corpses? Sure enough, they were picked up by other ants and carried to the grave. After they had cleaned themselves, they were permitted to return to the colony.

I then came up with another idea: insects of all kinds that scavenge\*<sup>10</sup> for a living find their way to dead animals or feces\*<sup>11</sup> by homing in on the scent. And they do so by using a very small number of decomposition chemicals. A general statement of this kind, widely applied, with at least a few facts here and there and some logical thinking behind it, is a theory. Many more experiments, applied to other species, would be required to turn it into what can be called a fact.

What, then, in broadest terms, is the scientific method? The method starts with the discovery of a phenomenon, such as mysterious ant behavior, or a previously unknown class of organic compounds, or a newly discovered species of plant. The scientist asks: What is the full nature of this phenomenon? What are its causes, its origin, and its consequences? Each of these questions poses a problem within the range of science. How do scientists proceed to find solutions? Always there are clues, and opinions are quickly formed from them concerning the solutions. These opinions, or just logical guesses as they often are, are the hypotheses. It is wise at the start to consider as many different solutions as possible, and then to test the whole, either one at a time or in groups, eliminating all but one.<sup>③</sup> This is called the method of multiple, competing\*<sup>12</sup> hypotheses. If something like this analysis is not followed — and, frankly, it often is not — individual scientists tend to concentrate on one alternative or another, especially if it is their original idea. After all, scientists are only human.

In this way, scientists proceed as best they can, thinking, guessing, experimenting, and gaining more information along the way. They persist until solid explanations can be put together and agreement emerges, sometimes quickly but at other times only after a long period.

[*Letters to A Young Scientist*, by Edward O. Wilson, Liveright Publishing Corporation, New York, (2013), pp. 55-59 より抜粋及び一部改変]

注

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| * 1 hypothesis : 仮説    | * 2 corpse : 死骸                  |
| * 3 decomposition : 腐敗 | * 4 established : 確立された          |
| * 5 synthetic : 合成の    | * 6 fatty acid : 脂肪酸             |
| * 7 colony : 群棲, コロニー  | * 8 oleic acid : オレイン酸(脂肪酸の一種)   |
| * 9 oleate : オレイン酸塩    | * 10 scavenge : (動物が腐肉・ごみなどを)あさる |
| * 11 feces : 排泄物       | * 12 competing : 競合する            |

問 1) 下線部①について、本文中で示されている hypothesis と theory の説明箇所を探し出し、それぞれの内容を簡潔に日本語で書きなさい。

問 2) 下線部②について、どうしてこのように考えられるのか。本文の内容に沿って 200 字以内の日本語で説明しなさい。

問 3) 下線部③を日本語に訳しなさい。

問 4) 本文で示されている内容以外に、科学研究を行う者にとって必要とされる素養や姿勢にはどのようなものがあると考えますか。その理由も含め 300 字以内の日本語で答えなさい。

問題 2 ヒトにおける利き手の遺伝について書かれた以下の文章を読み、設問に答えなさい。

現在もっとも説得力のある遺伝理論は、マリアン・アネットによるものだ。深い洞察を含むこの理論によれば、人間の利き手は二つの遺伝的影響に依存している。一つは右利きへのバイアスを生じさせるもので、もう一方は左右どちらへのバイアスも産み出さないものだ。前者はいわば右利き遺伝子、後者は両利き遺伝子と名付けることができる。遺伝的観点からすると、区別は右利きと左利きでするものでなく、右利きか①そうでないかでなされるべきである。ここでアネットが「右シフト」と呼ぶ一つの遺伝子があると考えよう。これは二つの異なるかたちがある、つまり対立遺伝子\*<sup>1</sup>の形式になっている。対立遺伝子の一方はDで、「Dextral」すなわち右利きの頭文字を採ったものだ。この遺伝子は利き手の分布を右利きの方向へシフトする働きがある。もう一方はCで、「Chance」すなわち、偶然の頭文字からとったものだ。この遺伝子は利き手の方向にランダムな影響を与える。つまり、どっちになるかは五分五分というわけだ。

なお、この遺伝子はまだ完全に仮説的なものだ。人間のゲノムにおいてこのような遺伝子が同定されたことはない。ただし、遺伝子配列のどのあたりに存在するか、推測がなされている。ティモシー・クロウはこの遺伝子が性染色体の相同(一致する)領域に位置すると述べている。もしこれが正しければ、検索対象を狭めることができる。しかし、私自身はこの遺伝子がX、Y双方の性染色体にある可能性は低いと考えている。だが、X性染色体のみであると考えるならよいかもしれない。②ここで細かい議論をして読者の皆さんを退屈させるのは忍びない。こんな話は、まるで針の先端で何人の天使がダンスをできるかを問う神学論争に似ている。だが、読者の皆さんにはこれから読み進めるにあたって、利き手遺伝子があくまでも仮説だと言うことは理解しておいていただきたい。ちょうど、メンデルがエンドウ豆の交配における形態変化の効果について、仮説的な「微粒子」を仮定したのと同じようなものだ。だいぶ後になって、やっとこの「微粒子」は遺伝子と呼ばれるようになった。そのさらに後で、物理的な実体が伴うようになったのだ。そして覚えておいて欲しいのは、今ではメンデルが正しいと明らかになったことだ。

それでは、利き手のバリエーションを生み出すふたつの対立遺伝子DとCが存在すると考えてみよう。受胎の際、われわれは両親からそれぞれ一つずつ、計二つの利き手遺伝子をうける。ふたつのD遺伝子を受け取ったものはDD同型接合型\*<sup>2</sup>となり、右利きになる傾向が極めて強くなる。CとDを一つずつ受け取ったものは、CD異型接合型\*<sup>2</sup>となり、右利きになる傾向が少し弱くなる。そしてCC同型接合型で利き手は全くランダムに決定される。クリス・マクマナスは、それぞれの遺伝子型における右利きの比率について、DD型では100%、CD型で75%、CC型で50%と述べている。③この数値は実際の利き手の遺伝率と実によく一致する。

ならば、D対立遺伝子が利き手だけでなく、言語に対する、そして手の動きのコントロールに対する脳の左半球優位も司るようになったと考えてもよいかもしれない。人間の進化のある時

点でこのようなことが起こったと考えてもおかしくはない。実質的に、大多数の人々で、利き手と音声言語のコントロール機能は脳の同じ側にある。これは確かだ。ジェスチャー言語に音声の要素が加わる時、このような幸運な結びつきが選ばれたとしても不思議ではないだろう。ドリーン・キムラは右利きの人は話すとき右手で多くジェスチャーをする傾向があることを見いだした。一方、左利きでは違いがあり、両手でジェスチャーをする傾向が強かった。これらすべての事実は、右利きはD対立遺伝子を受け取っている可能性が高く、そのために手と声について一致した左右差を有するという考えと一致する。

(中略)

だが、なぜD対立遺伝子がC対立遺伝子と入れ替わらなかったのか、疑問を抱かざるを得ない。C対立遺伝子など消えてしまっても不思議ではないはずだ。一方の対立遺伝子の適応度が高ければ、通常もう一方は淘汰されるはずなのだ。進化の過程での適応度が低い対立遺伝子は生き残れない。もっと残酷な言い方をすれば、なんで左利きは滅亡せずに生き残ったのだろうか？ 1991年にスタンレー・コレンとダイアン・ハルペンという二人の心理学者が左利きにおいて「実際に生存適応度が低くなっている」と主張した。彼らはこの証拠として、お年寄りでは、左利きの割合が若者に比べて低いことを取り上げた。また、野球年鑑に載っている選手の利き手と生年月日と死亡日時を調べ、左利きの選手の寿命が短いことも明らかにした。彼らの研究はメディアの注目を集め、これを巡って激しい論争が行われた。ここで論争の詳細は取り上げないが、興味のある人はローレン・J・ハリスの詳細な反論を読むべきだろう。ハリスは左利きの研究を長い間行い、メディアにもコメントを出してきた。彼自身も左利きである。この問題で私が彼に連絡をしたとき、ありがたいことにまだ生きてると伝えてくれた。この箇所を80歳を迎えた左利きの人が読んでくれることを願っている。

ともかく、進化の過程において、C対立遺伝子が生存の障害となる要素と関連していたとは考えにくい。なぜなら適応度の違いは、DおよびC対立遺伝子の間にほんのわずかしかなかったからだ。適応度が高い方だけが生き残るような違いはほとんどなかっただろう。実際、左利きは有史以来人口のおよそ12%くらいで、だいたい同じ比率で変化していないようだ<sup>④</sup>。利き手比率が安定している理由は、CとD対立遺伝子が「異型接合優位性」のため、人口全体レベルで持続されるためであろう。おそらくこの可能性が最も高い。すなわち、CD異型接合型がCCやDD同型接合型よりわずかながら適応度が高いのである。この状態さえ満たされれば「平衡多型現象<sup>\*3</sup>」が起こり、両方の対立遺伝子が生き残ることができる。

【マイケル・コーバリス著 大久保街亜訳『言葉は身振りから進化した』勁草書房（2008）pp. 291-297 より抜粋及び一部改変】

注

- \* 1 対立遺伝子：父親と母親のそれぞれに由来する対となった遺伝子で、相同染色体上の同じ場所に存在しながら異なる遺伝情報を有するもの。
- \* 2 同型・異型接合型：父親と母親の双方から同じ対立遺伝子を受け継いだ場合を同型接合型とよび、異なった対立遺伝子を受け継いだ場合を異型接合型とよぶ。
- \* 3 平衡多型現象：集団において対立遺伝子が安定して共存し続ける状態のこと。

問 1) 下線部①の意味することを 15 字以内で表しなさい。

問 2) もし下線部②の仮説が成り立つとすれば、人の利き手と性別との関係についてどのような現象が観察されると考えられるか。ただし、男性のもつ性染色体は XY、女性は XX とする。

問 3) 下線部③と④をふまえ、左利きの割合が全人口の 12 % とした場合、この集団において対立遺伝子 C が存在する頻度を求めよ(解を求めるための方程式を示し、途中過程も簡単に説明すること)。

問 4) 利き手における対立遺伝子 C と D のように、個体にみられる表現型(特徴)は対立遺伝子による遺伝的影響を受けていることが知られている。生物界において、このような対立遺伝子の存在意義についてどのように考えるか、100 字以内で答えなさい。