TADOKU JUNIOR ファーブルの昆虫のふしぎ ★★★★☆ ながい 1417語

the Geometry of the Spider's Web

クモのあみの幾何学

J. Henri Fabre (adapted by Louise Seymour Hasbrouck)（1919年の本） 原文そのまま 朗読：Michele Fry

人の声の朗読を聞く・Web版

どんなおはなし？ クモのあみのうずまきは、数学で有名な「対数らせん」。オウムガイやカタツムリのからにも、つゆでたわんだ糸にも、ふしぎな数学がかくれています。

[This chapter, one of the most wonderful in Fabre's books, is included in a simplified form in this volume, on account of its interest to such younger readers as have studied geometry.]

When we look at the webs of the Garden Spiders, especially those of the Silky Spider and the Banded Spider, we notice first that the spokes or radii are equally spaced; the angles formed by each consecutive pair are of the same value; and this in spite of their number, which in the webs of the Silky Spider sometimes exceeds forty. We know in what a strange way the Spider weaves her web and divides the area of the web into a large number of equal parts or sectors, a number which is almost always the same in the work of each species of Spider. The Spider darts here and there when laying her spokes as if she had no plan, and this irresponsible way of working produces a beautiful web like the rose-window in a church, a web which no designer could have drawn better with compasses.

We shall also notice that, in each sector, the various chords, parts of the angular spiral, are parallel to one another and gradually draw closer together as they near the center. With the two radiating lines that frame them they form obtuse angles on one side and acute angles on the other; and these angles remain constant in the same sector, because the chords are parallel.

There is more than this: these same angles, the obtuse as well as the acute, do not alter in value, from one sector to another, as far as the eye can judge. Taken

as a whole, therefore, the spiral consists of a series of cross-bars intersecting the several radiating lines obliquely at angles of equal value.TN: added period

By this characteristic we recognize what geometricians have named the "logarithmic spiral." It is famous in science. The logarithmic spiral describes an endless number of circuits around its pole, to which it constantly draws nearer without ever being able to reach it. We could not see such a line, the whole of it, even with our best philosophical instruments. It exists only in the imagination of scientists. But the Spider knows it, and winds her spiral in the same way, and very accurately at that.

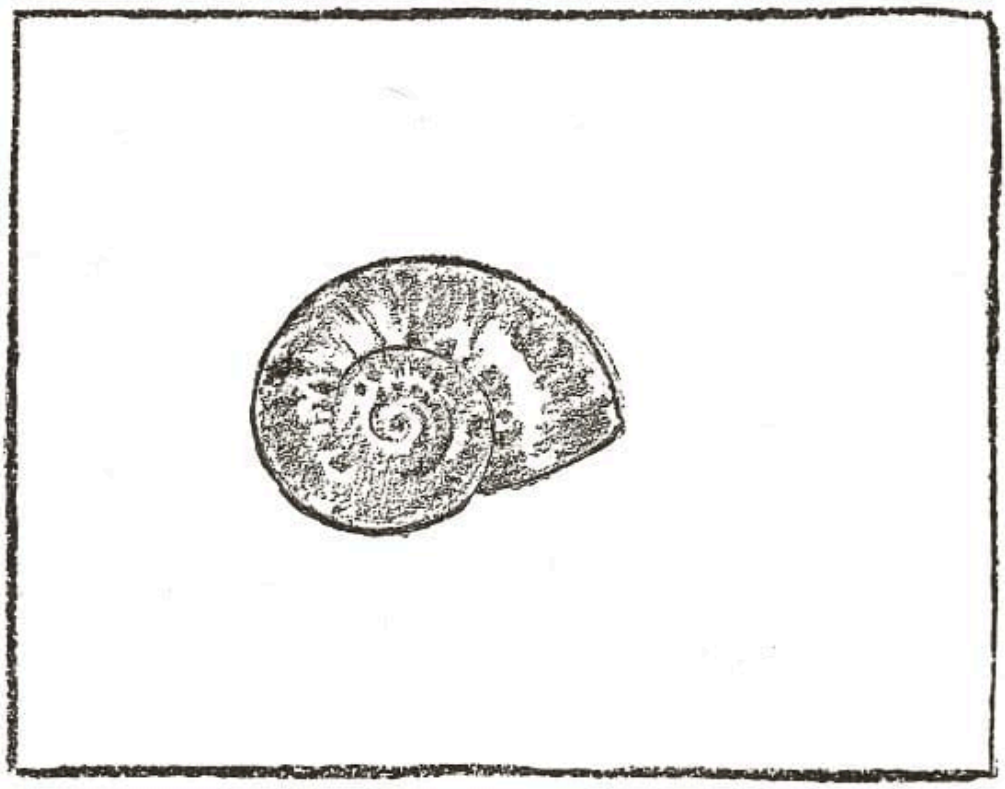
Another property of this spiral is that if one in imagination winds a flexible thread around it, then unwinds the thread, keeping it taut the while, its free end will describe a spiral similar at all points to the original. The curve will merely have changed places. Jacques Bernouilli, the professor of mathematics who discovered this magnificent theorem, had engraved on his tomb, as one of his proudest titles to fame, the spiral and its double, made by the unwinding of the thread. Written underneath it was the sentence: Eadem mutata resurgo. "I rise again like unto myself." It was a splendid flight of fancy which showed his belief in immortality.

Now is this logarithmic spiral, with its curious properties, merely an idea of the geometricians? Is it a mere dream, an abstract riddle?

No, it is a reality in the service of life, a method of construction often employed by animals in their architecture. The Mollusk never makes its shell without reference to the scientific curve. The first-born of the species knew it and put it into practice; it was as perfect in the dawn of creation as it can be to-day.

There are perfect examples of this spiral found in the shells of fossils. To this day, the last representative of an ancient tribe, the Nautilus of the Southern Seas, remains faithful to the old design, and still whirls its spiral logarithmically, as did its ancestors in the earliest ages of the world's existence. Even in the stagnant waters of our grassy ditches, a tiny Shellfish, no bigger than a duckweed, rolls its

shell in the same manner. The common snail-shell is constructed according to logarithmic laws.



Where do these creatures pick up this science? We are told that the Mollusk is descended from the Worm. One day the Worm, rendered frisky by the sun, brandished its tail and twisted it into a corkscrew for sheer glee. There and then the plan of the future spiral shell was discovered.

This is what is taught quite seriously, in these days, as the very last word in science. But the Spider will have none of this theory. For she is not related to the Worm; and yet she is familiar with the logarithmic spiral and uses it in her web, in a simpler form. The Mollusk has years in which to build her spiral, so she makes it very perfectly. The Spider has only an hour at the most to spread her net, so she makes only a skeleton of the curve; but she knows the same line dear to the Snail. What guides her? Nothing but an inborn skill, whose effects the animal is no more able to control than the flower is able to control the arrangement of its petals and stamens. The Spider practices higher geometry without knowing or caring.

The thing works of itself and takes its way from an instinct imposed upon creation at the start.

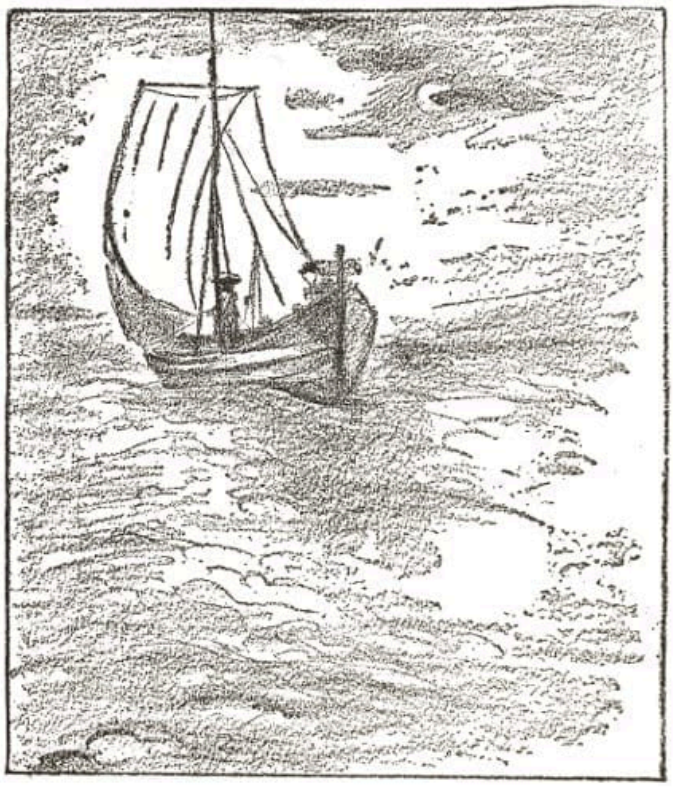
The stone thrown by the hand returns to earth describing a certain curve; the dead leaf torn and wafted away by a breath of wind makes its journey from the tree to the ground with a similar curve. The curve is known to science and is called the "parabola."

The geometricians speculate still more about this curve; they imagine it rolling on an indefinite straight line and ask what course the focus of the curve follows. The answer comes that the focus of the parabola describes a "catenary," a line whose algebraic symbol is so complicated that a numeral will not express it. The nearest it can get is this terrible sum:

$$1+\frac{1}{1}+\frac{1}{1.2}+\frac{1}{1.2.3}+\frac{1}{1.2.3.4}+\frac{1}{1.2.3.4.5}+\text{etc.}$$

[text]

The geometricians do not attempt to refer to it by this number; they give it a letter, e.



Is this line imaginary? Not at all; you may see the catenary frequently. It is the shape taken by a flexible cord when held at each end and relaxed; it is the line that governs the shape of a sail filled out by the wind. All this answers to the number e.

What a quantity of abstruse science for a bit of string! Let us not be surprised. A pellet of shot swinging at the end of a thread, a drop of dew trickling down a straw, a splash of water rippling under the kisses of the air, a mere trifle, after all, becomes tremendously complicated when we wish to examine it with the eye of calculation. We need the club of Hercules to crush a fly.

Our methods of mathematical investigation are certainly ingenious; we cannot too much admire the mighty brains that have invented them; but how slow and laborious they seem when compared with the smallest actual things! Shall we never be able to inquire into reality in a simpler fashion? Shall we be intelligent enough some day to do without all these heavy formulæ? Why not?

Here we have the magic number e reappearing, written on a Spider's thread. On a misty morning the sticky threads are laden with tiny drops, and, bending under the burden, have become so many catenaries, so many chains of limpid gems, graceful chaplets arranged in exquisite order and following the curve of a swing. If the sun pierce the mist, the whole lights up with rainbow-colored fires and becomes a dazzling cluster of diamonds. The number e is in its glory.

Geometry, that is to say, the science of harmony in space, rules over everything. We find it in the arrangement of the scales of a fir-cone, as in the arrangement of a Spider's sticky snare; we find it in the spiral of a snail-shell, in the chaplet of a Spider's thread, as in the orbit of a planet; it is everywhere, as perfect in the world of atoms as in the world of immensities.

And this universal geometry tells us of a Universal Geometrician, whose divine compass has measured all things. I prefer that, as an explanation of the logarithmic curve of the Nautilus and the Garden Spiders, to the Worm screwing

up the tip of its tail. It may not perhaps be in agreement with some latter-day teaching, but it takes a loftier flight.

〔この章はファーブルの本の中でもとりわけすばらしい章の一つで、幾何学を学んだことのある年少の読者にも興味深いので、この本ではやさしくした形でのせています。〕

オニグモのなかま、とくにシロカネグモやナガコガネグモのあみを見ると、まず気がつくのは、「や」つまり半径が等しい間かくでならんでいることです。となり合う二本がつくる角はどれも同じ大きさです。しかも、シロカネグモのあみでは「や」が四十本をこえることもあるのに、そうなのです。クモがどんなに変わったやり方であみを織り、あみの面をたくさんの等しい部分、つまりおうぎ形に分けるかは、もう知っていますね。その数は、それぞれの種類のクモの作品ではほとんどいつも同じです。クモは「や」を張るとき、まるで何の計画もないように、あちこちにとび回ります。それなのに、このでたらめな働き方から、教会のバラ窓のような美しいあみができるのです。どんな設計者がコンパスを使っても、これ以上うまくはかけなかったでしょう。

また、それぞれのおうぎ形の中で、角ばったうずまきの一部である弦（二点を結ぶ直線）がおたがいに平行で、まん中に近づくにつれて、だんだん間がつまっていくことにも気がつくでしょう。弦は、それをはさむ二本の「や」と、片側では鈍角（直角より大きい角）を、反対側では鋭角（直角より小さい角）をつくります。弦は平行なので、同じおうぎ形の中ではこれらの角は変わりません。

それだけではありません。この同じ角は、鈍角も鋭角も、目で見てわかるかぎり、おうぎ形がかわっても大きさが変わらないのです。ですから、全体として見ると、うずまきは、何本もの「や」と同じ大きさの角でななめに交わる、横木の連なりでできているのです。

このとくちょうから、幾何学者が「対数らせん」と名づけたものだとわかります。これは科学の世界では有名な線です。対数らせんは、その中心（極）のまわりを数かぎりなく回り、いつまでも中心に近づいていきますが、決してたどり着くことはありません。そんな線の全体は、最高の科学の器具を使っても見ることはできません。それは科学者の頭の中にだけあるのです。ところがクモはそれを知っていて、同じようにうずまきをまいていきます。しかも、とても正確にです。

このらせんには、もう一つの性質があります。頭の中で、しなやかな糸をらせんにまきつけ、それをぴんと張ったままほどいていくと、糸のはしは、どの点でももとのらせんと同じ形のらせんをえがくのです。曲線は、ただ場所が変わっただけなのです。このすばらしい定理を発見した数学の教授ヤコブ・ベルヌーイは、自分のいちばんのほこりとして、そのらせんと、糸をほどいてできるもう一つのらせんを、自分の墓にほらせました。その下には、「エアデム・ムタタ・レスルゴ」という言葉が書かれていました。「わたしは変わっても、同じすがたでよみがえる」という意味です。それは、永遠の命を信じる心をあらわした、すばらしい想像のつばさでした。

では、この不思議な性質を持つ対数らせんは、幾何学者の頭の中の考えにすぎないのでしょうか？ただの夢、目に見えないなぞなぞなのでしょうか？

いいえ、それは生き物の役に立っている本物です。動物が家を建てるときによく使う、組み立ての方法なのです。軟体動物は、かならずこの科学的な曲線にしたがって貝がらを作ります。その種類の最初に生まれた

ものも、これを知っていて実行していました。この世のはじまりのころにも、今と同じくらい完全だったのです。

化石の貝がらにも、このらせんのみごとな例が見られます。今でも、古い一族の最後の生き残りである南の海のオウムガイは、昔の設計を守りつづけ、この世のいちばんはじめの時代の先祖と同じように、今も対数らせんの形にからをまいています。わたしたちの近くの草の生えたみぞの、よどんだ水の中でも、ウキクサほどの大きさしかない小さな貝が、同じやり方でからをまいています。ふつうのカタツムリのからも、対数の法則にしたがってできています。

この生き物たちは、どこでこんな学問を身につけるのでしょう？軟体動物はミミズのような虫から進化したのだと言われています。ある日、日の光で元気になった虫が、しっぽをふり回し、うれしさのあまり、それをコルクぬきのようにねじりました。そのとき、のちのらせん形の貝がらの設計図が見つかったというのです。

これが、今の時代の科学の最新の答えとして、大まじめに教えられていることです。けれども、クモはこの説を受け入れないでしょう。なぜなら、クモはその虫の親類ではないのに、対数らせんをよく知っていて、もっとかんたんな形であみに使っているからです。軟体動物は何年もかけてらせんを作れるので、とても完全に作ります。クモはあみを広げるのに長くても一時間しかないので、曲線のほね組みだけを作ります。けれども、カタツムリの大好きなのと同じ線を知っているのです。何がクモをみちびいているのでしょう？生まれつきのわざ、ただそれだけです。花が花びらやおしべのならび方を自分で決められないのと同じように、動物もその働きを自分であやつることはできないのです。クモは、知りもせず気にもせずに、高等な幾何学を使っているのです。それはひとりでに働き、天地のはじまりのときにあたえられた本能にしたがって進むのです。

手で投げた石は、ある曲線をえがいて地面にもどってきます。風のひとふきでちぎれて飛ばされたかれ葉も、木から地面まで、にた曲線をえがいて旅をします。この曲線は科学で知られていて、「放物線」とよばれています。

幾何学者はこの曲線について、さらに考えをめぐらせます。放物線がどこまでもつづく直線の上を転がっていくところを想像し、その曲線の焦点がどんな道をたどるかを問うのです。答えは、放物線の焦点は「懸垂線」をえがく、というものです。その式はとてもふくざつで、ふつうの数ではあらわせないほどです。いちばん近づけて書くと、このおそろしい計算になります。

［ここに式がのっています］

幾何学者はこの数でよぶことはせず、e という文字をあたえています。

この線は想像の中だけのものでしょうか？そんなことはありません。懸垂線はよく見かけます。しなやかなひもの両はしを持ってたるませたときの形です。風をはらんだ帆の形を決める線でもあります。これはみな、e という数につながっています。

ひもの切れはし一本に、なんとたくさんのむずかしい学問がつまっていることでしょう！おどろくことはありません。糸の先でゆれる散弾のつぶ、わらをつたって流れる一てきのつゆ、空気のキスでさざ波の立つ水

しぶき。結局はささいなものでも、計算の目で調べようとすると、おそろしくふくざつになるのです。ハエーぴきをつぶすのに、ヘラクレスのこん棒がいるようなものです。

わたしたちの数学の調べ方はたしかによくくふうされていますし、それを考え出したすぐれた頭脳には、いくら感心してもしきれません。けれども、ほんの小さな本物のものとくらべると、なんとのろくて骨の折れるものに思えることでしょう！もっとかんたんなやり方で本当のすがたを調べられる日は、来ないのでしょうか？いつか、こんな重たい公式をみんな使わずにすむほど、かしこくなれるでしょうか？なれないことはないでしょう？

ほら、ここで魔法の数ｅがまたあらわれます。クモの糸の上に書かれているのです。きりの朝、ねばねばの糸には小さな水のつぶがたくさんつきます。その重みでたわんだ糸は、いくつもの懸垂線、すき通った宝石の首かざりになります。ブランコのような曲線をえがき、美しくならんだ、優美な数珠のようです。日の光がきりをつきぬけると、全体がにじ色の火にかがやき、目もくらむようなダイヤモンドのふさになります。ｅという数が、かがやきの中にあるのです。

幾何学、つまり空間の調和の学問は、あらゆるものを治めています。マツぼっくりのうろこのならび方にも、クモのねばねばのわなのならび方にも、それは見つかります。カタツムリのからのらせんにも、クモの糸の数珠にも、わく星の通り道にも見つかります。それはどこにでもあり、原子の世界でも、はてしなく大きな世界でも、同じように完全なのです。

そしてこの宇宙のすみずみまでおよぶ幾何学は、すべてのものを神のコンパスではかった、宇宙の偉大な幾何学者がいることを語っているのです。オウムガイやオニグモの対数曲線の説明としては、虫がしっぽの先をねじったという話よりも、わたしはこちらのほうが好きです。それは最近の教えとは合わないかもしれませんが、もっと高い所へとはばたく考えです。

たんご と クイズ クモのあみの幾何学

spiral	らせん・うずまき	**shell**	貝がら	**Nautilus**	オウムガイ
snail-shell	カタツムリのから	**parabola**	放物線	**geometry**	幾何学（図形の学問）
fir-cone	モミ（マツのなかま）のまつかさ	**planet**	わく星		

Q1 クモのあみのうずまきは、数学で何とよばれる線ににている？

① 放物線　② 対数らせん　③ まっすぐな線

Q2 南の海で、むかしからのらせんの形を守っている生き物は？

① オウムガイ　② カタツムリ　③ カブトムシ

Q3 きりの朝、クモの糸がたわんで懸垂線になるのはなぜ？

① 小さな水のつぶの重みがかかるから　② クモが糸を引っぱるから　③ 風が強いから

こたえ

Q1 ②　うずまきの横木が、どの「や」とも同じ角度で交わることから、幾何学者のいう「対数らせん」だとわかるのです。

Q2 ①　南の海のオウムガイは、むかしからの形を守り、先ぞと同じように対数らせんの形にからをまいています。

Q3 ①　ねばねばの糸に小さな水のつぶがたくさんつき、その重みでたわんで、ブランコのような曲線になるのです。

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 #45812（J. Henri Fabre (adapted by Louise Seymour Hasbrouck)、1919年）。パブリックドメイン。

挿絵：(1919 edition)（同じ本の初版の挿絵。パブリックドメイン）

朗読（Web版）：Michele Fry（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。