TADOKU JUNIOR 科学のおとぎの国 ★★★★☆ ながい 1636語

The Voices of Nature and How We Hear Them (3)

自然の声と、それが聞こえるしくみ（3）

Arabella B. Buckley（1878年の本） 原文そのまま 朗読：Ashwin Jain

人の声の朗読
を聞く・Web版

どんなおはなし？ 耳の中では、こまく・3つの小さな骨・液体と細い毛がリレーのように音を脳へ伝えます。さわがしい音と楽器のような音のちがいも学びます。



All this is what is going on outside your ear, but what is happening in your ear itself? How do these blows of the air speak to your brain? By means of the following diagram, Fig. 33, we will try to understand roughly our beautiful hearing instrument, the ear.

First, I want you to notice how beautifully the outside shell, or concha as it is called, is curbed round so that any movement of the air coming to it from the front is caught in it and reflected into the hole of the ear. Put your finger round your ear and feel how the gristly part is curved towards the front of your head. This concha makes a curve much like the curve a deaf man makes with his hand behind his ear to catch the sound. Animals often have to raise their ears to catch

the sound well, but ours stand always ready. When the air-waves have passed in at the hole of your ear, they move all the air in the passage, which is called the auditory, or hearing, canal. This canal is lined with little hairs to keep out insects and dust, and the wax which collects in it serves the same purpose. But is too much wax collects, it prevents the air from playing well upon the drum, and therefore makes you deaf. Across the end of this canal, a membrane or skin called the tympanum is stretched, like the parchment over the head of a drum, and it is this membrane which moves to and fro as the air-waves strike on it. A violent box on the ear will sometimes break this delicate membrane, or injure it, and therefore it is very wrong to hit a person violently on the ear.

On the other side of this membrane, inside the ear, there is air, which fills the whole of the inner chamber and the tube, which runs down into the throat behind the nose, and is called the Eustachian tube after the man who discovered it. This tube is closed at the end by a valve which opens and shuts. If you breathe out strongly, and then shut your mouth and swallow, you will hear a little "click" in your ear. This is because in swallowing you draw the air out of the Eustachian tube and so draw in the membrane, which clicks as it goes back again. But unless you do this the tube and the whole chamber cavity behind the membrane remains full of air.

Now, as this membrane is driven to and fro by the sound-waves, it naturally shakes the air in the cavity behind it, and it also sets moving three most curious little bones. The first of the bones is fastened to the middle of the drumhead so that it moves to and fro every time this membrane quivers. The head of this bone fits into a hole in the next bone, the anvil, and is fastened to it by muscles, so as to drag it along with it; but, the muscles being elastic, it can draw back a little from the anvil, and so give it a blow each time it comes back. This anvil is in its turn very firmly fixed to the little bone, shaped like a stirrup, which you see at the end of the chain.

This stirrup rests upon a curious body which looks in the diagram like a snail-shell with tubes coming out of it. This body, which is called the labyrinth, is made of bone, but it has two little windows in it, one covered only by a membrane, while the other has the head of the stirrup resting upon it.

Now, with a little attention you will understand that when the air in the canal shakes the drumhead to and fro, this membrane must drag with it the hammer, the anvil, and the stirrup. Each time the drum goes in, the hammer will hit the anvil, and drive the stirrup against the little window; every time it goes out it will draw the hammer, the anvil, and the stirrup out again, ready for another blow. Thus the stirrup is always playing upon this little window. Meanwhile, inside the bony labyrinth there is a fluid like water, and along the little passages are very fine hairs, which wave to and fro like reeds; and whenever the stirrup hits at the little window, the fluid moves these hairs to and fro, and they irritate the ends of a nerve, and this nerve carries the message to your brain. There are also some curious little stones called otoliths, lying in some parts of this fluid, and they, by their rolling to and fro, probably keep up the motion and prolong the sound.

You must not imagine we have explained here the many intricacies which occur in the ear; I can only hope to give you a rough idea of it, so that you may picture to yourselves the air-waves moving backwards and forward in the canal of your ear, then the tympanum vibrating to and fro, the hammer hitting the anvil, the stirrup knocking at the little window, the fluid waving the fine hairs and rolling the tiny stones, the ends of the nerve quivering, and then (how we know not) the brain hearing the message.

Is not this wonderful, going on as it does at every sound you hear? And yet his is not all, for inside that curled part of the labyrinth, which looks like a snail-shell and is called the cochlea, there is a most wonderful apparatus of more than three thousand fine stretched filaments or threads, and these act like the strings of a harp, and make you hear different tones. If you go near to a harp or a piano, and sing any particular note very loudly, you will hear this note sounding in the

instrument, because you will set just that particular string quivering, which gives the note you sang. The air-waves set going by your voice touch that string, because it can quiver in time with them, while none of the other strings can do so. Now, just in the same way the tiny instrument of three thousand strings in your ear, which is called Corti's organ, vibrates to the air-waves, one thread to one set of waves, and another to another, and according to the fibre that quivers, will be the sound you hear. Here then at last, we see how nature speaks to us. All the movements going on outside, however violent and varied they may be, cannot of themselves make sound. But here, in the little space behind the drum of our ear, the air-waves are sorted and sent on to our brain, where they speak to us as sound.

But why then do we not hear all sounds as music? Why are some mere noise, and others clear musical notes? This depends entirely upon whether the sound-waves come quickly and regularly, or by an irregular succession of shocks. For example, when a load of stones is being shot out of a cart, you hear only a long, continuous noise, because the stones fall irregularly, some quicker, some slower, here a number together, and there two or three stragglers by themselves; each of these different shocks comes to your ear and makes a confused, noisy sound. But if you run a stick very quickly along a paling, you will hear a sound very like a musical not. This is because the rods of the paling are all at equal distances one from another, and so the shocks fall quickly one after another at regular intervals upon your ear. Any quick and regular succession of sounds makes a note, even though it may be an ugly one. The squeak of a slate pencil along a slate, and the shriek of a railway whistle are not pleasant, but they are real notes which you could copy on a violin.

I have here a simple apparatus which I have had made to show you that rapid and regular shocks produce a natural musical note. This wheel (Fig. 34) is milled at the edge like a shilling, and when I turn it rapidly so that it strikes against the edge of the card fixed behind it, the notches strike in rapid succession, and

produce a musical sound. We can also prove by this experiment that the quicker the blows are, the higher the note will be. I pull the string gently at first, and then quicker and quicker, and you will notice that the note grows sharper and sharper, till the movement begins to slacken, when the note goes down again. This is because the more rapidly the air is hit, the shorter are the waves it makes, and short waves give a high note.

Let us examine this with two tuning-forks. I strike one, and it sounds D, the third space in the treble; I strike the other, and it sounds G, the first leger line, five notes above the C. I have drawn on this diagram (Fig. 35), an imaginary picture of these two sets of waves. You see that the G fork makes three waves, while the C fork makes only two. Why is this? Because the prong of the G fork moves three times backwards and forwards while the prong of the C fork only moves twice; therefore the G fork does not crowd so many atoms together before it draws back, and the waves are shorter. These two notes, C and G, are a fifth of an octave apart; if we had two forks, of which one went twice as fast as the other, making four waves while the other made two, then that note would be an octave higher.

ここまでは耳の外で起きていることです。では、耳の中では何が起きているのでしょう？空気のこうした打ちつけは、どうやって脳に語りかけるのでしょう？次の図（図33）を使って、わたしたちのすばらしい「聞く道具」、耳のしくみをおおまかにつかんでみましょう。

まず気づいてほしいのは、耳のいちばん外側の貝がらのような部分（コンカとよばれます）が、なんとうまく曲がっているかということです。前から来た空気の動きはそこで受け止められ、はね返されて耳のあなへ入っていきます。耳のまわりに指を当てて、こりこりしたなんこつの部分が、頭の前のほうへ曲がっているのをさわってみましょう。このコンカは、耳の遠い人が音をつかまえようとして耳のうしろに手を当てるときの、手の曲がり方とよく似ています。動物は音をよくつかまえるために耳を立てなければならないことがよくありますが、わたしたちの耳はいつでも用意ができています。空気の波が耳のあなに入ると、通り道の空気がすべて動きます。この通り道は外耳道、つまり「聞くための管」とよばれます。この管の内側には小さな毛が生えていて、虫やほこりが入らないようにしています。管の中にたまる耳あかも、同じ役目をしています。でも、耳あかがたまりすぎると、空気がこまくをうまくゆらせなくなり、耳が聞こえにくくなります。この管のつき当たりには、ティンパナム（こまく）とよばれるうすいまくが、たいこの頭に張った皮のように、ぴんと張られています。空気の波が当たって前後に動くのは、このまくです。耳をはげしくたたくと、このこわれやすいまくが破れたり傷ついたりすることがあります。だから、人の耳をはげしくたたくのは、とてもいけないことなのです。

このまくの反対側、つまり耳の内部には空気があり、内側の部屋全体と、ある管を満たしています。この管は鼻のうしろを通ってのどへとつながっていて、見つけた人の名前をとって、エウスタキオ管（耳管）とよばれます。この管の先は、開いたり閉じたりする弁でふさがれています。息を強くはいてから口を閉じ、つばを飲みこむと、耳の中で小さく「カチッ」という音が聞こえます。これは、飲みこむときにエウスタキオ管の空気を吸い出すので、まくが内側へ引っぱられ、それがもとにもどるときにカチッと鳴るからです。でも、そうしないかぎり、管と、まくのうしろの部屋全体は、空気で満たされたままです。

さて、このまくが音の波で前後におされると、当然うしろの部屋の空気もゆさぶります。そして、とてもふしぎな3つの小さな骨も動かします。1つ目の骨はこまくのまん中にくっついていて、まくがふるえるたびに前後に動きます。この骨の頭は、次の骨である「きぬた骨」のあなにはまっていて、筋肉でつながれているので、きぬた骨をいっしょに引っぱっていきます。けれども筋肉はのび縮みするので、きぬた骨から少し引きさがることができ、もどってくるたびにきぬた骨をコツンと打つのです。このきぬた骨のほうは、図のくさりの先に見える、あぶみ（馬に乗るときに足をかける金具）の形をした小さな骨に、しっかりとくっついています。

この「あぶみ骨」は、図で見ると管がいくつもつき出たカタツムリのからのような、ふしぎなものの上にのっています。このものは「迷路」とよばれ、骨でできていますが、小さなまどが2つあります。1つはまくでおおわれているだけで、もう1つにはあぶみ骨の頭がのっています。

さて、少し注意して考えれば、外耳道の空気がこまくを前後にゆらすと、このまくがつち骨、きぬた骨、あぶみ骨をいっしょに引っぱるはずだとわかるでしょう。こまくが内側へ入るたびに、つち骨がきぬた骨を打

ち、あぶみ骨を小さなまどにおしつけます。外側へ出るたびに、つち骨、きぬた骨、あぶみ骨を引きもどして、次の一打ちにそなえます。こうして、あぶみ骨はいつも小さなまどをトントンとたたいているのです。いっぽう、骨の迷路の中には水のような液体があり、小さな通り道にはとても細い毛が並んでいて、アシのように前後にゆれています。あぶみ骨が小さなまどをたたくたびに、液体がこの毛をゆらし、毛が神経の先をしげきし、その神経が脳へ知らせを運ぶのです。また、この液体のところどころには「耳石」とよばれるふしぎな小石があり、前後に転がることで動きを保ち、音を長く続かせているのだろうと考えられています。

ここで耳の中の入り組んだしくみをたくさん説明できたと思ってはいけません。わたしにできるのは、おおまかなイメージをつかんでもらうことだけです。耳の管の中で空気の波が行ったり来たりし、こまくが前後にふるえ、つち骨がきぬた骨を打ち、あぶみ骨が小さなまどをたたき、液体が細い毛をゆらして小石を転がし、神経の先がふるえ、そして（どうしてかはわかりませんが）脳が知らせを聞く――そんな様子を思いうかべてもらえればよいのです。

聞こえる音の一つ一つのたびに、こんなことが起きているなんて、すばらしいと思いませんか？しかも、これで全部ではありません。迷路のうずをまいた部分、カタツムリのからのように見えて「うずまき管（かぎゅう）」とよばれるところの中には、3000本以上の細くぴんと張った糸でできた、とてもすばらしいしかけがあります。これがハープの糸のようにはたらいて、ちがう高さの音を聞かせてくれるのです。ハープやピアノのそばで、ある音を大きな声で歌うと、楽器の中でその音が鳴るのが聞こえます。歌った音を出す、ちょうどその糸だけをふるわせるからです。声で起こされた空気の波がその糸をふるわせるのは、その糸だけが波と調子を合わせてふるえることができ、ほかの糸にはできないからです。ちょうど同じように、耳の中の3000本の糸をもつ小さな楽器――「コルチ器」とよばれます――が、空気の波に合わせてしんどうします。ある糸はある波に、別の糸は別の波に、というぐあいで、どのせんいがふるえるかによって、聞こえる音が決まるのです。こうして、ついに、自然がどうやってわたしたちに語りかけるのかがわかりました。外で起きている動きは、どんなにはげしく、さまざまでも、それだけでは音になりません。ところが、こまくのうしろの小さなすき間で、空気の波が仕分けられて脳へ送られ、そこで音としてわたしたちに語りかけるのです。

では、どうしてすべての音が音楽に聞こえないのでしょう？どうして、ただのさわがしい音もあれば、すんだ楽器のような音もあるのでしょう？それはすべて、音の波が速く規則正しくやってくるか、ばらばらな打ちつけの続きとしてやってくるかで決まります。たとえば、荷車から石をどさっと下ろすとき、聞こえるのは長く続くさわがしい音だけです。石がばらばらに落ちるからです。速いものもあればおそいものもあり、ここではいくつもまとめて、あちらでは2つ3つがぽつんとおくれて落ちます。こうしたちがう打ちつけが一つ一つ耳に届いて、ごちゃごちゃしたさわがしい音になるのです。でも、棒でくいのさくをすばやくなぞると、楽器の音にとてもよく似た音が聞こえます。これは、さくのくいがみな同じ間かくで並んでいるので、打ちつけが規則正しい間をおいて、次々とすばやく耳に届くからです。速くて規則正しい音の続きは、たとえいやな音でも、1つの「音」になります。石板を石筆でこするキーッという音や、汽車の汽笛のかん高い音は気持ちのよいものではありませんが、バイオリンでまねできる、本物の「音」なのです。

ここに、速くて規則正しい打ちつけが自然に楽器のような音を生むことを見せるために作らせた、かんたんな装置があります。この車輪（図34）は、シリング銀貨のようにふちにギザギザがきざんであります。これ

をすばやく回して、うしろにとりつけたカードのふちに当たるようにすると、ギザギザが次々にすばやくカードを打ち、楽器のような音が生まれます。この実験で、打つのが速いほど音が高くなることもたしかめられます。はじめはひもをゆっくり引き、それからだんだん速くしていくと、音がどんどん高くなっていくのがわかるでしょう。やがて動きがゆるみはじめると、音はまた下がっていきます。これは、空気をすばやく打てば打つほど、できる波が短くなり、短い波は高い音を出すからです。

2本の音さで調べてみましょう。1本をたたくと「D」の音が鳴ります。ト音記号の五線の、下から3番目のすき間の音です。もう1本をたたくと「G」の音が鳴ります。上に引く1本目の補助の線（加線）の音で、Cより5音上です。この図（図35）に、この2組の波を想像して絵にしてみました。Gの音さが3つの波を作るあいだに、Cの音さは2つしか作らないのがわかりますね。どうしてでしょう？Gの音さの先が3回行ったり来たりするあいだに、Cの音さの先は2回しか動かないからです。だから、Gの音さは引きもどる前に空気の原子（つぶ）をそれほどたくさんおしつめず、波が短くなるのです。この2つの音、CとGは、オクターブの中で5度はなれています。もし、片方がもう片方の2倍の速さで動く――もう片方が2つ波を作るあいだに4つ作る――音さが2本あれば、その音は1オクターブ高くなります。

たんご と クイズ　自然の声と、それが聞こえるしくみ（3）

brain 脳	**membrane** まく（うすい皮）	**drum** たいこ
hammer つち骨（ハンマー）	**anvil** きぬた骨（かなとこ）	**stirrup** あぶみ骨（あぶみ）
nerve 神経	**tuning-forks** 音さ	

Q1 こまくのうしろで動く3つの小さな骨に入らないのはどれ？

① つち骨　② きぬた骨　③ ひじ骨

Q2 棒でくいのさくをすばやくなぞると、楽器のような音がするのはなぜ？

① さくが鉄でできているから　② くいが同じ間かくで並んでいるから　③ 棒がとても長いから

Q3 空気をすばやく打てば打つほど、音はどうなる？

① 高くなる　② 低くなる　③ 聞こえなくなる

こたえ

Q1　③　こまくといっしょに動くのは、つち骨・きぬた骨・あぶみ骨の3つです。これらが次々に打ち合って、音をおくへ伝えます。

Q2　②　くいが同じ間かくで並んでいるので、打ちつけが規則正しく次々と耳に届きます。速くて規則正しい音の続きは「音」になるのです。

Q3　①　すばやく打つほど空気の波が短くなり、短い波は高い音になります。車輪の実験でも、速く回すほど音が高くなりました。

原田英語の多読ベストジュニア
本物の英語の絵本 1,000話以上を、原文・人の声の朗読・和訳つきで。ゲーム・なぞなぞも。ぜんぶ無料・登録なし。
haradaeigo.com/tadokubestjr/

出典　英文：原文そのまま（1語も書きかえていません）。Project Gutenberg 電子書籍 #5726（Arabella B. Buckley、1878年）。パブリックドメイン。
挿絵：この本には挿絵がないため、場面をイメージして AI（Codex）で描いた絵です。
朗読（Web版）：Ashwin Jain（LibriVox のボランティア。パブリックドメイン）
和訳・クイズ：AIと人が作成。AIは３重チェック。人の目でも順次確認しています。