# 日常にひそむ「やわらか物理」

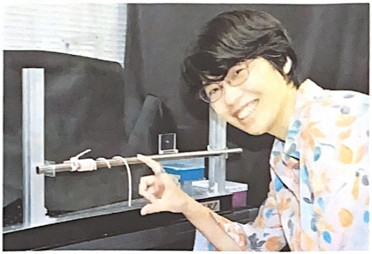
## ひもやゴムにルール 月面探査にも応用？

ぐにゃぐにゃ曲がるひもに、裏返すと跳ねるゴム製玩具。子どもたちのおもちゃ箱から飛び出してきそうなものを研究する人たちがいる。何げないものにひそむ深遠なルールと、広がる応用。「やわらかな」ものの物理の世界へようこそ。

京都大助教の谷茉莉さんは、8年前、何げなく、人さし指に糸を巻き付けていて、思った。

「ひもが棒に巻き付くときのらせんの間隔って何で決まるのかな」

手芸用の糸に電源ケーブル、フォークに巻き付いたパスタ、朝顔のつる……。考えてみれば、何かに巻き付く「ひも」状のものは、身の回りにたくさんある。

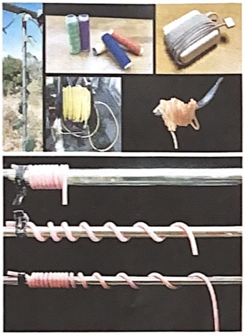

ひもの巻き付き方の実験について説明する京都大助教の谷茉莉さん＝京都市

先行研究を調べてみた。しかし、「ひもの軟らかさや巻き付けるものの太さで、巻き付き方がどう変わるか」といった基本的なことを調べたものはなかった。

ラボの同僚にアイデアを話すと、おもしろがってくれた。翌年、早速、研究を始めた。

まず長さ100㌢で、太さと軟らかさが異なるひもを複数本用意した。それを巻き付ける棒として、長さ30㌢で、太さが異なる4種類の金属パイプも準備した。

そして、ひも1本1本について、端を金属パイプに固定。重力で垂れ下がった状態にし、パイプをゆっくりまわしながら巻き取り、らせんの間隔を調べていった。


㊤身の回りにあるひもの巻き付き。左端から時計回りで、朝顔のつる、手芸用糸、電源ケーブル、パスタ、ガーデニングホース　㊦実験で見られた巻き付きの例。上から「密」、「らせん状」、パターンが移行する場合＝いずれも谷さん提供

次第に意外なことが分かってきた。パターンとして、すき間なく「密」に巻き付くものと、「らせん状」に巻き付くもの、さらに「巻き付かない」ものがあった。

しかも、巻き取りとともに、ぶら下がっているひもの長さが短くなると、「密」な巻き付きから「らせん状」、「巻き付かない」とパターンが移行する場合があることも分かった。

研究開始から半年、ついにパターンを明らかにした図を完成させ、各パターンの境界をもたらす数式を導くことにも成功した。

ひもの片端を水平に固定し、少しずつひもを長くしていくと、ある長さで、ひもは自重でたわみ始める。この長さを「重力曲げ長」という。

研究結果は、「ぶら下がるひもの長さ」と「重力曲げ長」で、巻き付き方が分類できることを示している。

ぶら下がるひもの長さが十分に長いうちは「密」に巻き付く。しかし、短くなってくると、ひもが自重で曲がる力とまっすぐな本来の形に戻ろうとする力とがうまくバランスする「らせん状」に巻くようになる。最終的に、ぶら下がるひもの長さが、「重力曲げ長」より短くなると、もはや変形せず、「巻き付かなく」なる。

軟らかいひもや細いひも、あるいは太い棒の方が密に巻き付きやすいことも分かった。

この知見が生かせそうな日常の場面を尋ねると、谷さんはパスタを例に解説してくれた。

白いシャツを着てトマトパスタを食べると、フォークに巻き付けたパスタが最後にぱっとほどけたときにソースが飛び散り、シミとなる。

それを避けるには、「アルデンテより軟らかくゆでたパスタがいい。フォークも太いものの方がいい」。そして、「多少行儀は悪いが、ぶら下がる部分を残した状態で口に運んだ方がリスクは減る」という。

この研究のように、高分子や液晶、泡、ゴムなど、比較的、身近にあるやわらかなものの物理を探求する分野を「ソフトマター物理学」という。

谷さんは高校時代、この分野の研究者の講演を聞く機会があり、当たり前に見ているものにひそむルールに感銘を受けた。

「それが物理なら、私は物理が好きかもしれない」と思った。

「日常でみるものの方が、実はわかっていないことが多い。複雑に絡み合う要素から、本質を見つけ出すのが醍醐味」

やわらかなものの物理は、応用にもつながる。

例えば、ゴムなどやわらかな素材でつくられた「ソフトロボット」だ。タコやヘビなどの生き物から着想を得ていることが多く、ボディー全体を連続的に動かせる。高い適応性から、介護現場や災害現場など多彩な応用が期待されるが、そのしなやかさゆえに動きの予測が難しい。そんなとき、やわらかなものの物理で見いだしたルールや数式が役に立つ。

ADVANC
ROBOTI
RESEAR
跳びはねるゴム製の半球おもちゃを研究した慶応大専任講師の佐野友彦さん＝横浜市

慶応大専任講師の佐野友彦さんらのチームは、跳躍ソフトロボットの制御をめざし、昔懐かしのおもちゃを研究した。裏返して机に置くと、パチンと音をたてて跳び上がる半球のゴム製玩具だ。

チームは、厚みと半径、硬さの違うゴム製の半球を複数作成。裏返した半球を平板に接地させた後、接地部分が及ぼす力や形状の変化、跳躍の高さなどをカメラやフォースセンサー、レーザーなどを使い、同時に精密計測した。

その結果、半球の厚みや半径、硬さなどから、跳躍の高さを予測できる式を導き出した。

佐野さんが跳躍ソフトロボットの活躍先として想定する場面の一つが、月面探査だ。従来のロボットだと、高いところに跳び移るには、大きな動力源が必要だ。一方、「このおもちゃを応用したソフトロボットなら、非常にコンパクトな仕組みで、垂直移動できる」と利点を述べる。

今後は、「平らでない場所から跳躍する場合の予測や、半球の形状を変えることで跳躍方向を変えられないかなども研究していきたい」と話す。

（水戸部六美）

◆次回は1月16日に掲載します。

---

こたえ

**蒙古斑**

赤ちゃんの中でも特にアジア人によく見られる。多くは5～10歳ごろまでに自然と消えてしまうが、大人になっても残ることがあるよ。

5653