

# 強者の戦略

私が高校生時代を過ごした町は本当に（アニメ化されるくらい?!）田舎で、東京大や京都大といった最難関大を目指す生徒を対象とした予備校が全くありませんでした。他の町へと足を伸ばそうにも、最寄りの予備校まで片道2時間近くかかってしまうので、私は予備校に通うことを最初から諦めていました。また、当時はインターネットも普及していなかったため、東大・京大スパルタンのようなE-Lectureのお世話になる、という選択肢もありませんでした。だから、私の受験勉強は、学校の他には赤色や青色や緑色の過去問題集や参考書を独りで解きまくる、という何とも乱暴なものでした。もちろん、それでも一定の成果を挙げることが出来ました。ですが、独学だけでは気づきにくい、しかも殆どの問題集には書かれていない、とても大切なことがあることに、私は大学生になってからようやく気づきました。

今回の一題は、表面的に見れば生物の『進化』の事例を紹介したものです。もっとも、ここでの『進化』は「サルからヒトへ」のような大雑把なものではなく、環境の変化に伴う不適応から適応への、非直線的な過程として描かれています。今回この問題を選んだ理由の一つは、その過程を読み解くことで、私が貴方に伝えたいと思った大切なことを感じ取ってもらえるのではないかと考えたからです。受験を通じて、貴方は自分の思考を大学が求めるレベルへと適応させてゆくべく努力を続けることとなります。ですが、貴方の手元にあるのは、大学が直接示してくれた解答ではなく、大学が提示した問いに対する、高校教師や予備校講師なりの解釈に基づく答案に過ぎません（もちろん、ここで提示されるのもいち予備校講師の解釈に過ぎません）。だからこそ、答案だけをポンと貴方に提示するのは不誠実だと思うのです。何故そのような答案が作られるに至ったのか、どういう思考プロセスを経ればその答案に辿り着けるのか、他の答案の可能性は何故排除されたのか。これらの過程にこそ、貴方が本当に学ぶべきものが潜んでいるのです。

今回は、なるべく私・池吉琢磨の思考プロセスに忠実に解説を書き綴ってゆこうと思います。恐らくそれは解答へ向けて直線的に進むというよりも、様々な回り道や、時には道を間違って引き戻すこともあるでしょうが、そういった試行錯誤を貴方に疑似体験してもらうことで、次に似た問題に巡り会った時は迷うことなく最短距離で解答まで駆け抜けることができるようになると思います。

それともう1点。今回は予想以上に解説の分量が多くなってしまいましたので、和訳編と要約編の2回に分けて解説を提供しようと思います。今回は、和訳編です。要約編は1週間後に提供することになりますので、今回の解説を踏まえて、もう一度自分の答案を練り直してみてください。

それでは、問題を見てゆきましょう。今回出題したのは、次のような問題でした。

# 強者の戦略

問. 次の文章を読み、後の設問に答えなさい。

Mosquitoes have been targeted by some of the world's most intense pesticide\*<sup>1</sup> programs and, as a result, have come up with many strategies for avoiding control. In 1989, 114 different species of mosquitoes resisted at least one insecticide\*<sup>2</sup>. Many had developed resistance to more than one insecticide, especially to the powerful nerve poisons. ①Resistance comes from a number of different cell mechanisms that prevent the attachment of the insecticide to the insect's nerves. In some cases, an enzyme\*<sup>3</sup> called esterase\*<sup>4</sup> attaches to the insecticide before it gets to the nerve ending\*<sup>5</sup>, blocking insecticidal action. ②When there is a lot of insecticide around, this strategy works like shoveling the snow in front of your house during a heavy snowstorm — it's successful only if you have a lot of shovels. But these mosquitoes have a lot of chemical shovels (the esterase enzymes) to remove the insecticidal snow because, not so long ago, they invented a way to increase the production of their chemical shovel many times over.

Sometime, somewhere, while large quantities of nerve-poison insecticides were first being used, the esterase gene was duplicated\*<sup>6</sup> many times inside the cells of a mosquito. ③Many copies of a gene produce much more protein\*<sup>7</sup> than a single gene. This overproduction increases the amount of protective esterase, which can make even massive quantities of the insecticide harmless. The new strategy was extremely successful, and from its first recorded appearance in 1986 quickly spread around the world.

How did this mutation\*<sup>8</sup> — i.e., the gene duplication — appear so suddenly and so widely? Two possibilities exist — that the mutation appeared several times independently or that it spread like lightning from one place. ④Careful research on DNA from resistant individuals of the mosquito *Culex pipiens*\*<sup>9</sup> from around the world tells us that the DNA surrounding the duplicated genes is identical in mosquitoes from California, Pakistan, Texas, and Egypt. Because we expect such duplications rarely to happen independently in four different parts of the world, it seems that just one single mutation — a drastic one — caused esterase duplication in this species. Live adult mosquitoes fly internationally, hidden on airplanes, and easily leap across continents. So duplicated esterase genes soon went on a global tour, leaving offspring everywhere they stopped.

But evolutionary changes such as those observed in the mosquito, like contracts with the devil, carry a cost. A great amount of raw materials is needed to make overproduced esterase, and insects that needlessly make so much of the extra protein are selected against. Field studies show that, in the absence of insecticides, mosquitoes without the overproduction of esterases grow faster, survive longer, and reproduce better than the resistant types, and that areas without heavy pesticide use have fewer mosquitoes with the duplicated esterase genes. Natural selection against resistant individuals reduces their frequency in following generations — as long as the insecticides are not used.

Nevertheless evolution can run subtly, driven by selection to reduce the costs of insecticide resistance — and mosquitoes that pay the devil a discount price can thrive. For example, most mosquitoes make too much esterase and wastefully spread it throughout their bodies into tissues where insecticides have no effect. Other mosquitoes produce the protective protein only in their nerve cells, the

# 強者の戦略

tissue that needs protection most. This second group does much better than the first in growth rate, survival, and pesticide resistance.

Other kinds of mosquitoes also produce esterases in the intestine and the cuticle\*10, where the insecticides enter the insect body. These may act like tiny organic robots attaching to the insecticide, making it harmless before it gets close enough to nerve cells to do any damage. This difference in the position in the body from which the esterase begins its defense is a continuing experiment in the evolution of increased pesticide resistance.

(注)

\*1, \*2 pesticide, insecticide: a chemical used to kill insects

\*3 enzyme: 酵素(触媒作用のあるタンパク質)

\*4 esterase: エステラーゼ(酵素の一種)

\*5 nerve ending: 神経終末

\*6 duplicate(d): to make copies of

\*7 protein: タンパク質

\*8 mutation: 突然変異

\*9 the mosquito *Culex pipiens*: アカイエカ

\*10 the intestine and the cuticle: 腸と角皮

[設問]

(1) 下線部(1)を和訳しなさい。

(2) 下線部(2)を和訳しなさい。

(3) 下線部(3)を和訳しなさい。

(4) 下線部(4)を和訳しなさい。

(5) 最後の3段落(But evolutionary changes...から終わりまで)を120~150字の日本語で要約しなさい。

句読点も1字に数える。

# 強者の戦略

それでは、第1パラグラフの内容を概観してゆきましょう。

まず、蚊が殺虫剤から逃げ延びるための戦略 (many strategies for avoiding control) をとってきたと述べた上で、その戦略とは殺虫剤に対する耐性 (resistance) を身につけることであると指摘しています (1-3 文目)。下線部(1)は、その耐性について具体的に説明している箇所にあたります。文単位で注意点を確認しておきましょう。

〈第1パラグラフ4文目〉

Resistance comes from a number of different cell mechanisms (that prevent the attachment of the insecticide to the insect's nerves.)

attach to A 「Aに付着する」の名詞化

関係詞節の処理

〈訳例〉

耐性は、蚊の神経に殺虫剤が付着するのを阻害する、幾つもの様々な細胞メカニズムによって生じる。

the insect は直訳すると昆虫だが、文脈から蚊の話をしているのは明らかなので、蚊と書いた方が好ましい。

4文目は構造的に特別難解なものはないので、確実に得点しておきたいところです。吹き出しで表示している文法上のポイントも、東大志望者にとっては「何を今更…」といった感想を抱くところでしょう。それだけに、ここで失点するとライバルに差をつけられてしまうことになりかねません。

〈第1パラグラフ5文目〉

In some cases, an enzyme (called esterase) attaches to the insecticide before it gets to the nerve ending, blocking insecticidal action.

分詞

分詞構文

〈訳例〉

幾つかの事例では、殺虫剤が神経終末に到達する前にエステラーゼという酵素が殺虫剤に付着し、殺虫作用を阻害する。

ここも、難解な語には訳注もついていたので、短時間で訳し終えたいところです。強いて注意点を挙げるなら、文末の分詞構文「, blocking insecticidal action」の訳出でしょうか。この分詞構文を元の形に戻すと、「and the enzyme blocks insecticidal action」(そしてその酵素が殺虫作用を阻害する)となります。「and the enzyme」を省略するために分詞構文にしてあるのです。何故そのようなことが断言できるのかというと、前後の文の論理的関係が、「殺虫剤に付着」(前) → 「殺虫作用を阻害」(後) という前後関係になっているから

# 強者の戦略

です。それに気づかずによく付帯状況の訳出をして、「殺虫作用を阻害しながら殺虫剤に付着する」と訳してしまうと、時系列がぐちゃぐちゃになってしまいます。

下線部(2)に行きましょう。

〈第1パラグラフ6文目〉

② When there is a lot of insecticide around, this strategy works like shoveling the snow in front of your house during a heavy snowstorm — it's successful only if you have a lot of shovels.

抽象—具体

〈訳例〉

周囲に多量の殺虫剤があるとき、この戦略は猛吹雪の際に家の前で雪かきをするかのごとく機能する。

もともと、それがうまくいくのはスコップがたくさんあるときだけだ。

「—」の後ろの文は「機能する」場合を具体化しているが、否定語 only があるので、順接的に「すなわち」と訳すのではなく、逆接的に「もともと、～だが」と訳出する。

この文も、注意点は1つだけです。抽象—具体関係を画一的に「抽象、すなわち（つまり）具体」と訳せば良いと考えていると足下をすくわれます。この文のように、具体が但し書きの形をとる場合に「すなわち」と訳すと意味が捉えにくくなってしまいます。「和訳せよ」と言われた以上は、日本語としての分かりやすさも追求してください。

〈第1パラグラフ7文目〉

② But these mosquitoes have a lot of chemical shovels (the esterase enzymes) to remove the insecticidal snow because, not so long ago, they invented a way to increase the production of their chemical shovel many times over.

抽象—具体

〈訳例〉

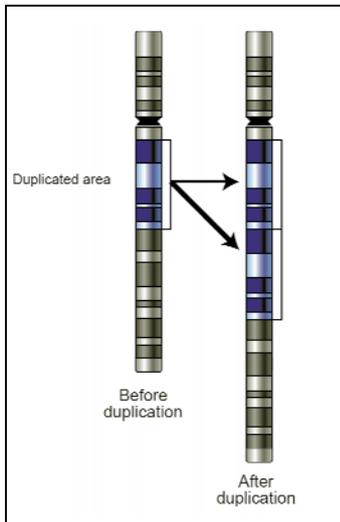
しかし、これらの蚊は、体内の化学スコップの生産を何倍にも増やす方法を最近作り出したので、殺虫剤という雪を除去してくれる数多くの化学スコップ（エステラーゼ酵素）をもっているのだ。

雪やスコップが比喩になっていることがつたわる訳出ができると GOOD！

chemical shovels を「化学的なスコップ」、insecticidal snow を「殺虫剤の雪」と訳してしまうと、もはや何が何だか分からなくなります。前文までの流れから、スコップや雪が比喩として用いられていることが分かるので、そのことが伝わる訳出を心がけましょう。

# 強者の戦略

第2パラグラフに移りましょう。このパラグラフでは、蚊の殺虫剤に対する耐性についてのより詳細な説明が与えられています。ここで気になるのが遺伝子重複 (gene duplication) ですが、ちょうど wikipedia に分かりやすいイメージ図 (Gene-duplication.png) がありますので、是非そちらを参照してみてください。



※wikipedia より引用

このように、遺伝子の重複箇所がある場合、一方がその機能を失ってももう一方がその機能を補完することができるというメリットがあります。また、このような重複遺伝子が進化において重要な役割を果たすとする学説もあるようです。今回の文章も、そのような学説を前提とした議論になっていますね。但し、最新の学説と照らし合わせているわけではありませんので、興味をもった人はぜひ調べてみて下さい。

それでは、肝心の下線部(3)に行きましょう。

〈第2パラグラフ2文目〉

This overproduction increases the amount of protective esterase, which can make even massive quantities of the insecticide harmless.

重複遺伝子のこと

〈訳例〉

重複遺伝子の多くは、重複していない遺伝子よりもずっと多くのタンパク質を生産する。

重複遺伝子との対比で考えると、a single gene はこのように訳出した方が分かりやすい。

copies of a gene は直訳すると「遺伝子の複製されたもの」ですが、訳注を見ても分かるように、これは重複遺伝子のことを指しています。英語では同語反復を厳に戒めています、日本語ではむしろ重複遺伝子で統一した方が良いでしょう。

# 強者の戦略

〈第2パラグラフ3文目〉

This overproduction increases the amount of protective esterase, which can make even massive quantities of the insecticide harmless.

関係詞継続用法

〈訳例〉

この過剰生産により、細胞を保護するエステラーゼの量が増大し、そのお陰で大量の殺虫剤でさえ無害化することができる。

無生物主語構文として訳出（因果関係の明確化）

着眼点は、大きく2つ。1つは、関係詞継続用法の訳出です。間違っても「この過剰生産により、大量の殺虫剤でさえ無害化することができる保護的なエステラーゼの量が増大する。」と訳さないように。また、「タンパク質の過剰生産」→「エステラーゼの量が増大」→「殺虫剤の無害化」という時系列を明確化するために、無生物主語構文としての訳出をしてあります。原因と結果は時間の前後関係を内包しています（原因は必ず結果よりも前に来る）ので、時系列を明確化する役割を果たすことができます。

〈第2パラグラフ4文目〉

The new strategy was extremely successful, and from its first recorded appearance in 1986 quickly spread around the world.

S V C

挿入表現

V

〈訳例〉

この新戦略は極めてうまくいき、1986年にその出現が初めて記録されて以来、その戦略は世界中に急速に広がっていった。

spreadの主語は The new strategy !

この文章に難しい点があるとすれば、spread が was と並列関係になっていることが見抜きにくいことくらいでしょうか。参考書によっては「分離構造」という単元で扱っているものもありますが、文構造を普段から確認する習慣がついていれば、特に迷うこともなかったと思います。

第3パラグラフに移りましょう。ここでの主題は、なぜ遺伝子重複が広範囲に出現したのかという問いです（1文目）。筆者は2つの可能性、すなわち①変異（mutation）が互いに独立に数回起こった可能性と、②1回の変異をきっかけに一気にその子孫が増えていった可能性を挙げています（2文目）。下線部(4)以降では、どちらに与するかについての筆者の見解が述べられています。

# 強者の戦略

〈第3パラグラフ3文目〉

Careful research on DNA from resistant individuals of the mosquito *Culex pipiens*  
s  
from around the world tells us [that the DNA (surrounding the duplicated genes) is  
V O1 前置詞句の羅列 分詞  
identical in mosquitoes from California, Pakistan, Texas, and Egypt.]  
O2

〈訳例〉

無生物主語構文として訳出

世界中のアカイエカのうち、耐性をもった個体から取り出した DNA を注意深く研究すると、重複遺伝子を含む DNA は、カリフォルニア、パキスタン、テキサス、そしてエジプトの蚊で同一であることが分かる。

この文の最大の注意点は、文全体の SV 構造を的確に把握することに尽きるでしょう。主語に前置詞句が大量にくっついているので、それを正確に処理してゆきましょう。また、この文は主語が Careful research、目的語が us なので、無生物主語構文として訳出する必要があります。もう1点、surrounding 以下の分詞の意味するところがイメージできたでしょうか。先程挙げた遺伝子重複のイメージ図に戻ってもらうと、DNA の内部で遺伝子の重複が生じていることが分かりますね。the DNA surrounding the duplicated genes は、あの図のようなものを指すと考えると理解しやすいと思います。

〈第3パラグラフ4文目〉

Because we expect such duplications rarely to happen independently in four different parts of the world, it seems [that just one single mutation — a drastic one — caused esterase duplication in this species.]  
抽象—具体

〈訳例〉

そのような重複が世界4カ所の異なった場所で互いに無関係に発生することなど滅多にないと我々は考えているので、たった1回の、しかも激しい突然変異が、この種におけるエステラーゼ遺伝子の重複の原因であると思われる。

この文については、文構造的には殆ど特筆すべきものはありません。ですが、この文から筆者は②の可能性、すなわち「1回の変異をきっかけに一気にその子孫が増えていった可能性」を支持していることが分かりますので、文脈把握の上で重要な文になります。そして5文目は、②の可能性についてより具体的に考察したものになっています。

以上が和訳パートに関わる第1～第3パラグラフの流れになります。ここまでの和訳を与えておくと、次のようになります。あなたの読みが果たしてこの和訳の趣旨と合致しているかどうか確認してみてください。

# 強者の戦略

〈訳例〉

## 第1パラグラフ

蚊はこれまで、世界で最も強力な殺虫剤散布計画の幾つかの標的となってきたが、その結果、蚊は制圧されるのを回避するために数多くの戦略を編み出してきた。1989年には、異なった114種の蚊が、少なくとも1つの殺虫剤に対して耐性を示した。多くは2つ以上の殺虫剤、特に強力な神経作用殺虫剤に対する耐性を身につけていた。<sup>(1)</sup> 耐性は、蚊の神経に殺虫剤が付着するのを阻害する、幾つもの様々な細胞メカニズムによって生じる。幾つかの事例では、殺虫剤が神経終末に到達する前にエステラーゼという酵素が殺虫剤が付着し、殺虫作用を阻害する。<sup>(2)</sup> 周囲に多量の殺虫剤があるとき、この戦略は猛吹雪の際に家の前で雪かきをするかのごとく機能する。もともと、それがうまくいくのはスコップがたくさんあるときだけだが。しかし、これらの蚊は、体内の化学スコップの生産を何倍にも増やす方法を最近作り出したので、殺虫剤という雪を除去してくれる数多くの化学スコップ（エステラーゼ酵素）をもっているのだ。

## 第2パラグラフ

ある時、ある場所で、大量の神経作用殺虫剤が初めて使用されている間に、エステラーゼ遺伝子が蚊の細胞内で何重にも重複された。<sup>(3)</sup> 重複遺伝子の多くは、重複していない遺伝子よりもずっと多くのタンパク質を生産する。この過剰生産により、細胞を保護するエステラーゼの量が増大し、そのお陰で大量の殺虫剤でさえ無害化することができる。この新戦略は極めてうまくいき、1986年にその出現が初めて記録されて以来、その戦略は世界中に急速に広がっていった。

## 第3パラグラフ

この突然変異、すなわち遺伝子重複は、いかにしてこれほど突然に、そして広範囲に出現したのだろうか。2つの可能性が存在する。個体変異が互いに独立して数回出現したという可能性と、変異が1カ所から稲妻の如く広がった可能性だ。<sup>(4)</sup> 世界中のアカイエカのうち、耐性をもった個体から取り出したDNAを注意深く研究すると、重複遺伝子を含むDNAは、カリフォルニア、パキスタン、テキサス、そしてエジプトの蚊で同一であることが分かる。そのような重複が世界4カ所の異なった場所で互いに無関係に発生することなど滅多にないと我々は考えているので、たった1つの、しかも激的な突然変異が、この種におけるエステラーゼ遺伝子の重複の原因であると思われる。生きている成虫の蚊が航空機内に潜んで国境を越え、大陸をいとも容易に飛び越える。そのため、重複エステラーゼ遺伝子はすぐに世界一周旅行へと旅立ち、全ての立ち寄り先にその子孫を残したのだ。

次回は、残る要約パートの解説です。貴方が作った答案が果たしてここまでの流れと整合的かどうか、もう一度確認してみてください。ちなみに、今回の前書きで述べた進化の話は、要約問題の解答作成の上でのヒントの意味で書いています。非直線的な過程としての進化の特質を捉えられているか、よく確認してみてください。

それでは、次回の「要約編」でもう一度お会いしましょう！