TADOKU JUNIOR 科学のおとぎの国 ★★★★☆ ながい 1551語

The Voices of Nature and How We Hear Them (2)

自然の声と、それを聞くしくみ（2）

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？ 手をたたく音は、なぜうしろの人にも聞こえるの？ 音の波が広がるしくみ、かべではね返るこだま、たくさんの音を聞き分けられるわけを考えます。



You may see an excellent example of this in a luggage train in a railway station, when the trucks are left to bump each other till they stop. You will see three or four trucks knock together, then they will pass the shock on to the four in front, while they themselves bound back and separate as far as their chains will let them: the next four trucks will do the same, and so a kind of wave of crowded trucks passes on to the end of the train, and they bump to and fro till the whole comes to a standstill. Try to imagine a movement like this going on in the line of air- atoms, the drum of your ear being at the end. Those which are crowded together at that end will hit on the drum of your ear and drive the membrane which covers it inwards; then instantly the wave will change, these atoms will

bound back, and the membrane will recover itself again, but only to receive a second blow as the atoms are driven forwards again, and so the membrane will be driven in and out till the air has settled down.

This you see is quite different to the waves of light which moves in crests and hollows. Indeed, it is not what we usually understand by a wave at all, but a set of crowdings and partings of atoms of air which follow each other rapidly across the air. A crowding of atoms is called a condensation, and a parting is called a rarefaction, and when we speak of the length of a wave of sound, we mean the distance between two condensations, or between two rarefactions.

Although each atom of air moves a very little way forwards and then back, yet, as a long row of atoms may be crowded together before they begin to part, a wave is often very long. When a man talks in an ordinary bass voice, he makes sound-waves from 8 to 12 feet long; a woman's voice makes shorter waves, from 2 to 4 feet long, and consequently the tone is higher, as we shall presently explain.

And now I hope that some one is anxious to ask why, when I clap my hands, anyone behind me or at the side, can hear it as well or nearly as well as you who are in front. This is because I give a shock to the air all round my hands, and waves go out on all sides, making as it were gloves of crowdings and partings widening and widening away from the clap as circles widen on a pond. Thus the waves travel behind me, above me, and on all sides, until they hit the walls, the ceiling, and the floor of the room, and wherever you happen to be, they hit upon your ear.

If you can picture to yourself these waves spreading out in all directions, you will easily see why sound grows fainter at the distance. Just close round my hands when I clap them, there is a small quantity of air, and so the shock I give it is very violent, but as the sound-waves spread on all sides they have more and more air to move, and so the air-atoms are shaken less violently and strike with less force on your ear.

If we can prevent the sound-wave from spreading, then the sound is not weakened. The Frenchman Biot found that a low whisper could be heard distinctly for a distance of half a mile through a tube, because the waves could not spread beyond the small column of air. But unless you speak into a small space of some kind, you cannot prevent the waves going out from you in all directions.

Try and imagine that you see these waves spreading all round me now and hitting on your ears as they pass, then on the ears of those behind you, and on and on in widening globes till they reach the wall. What will happen when they get there? If the wall were thin, as a wooden partition is, they would shake it, and it again would shake the air on the other side, and so anyone in the next room would have the sound of my voice brought to their ear.

But something more will happen. In any case the sound-waves hitting against the wall will bound back from it just as a ball bounds back when thrown against anything, and so another set of sound-waves reflected from the wall will come back across the room. If these waves come to your ear so quickly that they mix with direct waves, they help to make the sound louder in this room than you would in the open air, for the "Ha" from my mouth and a second "Ha" from the wall come to your ear so instantaneously that they make one sound. This is why you can often hear better at the far end of a church when you stand against a screen or a wall, then when you are half-way up the building nearer to the speaker, because near the wall the reflected waves strike strongly on your ear and make the sound louder.

Sometimes, when the sound comes from a great explosion, these reflected waves are so strong that they are able to break glass. In the explosion of gunpowder in St. John's Wood, many houses in the back streets had their windows broken; for the sound-waves bounded off at angles from the walls and struck back upon them.

Now suppose the wall were so far behind you that the reflected sound-waves only hit upon your ear after those coming straight from me had died away; then you would hear the sound twice, "Ha" from me and "Ha" from the wall, and here you have an echo, "Ha, ha." In order for this to happen in ordinary air, you must be standing at least 56 feet away from the point from which the waves are reflected, for then the second blow will come one-tenth of a second after the first one, and that is long enough for you to feel them separately.* Miss C. A. Martineau tells a story of a dog which was terribly frightened by an echo. Thinking another dog was barking, he ran forward to meet him, and was very much astonished, when, as he came nearer the wall, the echo ceased. I myself once knew a case of this kind, and my dog, when he could find no enemy, ran back barking, till he was a certain distance off, and then the echo of course began again. He grew so furious at last that we had great difficulty in preventing him from flying at a strange man who happened to be passing at the time. (*Sound travels 1120 feet in a second, in air of ordinary temperature, and therefore 112 feet in the tenth of a second. Therefore the journey of 56 feet beyond you to reach the wall and 56 feet to return, will occupy the sound-wave one-tenth of a second and separate the two sounds.)

Sometimes, in the mountains, walls of rock rise at some distance one behind another, and then each one will send back its echo a little later than the rock before it, so that the "Ha" which you give will come back as a peal of laughter. There is an echo in Woodstock Park which repeats the word twenty times. Again sometimes, as in the Alps, the sound-waves coming back rebound from mountain to mountain and are driven backwards and forwards, becoming fainter and fainter till they die away; these echoes are very beautiful.

If you are now able to picture to yourselves one set of waves going to the wall, and another set returning and crossing them, you will be ready to understand something of that very difficult question, How is it that we can hear many different sounds at one time and tell them apart?

Have you ever watched the sea when its surface is much ruffled, and noticed how, besides the big waves of the tide, there are numberless smaller ripples made by the wind blowing the surface of the water, or the oars of a boat dipping in it, or even rain- drops falling? If you have done this you will have seen that all these waves and ripples cross each other, and you can follow any one ripple with you eye as it goes on its way undisturbed by the rest. Or you may make beautiful crossing and recrossing ripples on a pond by throwing in two stones at a little distance from each other, and here too you can follow any one wave on to the edge of the pond.

Now just in this way the waves of sound, in their manner of moving, cross and recross each other. You will remember too, that different sounds make waves of different lengths, just as the tide makes a long wave and the rain-drops tiny ones. Therefore each sound falls with its own peculiar wave upon your ear, and you can listen to that particular wave just as you look at one particular ripple, and then the sound becomes clear to you.

そのよい例は、駅で貨物列車の貨車が、止まるまでたがいにぶつかり合っているところで見られます。3、4台の貨車がガチャンとぶつかり、それから前の4台にしょうげきを伝えます。そのあいだに自分たちははね返り、くさりがゆるすところまではなれます。次の4台も同じことをして、こうしてぶつかり合った貨車の波のようなものが列車の最後まで伝わっていき、全体が止まるまで、貨車は行ったり来たりぶつかり合うのです。空気の原子の列の中で、こんな動きが起こっていて、そのはしに耳のこまくがあると想像してみてください。そのはしでぎゅっとつまった原子がこまくに当たって、こまくをおおうまくを内側へおしこみます。するとすぐに波が変わって原子ははね返り、まくはもとにもどります。でも、原子がまた前におし出されて、二度目の一打ちを受けるだけです。こうして空気が落ちつくまで、まくは内へ外へとおされつづけるのです。

ごらんのとおり、これは山と谷をつくって進む光の波とは、まったくちがいます。じつは、これはふつう「波」と考えるものとはまったくちがっていて、空気の原子がつまったりはなれたりすることが、次々とすばやく空気の中を伝わっていくものなのです。原子がつまったところを「密（みつ）」、はなれたところを「そ（まばら）」とよびます。音の波の長さというときは、二つの密のあいだ、または二つのそのあいだのきょりのことをいいます。

空気の原子の一つ一つは、少し前に動いてはまたもどるだけですが、原子の長い列がつまってからはなれはじめることがあるので、波はとても長くなることがよくあります。男の人がふつうの低い声で話すと、8〜12フィート（約2.4〜3.7メートル）の長さの音の波ができます。女の人の声はもっと短い、2〜4フィートの波をつくるので、あとで説明するように、音が高くなるのです。

さて、だれかが、こんな質問をしたくてうずうずしているといいのですが。わたしが手をたたくと、どうして前にいるみなさんと同じように、あるいはほぼ同じように、わたしのうしろや横にいる人にも聞こえるのでしょう。それは、わたしが手のまわりの空気すべてにしょうげきをあたえるので、波がすべての方向へ出ていき、池の波の輪が広がるように、つまった所とはなれた所でできた球が、手をたたいた所からどんどん広がっていくからです。こうして波は、わたしのうしろへも上へも、あらゆる方向へ進んでいき、部屋のかべや天井やゆかに当たります。そして、みなさんがどこにいても、耳に当たるのです。

この波があらゆる方向に広がっていくようすを思いえがけたら、遠くなると音が弱くなるわけがすぐにわかるでしょう。手をたたいたすぐまわりには、少しの空気しかないので、あたえるしょうげきはとてもはげしいのです。でも音の波があらゆる方向へ広がっていくと、動かさなければならない空気がどんどん多くなり、空気の原子はそれほどはげしくはゆさぶられず、耳に当たる力も弱くなるのです。

音の波が広がらないようにできれば、音は弱くなりません。フランス人のビオは、管を通せば、小さなささやき声でも半マイル（約800メートル）先ではっきり聞こえることを発見しました。波が細い空気の柱の外へ広がれなかったからです。でも、何かせまい空間に向かって話さないかぎり、波が自分からあらゆる方向へ出ていくのをふせぐことはできません。

今わたしのまわりにこの波が広がって、みなさんの耳に当たって通りすぎ、それからうしろの人の耳に当たり、どんどん大きくなる球になって、ついにかべにとどくところを想像してみてください。かべにとどく

と、どうなるでしょう。もしかべが木のしきりのようにうすければ、波はかべをゆらし、かべがまたむこう側の空気をゆらすので、となりの部屋にいる人の耳にも、わたしの声がとどくでしょう。

でも、それ以上のことが起こります。どちらの場合でも、かべに当たった音の波は、何かに投げつけたボールがはね返るように、かべからはね返ります。こうして、かべで反射した別の音の波の組が、部屋をわたってもどってくるのです。もしこの波がとても速く耳にもどってきて、まっすぐ来る波とまざれば、野外よりもこの部屋のほうが音が大きく聞こえる手助けをします。わたしの口から出た「ハ」と、かべからの二つ目の「ハ」が、ほとんど同時に耳にとどくので、一つの音になるのです。教会で、話す人に近い真ん中あたりにいるよりも、いちばんおくの、ついたてやかべを背にして立っているほうがよく聞こえることがよくあるのは、このためです。かべの近くでは、反射した波が耳に強く当たって、音を大きくするからです。

大きなばく発で出た音のときには、反射した波がとても強くて、ガラスをわってしまうこともあります。セント・ジョンズ・ウッドで火薬がばく発したときには、うら通りの多くの家のまどガラスがわれました。音の波がかべからななめにはね返って、またかべに当たったからです。

さて、もしかべがみなさんのうしろのとても遠くにあって、わたしからまっすぐ来た波が消えてしまってから、反射した音の波が耳に当たったとしましょう。そうすると、わたしからの「ハ」と、かべからの「ハ」と、音が2回聞こえます。これがこだま（エコー）で、「ハ、ハ」となるのです。ふつうの空気の中でこれが起こるには、波がはね返る所から少なくとも56フィート（約17メートル）はなれて立っていなければなりません。そうすれば、二つ目の一打ちは一つ目の10分の1秒あとにとどき、それだけあれば、二つを別々に感じられるのです。＊　C・A・マーティノーさんは、こだまにひどくこわがった犬の話をしています。犬はほかの犬がほえていると思って、むかえうとうと前にかけ出しましたが、かべに近づくとこだまがやんだので、とてもびっくりしました。わたし自身も、こんな例を一つ知っています。わたしの犬は、敵が見つからないとほえながらかけもどり、ある所まではなれると、もちろんこだまがまた始まりました。犬はとうとうかんかんにおこってしまい、ちょうどそのとき通りかかった見知らぬ男の人に、とびかかろうとするのを止めるのにひどく苦労しました。（＊ふつうの温度の空気の中では、音は1秒に1120フィート進むので、10分の1秒では112フィート進みます。ですから、あなたのうしろのかべまで56フィート行き、56フィートもどってくる旅には、音の波で10分の1秒かかり、二つの音が分かれて聞こえるのです。）

山の中では、ときどき岩のかべが、少しずつはなれて次々にそびえていることがあります。すると、それぞれのかべが前のかべより少しおくれてこだまを返すので、みなさんの「ハ」が、笑い声のつらなりになってもどってくるのです。ウッドストック公園には、言葉を20回もくり返すこだまがあります。また、アルプスのように、もどってくる音の波が山から山へとはね返って、行ったり来たりしながらだんだん弱くなり、やがて消えていくこともあります。こうしたこだまは、とても美しいものです。

一組の波がかべへ向かい、もう一組がもどってきてそれと交わるようすを思いえがけるようになったら、あのとてもむずかしい問題、「わたしたちはどうしてたくさんの音を同時に聞き、それを聞き分けることができるのか」を、少し理解する準備ができたことになります。

海の表面がひどくあれているとき、しおの大きな波のほかに、水面をふく風や、水にひたるボートのオール、雨つぶが落ちることでできる、数えきれない小さなさざ波があるのを、ながめたことがありますか。もしあれば、こうした波やさざ波がみなたがいに交わっていて、どれか一つのさざ波を目で追うと、ほかの波

にじゃまされずに進んでいくのがわかったでしょう。また、池に二つの石を少しはなして投げこめば、交わってはまた交わる美しいさざ波をつくることができます。ここでも、どれか一つの波を池のふちまで目で追うことができるのです。

ちょうどこのように、音の波も、その進み方の上では、たがいに交わり、また交わるのです。また、しおが長い波を、雨つぶが小さな波をつくるように、ちがう音はちがう長さの波をつくることも覚えているでしょう。ですから、どの音も、自分だけの波となってみなさんの耳にとどきます。一つのさざ波を見つめるように、その一つの波に耳をかたむけることができ、そうするとその音がはっきり聞こえるのです。

たんご と クイズ　自然の声と、それを聞くしくみ（2）

train 列車	**trucks** 貨車	**tube** 管
wall かべ	**echo** こだま	**dog** 犬
ripples さざ波	**stones** 石	

Q1 **遠くになると音が弱くなるのは、なぜ？**

① 空気がつかれるから　② 音の波が広がって、動かす空気が多くなるから
③ 音が地面にすいこまれるから

Q2 **こだまにほえた犬が、かべに近づくとどうなった？**

① こだまがやんで、びっくりした　② こだまが大きくなった　③ かべがこわれた

Q3 **こだまが2回に分かれて聞こえるには、かべから少なくとも何フィートはなれる？**

① 5フィート　② 1120フィート　③ 56フィート

こたえ

Q1　②　音の波はあらゆる方向へ広がるので、動かす空気がどんどん多くなり、耳に当たる力が弱くなるのです。

Q2　①　犬はほかの犬がいると思ってかけ出しましたが、かべに近づくとこだまがやんだので、とてもびっくりしました。

Q3　③　56フィート（約17メートル）はなれると、はね返った音が10分の1秒おくれてとどき、二つの音を別々に感じられます。

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。