

ねこは固体？液体？



キャンベル ロブ<sup>1</sup>、マーティン キャロライン  
訳：月夜部 1優菜

リゅうじゅうがくがくかうかい  
アメリカ流動力学学会、ファーディン教授、  
きふうじゅ  
そして私たちのきふういく  
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・ケレシーに  
感言射を込めて。

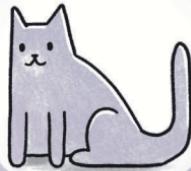


2023年

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 ？

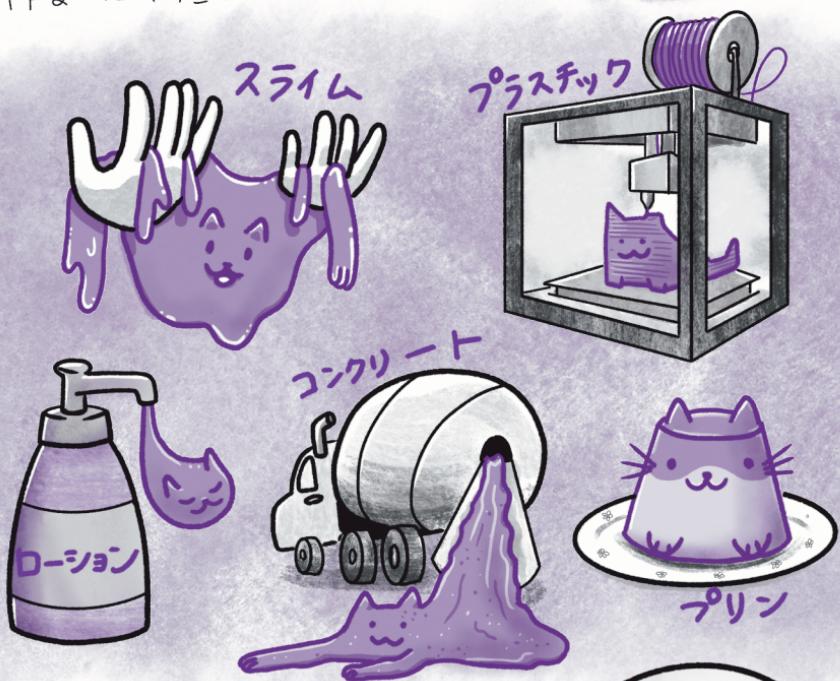
固体と 液体の 両方の 性質 を  
持つ ものを見つけたとき、  
どうやつて どのくらい 固体か  
どのくらい 液体かへ  
決めれば いいんだ ？

流動力学 を  
使えば いいんだ！

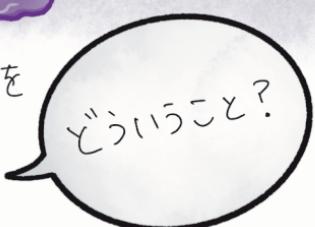


りゅうじゅうがく えいご  
流重力学（英語でレオロジー）は、ものがどう流れるとかを  
なが  
言調べる研究分野。

りゅうじゅうがくしゃ  
流重力学者は、ものが  
どれくらい固体なのか、  
どれくらい液体なのか、  
言調べるんだ。そして、  
そこでわかったことを使って  
牛乳瓶などドロドロしたものを  
作るんだ！ たとえば・・・

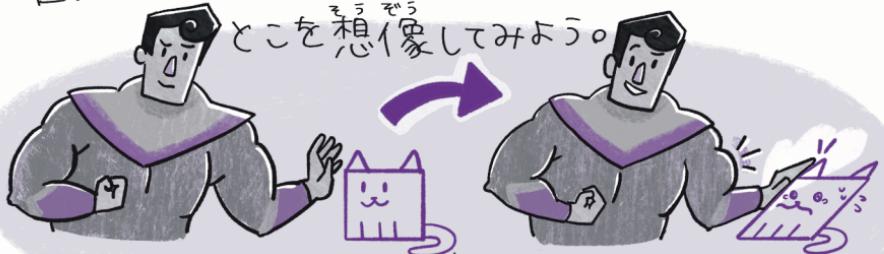


りゅうじゅうがくしゃ  
流動学者は、「応力」と「ひずみ」を  
みて、ものが時間とどう  
おもてよ  
伸びるか実験するんだ。



巨大的なスーパーヒーローが、ねこをなでようとしている

どこを想像してみよう。



このねこをなでる力が、心力。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。

小さな女天使が、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？



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で、流動力学では大切なことなんだ。

ふつうは応力とひずみは一系者に大きくならったり、小さくなったり。そうじやないときもあるから、あとでも」と言証明するね。

で、これが「固体」と「液体」とどう関係してるのであるか?



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:

だんせい

# 弾性

そせい

# 塑性

は

かい

# 破壊性

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、力とひずみを感じたあと、

ねこは元のかたちに

戻る返る。



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、  
足<sup>は</sup>にね返<sup>かえ</sup>らない。  
のびたままになつたり、  
つぶれたままになる。  
もっと応<sup>おう</sup>力<sup>りき</sup>をかけるまで、そのままで  
状態<sup>じょうたい</sup>だね。この性質<sup>せいしつ</sup>のことを  
塑性<sup>そせい</sup>とよぶよ。

こうろくおうりよく  
ねこは降伏応力に  
到達するまで弾性<sup>だんせい</sup>なんだ。

こうろくおうりよく  
降伏応力といふのは、  
もうねこが足<sup>は</sup>にね返<sup>かえ</sup>る  
ことができないところまで、  
かける応力<sup>おうりよく</sup>のことだよ。



でも大きすぎ<sup>る</sup>応力を  
固体にかけちゃうと…



ぶつたい こわ  
その物体<sup>たい</sup>は壊<sup>こ</sup>れる。



もっと長い時間でねこを考えると、  
ねこは夜液体のように<sup>まくら</sup><sup>まくら</sup>無<sup>な</sup>うんだ。

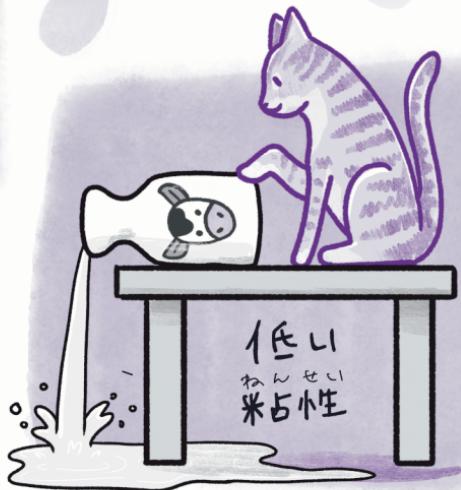
い もの  
入れ物のかたちにこなすよ。

水と比べて、ねこはもっと  
米<sup>べい</sup>性<sup>せい</sup>があるんだ。

というのも、水よりねことり、  
どうとしてる



ねこは高い米粘性<sup>ねんせい</sup>があって、  
(うちみつのよう)に  
ゆっくり<sup>なが</sup>流れまる。



低い米粘性<sup>ねんせい</sup>の液体は  
もっと薄くて、水とか  
牛乳しか<sup>れい</sup>その例だよ。

おうりょく  
じゃあ、液体で応力<sup>むか</sup>とひずみの関係<sup>もんたい</sup>をどうやって  
言<sup>い</sup>くべきはいいんだ? これには<sup>すば</sup>めんたいいい問題<sup>問題</sup>なんだ!

液体はいつも重<sup>うき</sup>いでる。

だから、ひずみはいつも

変化していよん。

だから、わりにひずみが

どんな速<sup>はや</sup>さでかわっていよか

言周<sup>じら</sup>べよ。

どのくらいの速<sup>はや</sup>さで液体がかたちを  
かえるかな? これが"ひずみ速度"だ。



粘<sup>ねんせい</sup>性<sup>せい</sup>は、応<sup>おう</sup>力<sup>り</sup>とひずみ速度<sup>そくど</sup>の関<sup>かん</sup>係<sup>けい</sup>を

教えてくれよん。



液体が(はやく重くには、

どれくらいの応力が

必要<sup>ひつよう</sup>なのか、私たちに

教えてくれよ。

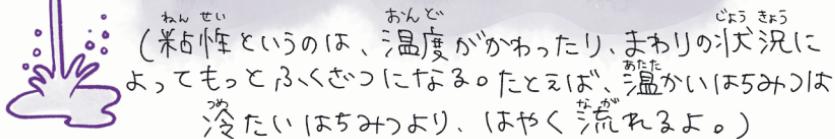


水<sup>みず</sup>みたいな液体は、ひずみ速度<sup>そくど</sup>をかえるのか

そんなに大<sup>たい</sup>変<sup>へん</sup>じやないね。でも、ねこみたいに

粘<sup>ねんせい</sup>性<sup>せい</sup>が高<sup>たか</sup>いものほ、ひずみ速度<sup>そくど</sup>をかえるために

もっと応<sup>おう</sup>力<sup>り</sup>が必要<sup>ひつよう</sup>になるよ。



(粘<sup>ねんせい</sup>性<sup>せい</sup>といふのは、温度<sup>おんぶ</sup>がかわったり、まわりの状況に

よってもっとふくさつになよるとえれば、温かいひずみのは  
冷たい(ほちみつ)より、(はやく)流れよ。

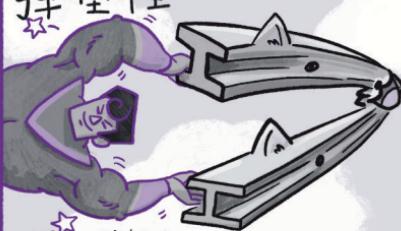
たくさんのが、ねこみたいに弾性、塑性、粘性を  
組み合せた性質を持ってるんだ。

### ねんそせい 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: ひろ、歯みがき、マヨネーズ)

### だんそせい 弾塑性



小さな応力をもつもの。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)

### だんせい 米占弹性



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

### だんねんそせい 弾粘塑性



応力とひずみ速度によって  
擴張舞いをかえるもの  
(例: 溶岩)

これらの扩展舞いは応力と  
ひずみの複雑な関係に  
依存してます。だから  
予測がむづかしくて予想も  
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  
つながらない場合もあるんだご。



いきなりかたくなって  
攻撃してくる! なでる速度と  
一糸も離さずにねこの迷走性が  
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!

ねこにかける応力をどんどん  
増やしたとしても、ひずみが  
増えつづけるわけではないよ。  
かわりに、ねこは  
リラックスして迷走態から…

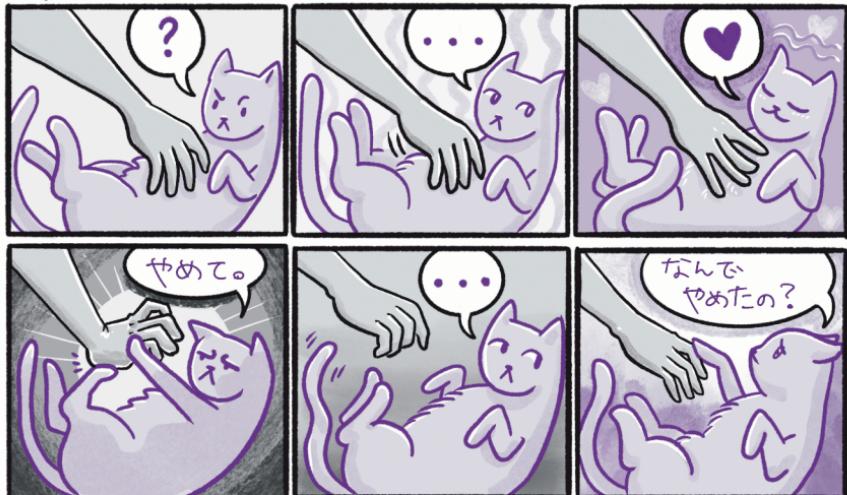


でも、応力をかけてかたいねこをリラックスさせることも  
できて…

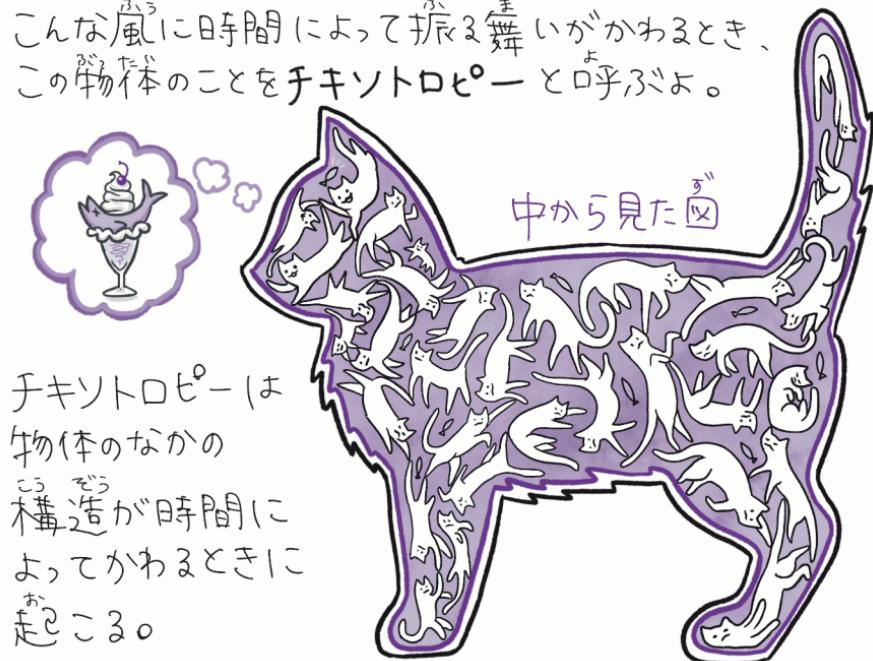


なでる速度が大きいと迷走性が小さくなって、小さな応力が  
大きなひずみを生む。これを「シアシニング」というよ。

同じ応力を同じほのやさで長いあいだかけたとしても、ねこかちがうぎく舞<sup>ふくまい</sup>いをすることがあるんだご! ねこか応力に対するどういう風に反応しようか考える時間<sup>ひん</sup>があるみたいに。



こんな風に時間によっておぎく舞<sup>ふくまい</sup>いがかかるとき、この物体のことをチキソトロピーと呼ぶよ。





ふつうは液体を（ひやくかきませたとき、  
いのんな方向に飛びぢるよね。

（日本をミキサーでかきませるのを  
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。

水は虫穴口からスルスルと  
流れけど、かたちを  
変えたり広がったりする  
ねんじんせいりゅうたい  
粘弹性流体もあるんだ。  
これを

## ダイスウェル 効果

というよ。



じやあ系局、  
ねこってなんごう?

古代エジプト人は  
ねこは神聖な力を持つと  
思っていたんだ。

ほにゅう業界!

ケルトイ系奈

異界の

守護者!

あらわいい!

ベトナム系の  
牛番目の動物!



ねこがどうしてねことして舞うのか、私たちは一生  
完璧には理解できないかもしれないけど、

ねこはねこのレベルでこれからも  
生きていくよね。他の生物体も同じ。

固体と液体のあいだの生物体について、  
まだまだわからないことがたくさんある。

三流重力学は、この複雑な現象が  
心かとひずみの関係で決まってみ

ことを示したんだ。そして、これが  
時間はどう変わるのかを。

でもどんな生物体もそれぞれ  
りしづちがう。ねこみたいに！

あなたの気に入りのねこはどれ？



# 用語集

読んでくれてありがとう！



りゅうとうかく えいじ

**流動学(英語でしオロジー):**

いろいろな環境で、ものがどう流れかかるかを言ふる學問(牛乳に、たゞ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:** 引張り性固体が塑性化す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、かたちは保たれますが、ヒビや割れなどがあるときのもの。

**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、どのくらいの物が動かのかを説明するもの。

**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重力、かたちをかえるかということ。

ねんきせい

**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:ひご、歯みがきこ、マヨネーズ)。

ねんたいせい

**粘弹性:** ひずみ速度が時間に依存するもの。短い時間では引張り性を示し、長い時間では粘性を示すもの(例:つみがさなった麺、ケチャップ)。

だんせいい

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

だんねんせいい

**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 thickening):**

すり(なで)速度が大きくなると引き性もふえて、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):**

すり(なで)速度が大きくなると引き性も小さがって、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:** 木棒でまぜた時木棒からはなれずに、木棒にのぼること。

**ダイスウェル効果:** 食器や入れ物から出たとき、広がること。

# りゅうどうがく 流動力学コミック 1巻

りゅうどうがく  
流動力学はものがどう流れかかるかを言ふべく研究（英語で、  
りゅうかがく  
流動力学はレオロジーという。レオは古代ギリシャ言語で、  
りゅうわ  
意味で、ロジーの元になつてゐるロゴスという  
ひとじ  
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孝教授の記事、  
「ねこの流動力学」（2014年）に角田発されて、そして  
私たちが女子かなねこにも且かけてもらって、  
流動力学の基本について描いてあります。



ていきょう  
提供：アメリカ流動力学学会の流動力学ベンチャーファンド



もっと流動力学について知るためにこのQRコードを  
読み込んでね。

このコミックは次の言語でも  
読みます：

English

Français

つづく

