ねこは固体？液体？

ねこの流動学

キャンベル ロブ，マーティン キャロライン

訳：服部 優菜

アメリカ流動学学会（りゅうどうがくがっかい）、ファーディン教授（きょうじゅ）、

そして私たちの教育（きょういく）コンサルタントである

ラッセル・ヴィクトリアとブリセッリ・ケルシーに

感謝（かんしゃ）を込（こ）めて。

2023年

v1.1

ねこは固体？それとも液体？
私たちが知っている物体の３つの状態は：

固体　液体　気体

固体はそのかたちを保つ。
液体と気体は入れ物のかたちになる。

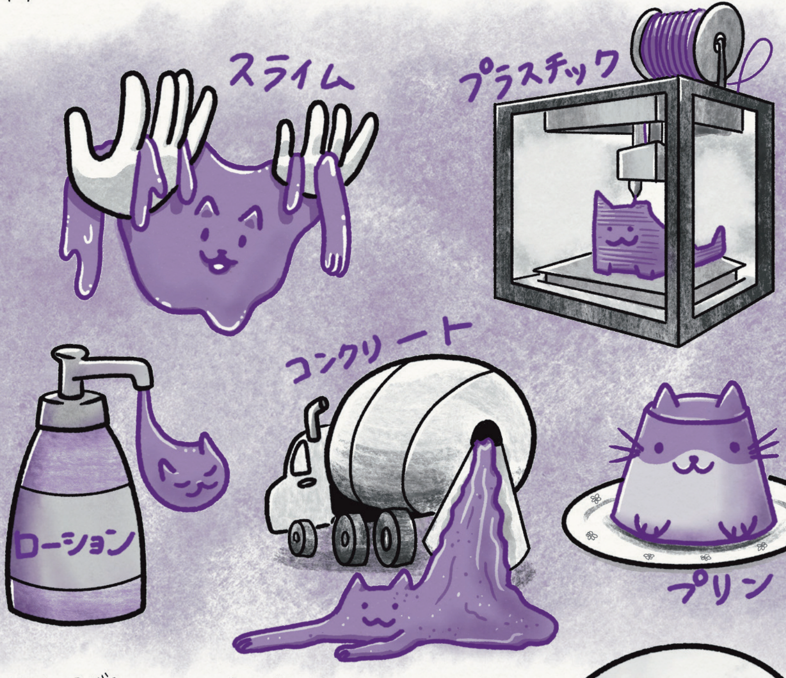
でも、そのあいだのものは
どうなるんだろう？

固体と液体の両方の性質を
持つものを見つけたとき、
どうやってどのくらい固体か
どのくらい液体か
決めればいいんだろう？

流動学を
使えばいいんだ！

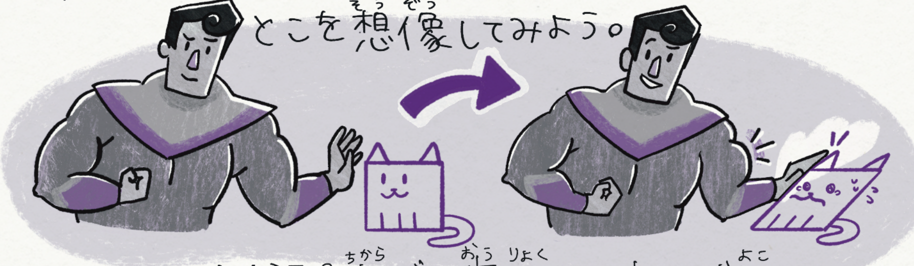
流動学（英語でレオロジー）は、ものがどう流れるかを
調べる研究分野。

流動学者は、ものが
どれくらい固体なのか、
どれくらい液体なのか、
調べるんだ。そして、
そこでわかったことを使って
特別なドロドロしたものを
作るんだ！たとえば・・・



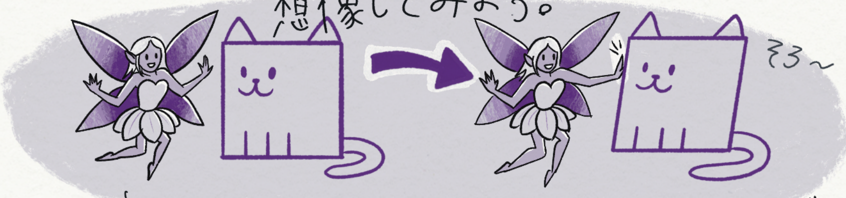
流動学者は、「応力」と「ひずみ」を
みて、ものが時間とどう
振る舞うか実験するんだ。

巨大なスーパーヒーローが、ねこをなでようとしているところを想像してみよう。



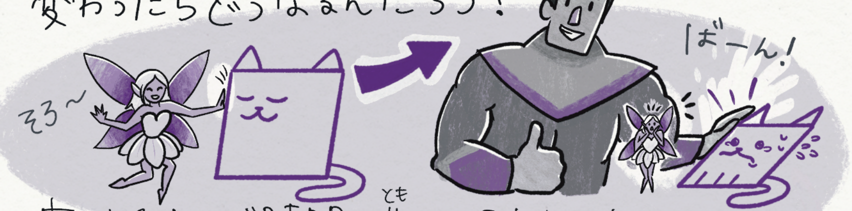
このねこをなでる力が、応力。このねこが横にかたちを変えたら、それがひずみ。大きな応力は、大きなひずみにつながるよ。

小さな妖精が、ねこをなでようとしているところを想像してみよう。



この応力はすごく小さいから、すごく小さなひずみだけ。
小さな応力は、小さなひずみにつながるよ。

じゃあ、応力が時間と一緒に変わったらどうなるんだろう？



応力とひずみが時間と共にどう変わるか、応力とひずみの変化がはやいのか・おそいのかを見ることは、流動学では大切なことなんだ。

ふつうは応力とひずみは一緒に大きくなったり、小さくなったり。そうじゃないときもあるから、あとでもっと説明するね。

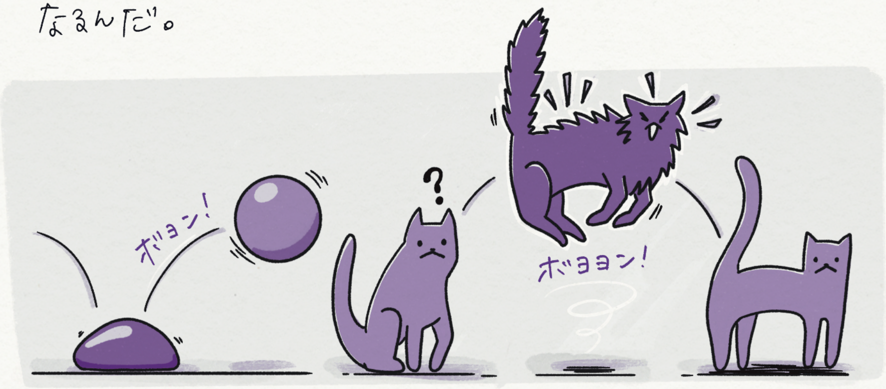
で、これが固体と液体とどう関係してるのかな？

固体から見てみよう。
短い時間では、ねこは固体だね。

ねこの固体は：

弾性　塑性　破壊

ねこがびっくりした時、ねこは**弾性**固体みたいになるんだ。



野球のボールみたいに、応力とひずみを感じたあと、
ねこは元のかたちに
跳ね返る。

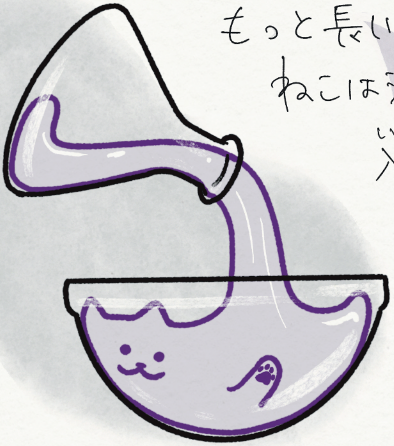
この元のかたちに
戻ることができる
性質を弾性というんだ。

ねんどみたいな固体は、
跳ね返らない。
のびたままになったり、
つぶれたままになる。
もっと応力をかけるまで、そのままの
状態だね。この性質のことを
塑性とよぶよ。

ねこは**降伏応力**に
到達するまで弾性なんだ。
降伏応力というのは、
もうねこが跳ね返る
ことができないところまで、
かける応力のことだよ。

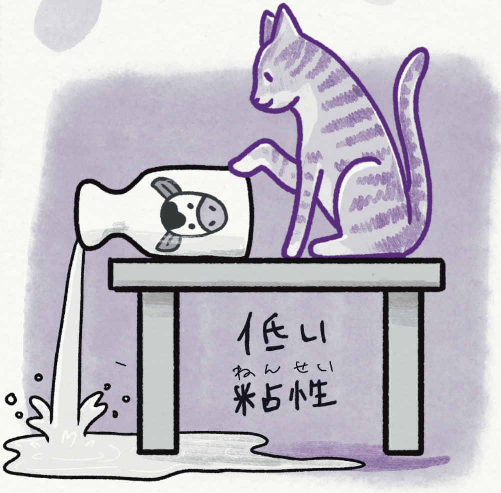
でも大きすぎる応力を
固体にかけちゃうと…

その物体は**壊れる**。



もっと長い時間でねこを考えると、
ねこは液体のように振る舞うんだ。
入れ物のかたちになるよ。
水と比べて、ねこはもっと
粘性があるんだ。
というのも、水よりねっとり、
どろっとしてる。

ねこは高い粘性があって、
はちみつのように
ゆっくり流れる。



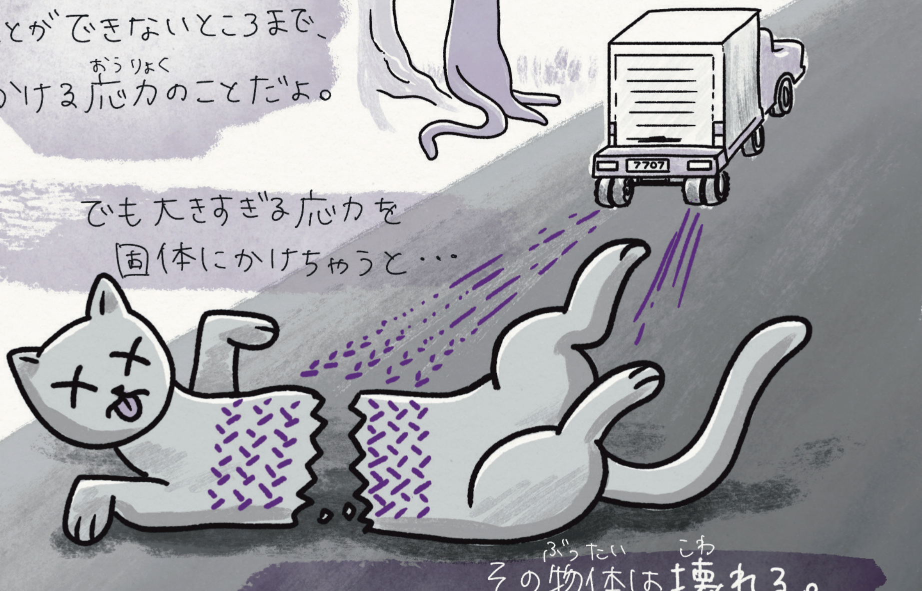
低い粘性の液体は
もっと薄くて、水とか
牛乳がその例だよ。

じゃあ、液体では応力とひずみの関係をどうやって
調べればいいんだろう？これは難しい問題なんだ！

ねんどみたいな固体は、跳ね返らない。
のびたままになったり、つぶれたままになる。
もっと応力をかけるまで、そのままの状態だね。この性質のことを**塑性**とよぶよ。

ねこは**降伏応力**に到達するまで弾性なんだ。
降伏応力というのは、もうねこが跳ね返ることができないところまで、かける応力のことだよ。

でも大きすぎる応力を固体にかけちゃうと…



その物体は**壊れる**。

たくさんのものが、ねこみたいに弾性、塑性、粘性を組み合わせた性質を持っているんだ。

粘塑性

小さな応力では塑性固体のように、大きな応力では粘性液体のようになるもの

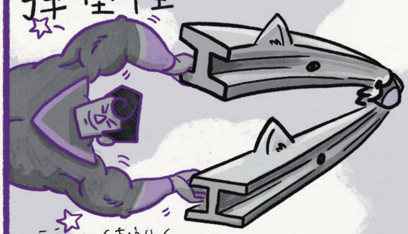
（例：どろ、歯みがきこ、マヨネーズ）

粘弾性

ひずみ速度が時間に依存するもの。短い時間では弾性、長い時間では粘性を示すもの

（例：つみかさなった麺、ケチャップ）

弾塑性



降伏応力をもつもの。小さな応力で弾性、大きな応力で塑性を示すもの

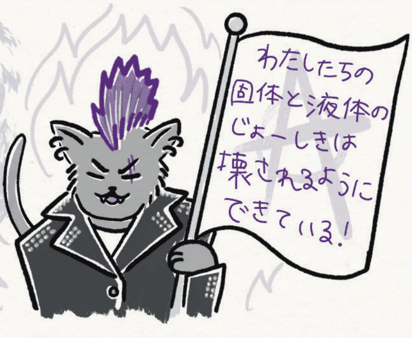
（例：スチール）

弾粘塑性

応力とひずみ速度によって振る舞いをかえるもの

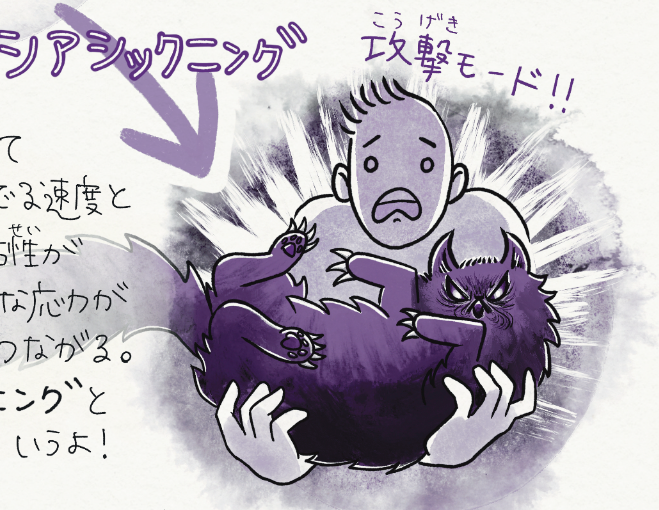
（例：溶岩）

これらの振る舞いは応力とひずみの複雑な関係に依存してるんだ。だから予測がむずかしくて予想もしなかったことをするんだ！



応力をもっとかけたとしても、それがひずみにつながらない場合(ばあい)もあるんだ。

ねこにかける応力をどんどん増(ふ)やしたとしても、ひずみが増(ふ)えつづけるわけではないよ。かわりに、ねこはリラックスしてる状態(じょうたい)から…

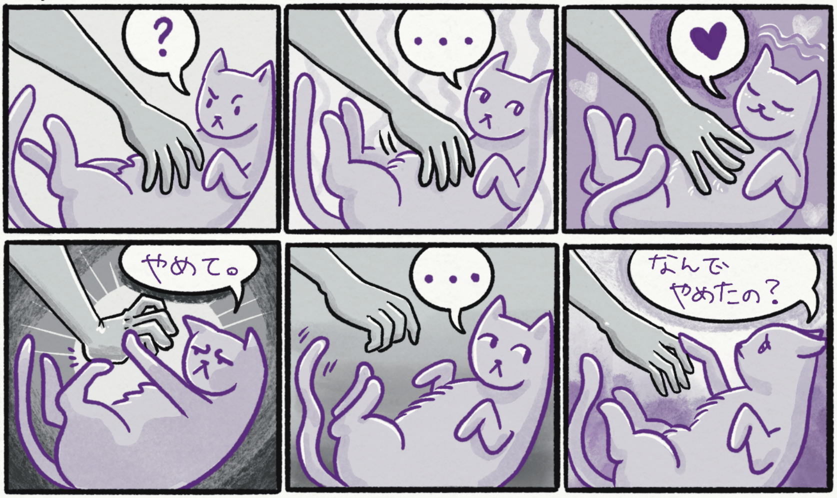


いきなりかたくなって攻撃(こうげき)してくる! なでる速度と一緒(いっしょ)にねこの粘性(ねんせい)が大きくなって、大きな応力が小さなひずみにつながる。これをシアシックニングというよ!

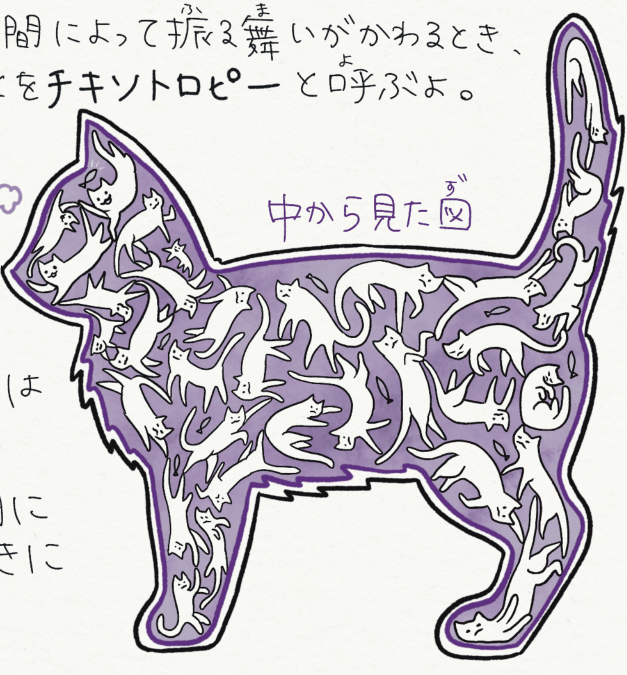
でも、応力をかけてかたいねこをリラックスさせることもできて…

なでる速度が大きいとき粘性(ねんせい)が小さくなって、小さな応力が大きなひずみを生(う)む。これをシアシニングというよ。

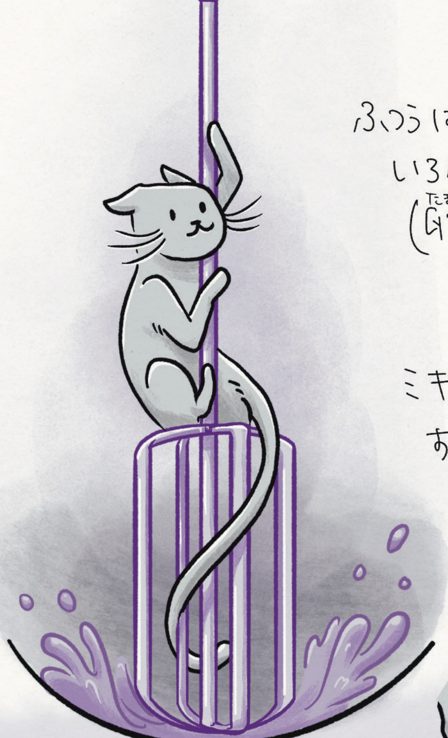
同じ応力を同じはやさで長いあいだかけたとしても、
ねこがちがう振(ふ)る舞(ま)いをすることがあるんだ！ねこが
応力に対してどういう風(ふう)に反応(はんのう)しようか考(かんが)える時間が
あるみたいに。



こんな風(ふう)に時間によって振(ふ)る舞(ま)いがかわるとき、
この物体(ぶったい)のことを**チキソトロピー**と呼(よ)ぶよ。



チキソトロピーは
物体のなかの
構造(こうぞう)が時間に
よってかわるときに
起(お)こる。



ふつうは液体をはやくかきまぜたとき、
いろんな方向に飛びちるよね。
(卵をミキサーでかきまぜるのを
想像してみて)
でもこのねこみたいに、
ミキサーにくっついたり、のぼったり
する物体があるんだ！これを

ワイセンベルク効果

というよ。

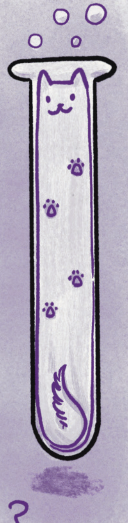
水は蛇口からスルスルと
流れるけど、かたちを
変えたり広がったりする
粘弾性流体もあるんだ。
これを

ダイスウェル効果

というよ。

じゃあ結局、ねこってなんだろう？

ねこがどうしてねことして振る舞うのか、私たちは一生完璧には理解できないかもしれないけど、ねこはねこのルールでこれからも生きていくよね。他の物体も同じ。



固体と液体のあいだの物体について、まだまだわからないことがたくさんある。流動学は、この複雑な現象が応力とひずみの関係で決まってることを示したんだ。そして、これが時間とどう変わるのかを。

でもどんな物体もそれぞれ少しずつちがう。ねこみたいに！

あなたのお気に入りのねこはどれ？

用語集

流動学（英語でレオロジー）：いろいろな環境で、ものがどう流れるかを調べる学問（特に、ただの固体でも液体でも気体でもない物について。

応力：物にかかる力。

ひずみ：物がどれくらいかたちをかえるか測るもの。

弾性固体：応力をかけたときに、かたちが元にもどる固体のこと。

塑性固体：応力をかけたときに、かたちが元にもどらない固体のこと。

降伏応力：弾性固体が塑性固体になる前にかけられる最大の応力のこと。

破壊固体：応力をかけたときに、かたちは保たれるが、ヒビや割れなどがおきるもの。

粘性液体：流れて、入れもののかたちをとるもの。

粘性：物がどれくらいドロッとしているか測るもの。応力とひずみ速度の関係性を示すもの。どれくらいの応力で、どのくらい物が動くのか説明するもの。

ひずみ速度：ひずみがどれくらいの速さでかわるか示すもの。物がどれくらいの速さで動き、かたちをかえるかということ。

粘塑性：小さな応力では塑性固体のように、大きな応力では粘性液体のように振る舞うもの（例：どろ、歯みがきこ、マヨネーズ）。

粘弾性：ひずみ速度が時間に依存するもの。短い時間では弾性を示し、長い時間では粘性を示すもの（例：つみかさなった麺、ケチャップ）。

弾塑性：降伏応力をもつもの。小さな応力で弾性、大きな応力で塑性を示すもの（例：スチール）。

弾粘塑性：ひずみの大きさとひずみ速度によって振る舞いをかえるもの（例：溶岩）。

シアシックニング（shear thickning）：ずり（なで）速度が大きくなるとき粘性もふえて、大きな応力が小さなひずみにつながること。

シアシニング（shear thinning）：ずり（なで）速度が大きくなるとき粘性がへって、小さな応力が大きなひずみにつながること。

チキソトロピー：同じ応力が時間によってちがう振る舞いをおこすこと。物のなかの構造によってもたらされる。

ワイセンベルク効果：棒でまぜた時棒からはなれずに、棒にのぼること。

ダイスウェル効果：蛇口や入れものから出たとき、広がること。

流動学コミック　1巻

流動学はものがどう流れるかを調べる研究（英語で、流動学はレオロジーという。レオは古代ギリシャ語で流れという意味で、ロジーの元になっているロゴスという言葉は研究という意味）。

パンタ・レイ — すべてのものは流れる！

イグノーベル賞をとったファーディン教授の記事、「ねこの流動学」（2014年）に触発されて、そして私たちが好きなねこにも助けてもらって、流動学の基本について描いてあります。

πάντα ῥεῖ

提供：アメリカ流動学学会の流動学ベンチャー資金

もっと流動学について知るためにはこのQRコードを読み込んでね。

このコミックは次の言語でも読めます：

Ελληνικά • English

Français • فارسی

つづく