



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	物理学エッセイ : 文系のための物理学2023
Author(s)	文系のための物理学2023受講生; 川本, 思心//編
Issue Date	2024-02-08
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/91142">https://hdl.handle.net/2115/91142</a>
Type	article
File Information	PhysicsEssays2023.pdf



# 物理学エッセイ



文系のための物理学 2023



物理学エッセイ

文系のための物理学2023

## 序文

本書は、北海道大学の文系向け学部授業「文系のための物理学」の受講生 15 名によるエッセイ集である。テーマは、物理学と自分の関係をとらえてみたものから、趣味のスポーツを物理学で紐解いてみたものなど様々である。タイトルをながめてみるだけで、想像をちよつと刺激してくれる作品が今年もできあがった。

エッセイの執筆は本授業の手段であり、目的ではない。文系・理系諸学問の違いと共通性は何か、それをどのように学び・理解することができるのか、そもそも「理解する」ということはどういうことか。これらを実践的に学ぶことが目的である。エッセイ執筆にむけて、授業ではアクティブブック・ダイアログや研究室訪問、そしてグループディスカッションやピアレビューといった多様な手法を用いた。

文章を書くという行為は、学問におけるの基本動作である。しかしこの学問における文章というものは、ともすれば学部生活の中で、無味乾燥な「レポート」に陥りやすいと言ったら言いすぎだろうか。書く側も読む側も誰も知的よろこびを感じられない文章。それは不幸なこと

であり、将来、専門の論文を書く上でも、一般向けの文章を書く上でも、ただ徒然に文章を綴るといふときにも枷になってしまいかもしれない。本授業のねらいは、面白い文章をめざすという文章執筆の基本を忘れないでいてほしい、という点にもある。もちろんエッセイは単なる日記ではない。より一層丁寧な説明と描写、文脈の共有が必要になることはいうまでもない。

授業で執筆した『物理学エッセイ』を公開したのは今年で3年目となる。今年は執筆時間に十分な時間をとったため、例年より完成度が上がったように思われる。とはいえ、物理学的な正確さを必ずしも万全に保証するものではないことはご了承いただきたい。ここにあるのは、非専門分野との「付き合い方」の試みである。

なお、授業実施にあたっては、TAの越後谷駿さんと、中垣俊之先生と同研究室の皆様にご協力をお願いしました。ここに感謝申し上げます。

川本 思心

## 目次

ロマンティスト物理学	水流 幸祐	6
鬼と悪魔と物理学者と	菊川 道成	10
これだから物理は	M K	14
遡る	濱田 圭	17
ゴムゴムの嘘	森 優貴	21
自転車屋断罪裁判	津島 蒼	27
物理学で見るサッカー	濱田 恭輔	33
最強のストレート	日高 悠仁	36

下手な演奏に対する言い訳集		板山 理紗	41
井上高弥 vs 俺		綿貫 大地	46
非日常ゆで卵		濱出 晋作	55
バイクの聖地で		鈴木 稜真	59
元気な音楽		松村 宗汰	63
ありがたい摩擦力		Y. K	66
空色ジnkス		中野 堇	72

## ロマンティスト物理学

水流 幸祐

北海道大学の魅力は、理転ができることだ。私がここに来たのは、まさしく理転できるからである。数学ができない不安から受験で文系に進んだ私にとっては、まさかの巡り合わせであった。私の幼少期からの関心は原子力発電であった。基礎研究を経て、その知識を原子力発電に役立てたいという気持ちと、不思議な憧れに導かれ、私は深く考えずに、北大に入り、理学部物理学科を志望しているのだ。

しかし12月のことだ。教養棟へと雪道をぎくぎく歩いている中、理学部物理学科を目指す友人がこぼした。

「有益そうなやつにだけ食いつくのはダサすぎるし、現金すぎる自分に辟易する。無益でもロマンあるものにしか惹かれない」

私の志望理由とは随分と異なる。もしかや私の志望理由と、理学部物理学科の理念はひどく相

反するのでは。私は、改めて学部学科を吟味する必要に迫られた。

まず様々な工学部の研究室を見て回るようになった。原子力と名が付く研究室はひとつではないし、関連する研究室を入れればさらにその数は増える。慣れない研究室訪問にもがいた。

とある研究室では、教授は日本の高温ガス炉の「強み」を語ってくれた。話は弾んだ。

「今日はありがとうございます」

「最近はずいぶん忙しくなくなりましたし、またいつでもご連絡くださいね」

原子力発電を学びたいなら、確かに工学部を目指すべきかもしれない。でも、理学部物理学科もやはり捨てきれない。

理学部棟を見上げる。理学部物理学科には、深淵を覗くような高尚さがあった。建物の壮観さもそれを引き立てていた。物静かな 10 階に、原子核理論研究室があった。

『原子核では、表面の変形による振動が起きたり、核全体が楕円体に変形して回転運動が起き

ます。これらは多数の核子が関与するため集団運動と呼ばれ、核子間に働く核力の複雑さからは想像のつかないほどの単純で美しい対称性と規則性が現れます…』

研究室前のポスターを眺めていると、准教授から声がかけられ、部屋にお邪魔した。部屋は和気藹々とした雰囲気ではなかった。それとは違う、心地よい沈黙が漂っていた。准教授の物言いは落ち着いていた。准教授のお話、こちらからの質疑。その間の沈黙は、気まずい代物ではなかった。やはりここもいいかもしれない。

「年末近くで、お忙しいところありがとうございます」

「僕は、『忙しい』という言葉は好きじゃない。雑用と物理は違うから。物理のことなら、いくらでも考えられるんですよ」

「毎日、楽しく過ごしていらっしゃいますか」

「うん、楽しいですね。毎日がとても楽しいです。美しい対称性を追っているのですから」

准教授の言葉に、私の眼は開いた。ああ、物理学者ってすごい。この人は、私のような目的意識ではなく、美意識でここまで来たのだ。恍惚と同時に、自覚が芽生えた。どうやら私は物理に憧れているのでなく、物理学者に憧れていたようだ。

理学部棟を見上げる。「原子力発電に役立てるために」というかつての私の志望理由が浅ましく思えるほど、天の高みを目指す人たちがここにいる。理学部物理学科は、仙人の居城かもしれない。

### 参考

原康夫・1980『朝倉現代物理学講座 11 素粒子』朝倉書店

三浦功・菅浩一・俣野恒夫・1960『放射線計測学』裳華房

中谷宇吉郎・2016『中谷宇吉郎・雪を作る話』平凡社

## 鬼と悪魔と物理学者と

菊川 道成

「来年の事を言えば鬼が笑う」という（通常の会話ではまず使われない）長ったらしいことわざがある。無駄だとわかっていても人はなにかにつけてあれやこれやと未来について考えを巡らせてしまうものだ。現に今、僕も物凄く考えている。単位取れるかどうかとか無事進級できるかどうかとか、そんなことを考えててもしょうがないんだからさっさと手を動かさせて！

とはいえ、頭の良い人の中には未来について真剣に考えた人もいる。この世界に存在する全ての物体の位置とそこにかかる力が分かる「ラプラスの悪魔」という存在が仮定されている。驚くべきことに、この悪魔はただ物知りなだけではなく、未来までも分かっってしまうという。全ての物体は物理法則に従って動くから（というよりも物体の動きを普遍的にかつ抽象的に記述したものが物理法則なのだが）、ある時点の全物体に関する情報があれば、そこから未来を計算して導き出すことができるのだ。これは別の方法で言えば、過去も未来も、そしてもちろん現在も宇宙が始まった時から全てあらかじめ決まっているということ……なんだかゾツと

するオカルトじみた話だが、安心してほしい。近年の量子力学はこれを否定している。どうやらミクロの世界では、存在が0か1か（「ある」か「ない」か）ではなく、0.1とか0.2とかの確率になってしまうので、「物体に関する情報」というのが確定せず、そこから未来を割り出すこともできないらしい。何を言っているのかよくわからないが、なににせよ未来がまだ決まっていけないというのは気分がいい話ではないか。私はこっちの話の方が好きだ。

未来のことは一切わかりません、というのもなんだか味気ない話ではある。それに、振り出しに戻された気分だ。何とかして未来を予測できないものか。別の角度から見てもみよう。「歴史から未来を推測する」という方法はどうか。人類がこれまで積み上げてきた莫大な量の歴史がある。それをデータ化して歴史の裏に潜む法則を、物理学者が物理法則を見つけ出すように、見つけることはできないだろう。

未来のことは一切わかりません、というのもなんだか味気ない話ではある。別の角度から見てもいいようにしよう。「歴史から未来を推測する」という方法はどうか。人類がこれまで積み上げてきた莫大な量の歴史がある。それをデータ化して歴史の法則を、物理学者が物理

法則を見つけ出すように、見つけることはできないだろうか。これには解決せねばならない問題がある。「法則」というものを成り立たせる上で重要なのが「因果関係」であるのだが、この因果というのが曲者だ。例えば、第一次世界大戦の原因は何か？という問いに対する答えは一つにならない。オーストリアの皇太子を殺した一人の青年であると答える者もいれば、当時の外交情勢からみて戦争は避けられないものだったとする者もいる。法則というものが有力であるには、原因が曖昧であってはいけない。歴史というのは様々な事象が複雑に絡まりあっており、原因が明確に特定できない。それは歴史に対する解釈であり、純粹な歴史学ではなくなってしまう。では純粹な歴史学は未来を知ることには全く役に立たないか、と言われるとそうでもないと思うのだ。

未来を知るにはとにかく過去を知るしかないと思う。というより、未来を直接知ることができない以上そうするしかない。そうすることで確実に未来が言い当てられる魔法のようなものではないが、とにかく、未来にばかり気を向けては何もわからないのだ。「来年の事を言えば鬼が笑う」ということわざの意味が少しわかったかもしれない。ヒントはいつでも過去にあるのだ。だからこそ、未来の事とか関係なしに歴史を学ぶことでも、未来に対して考えるのが上

手になるのではないかと思う。こんなことを考える私を鬼は笑うだろうか。

参考

マークブキャナン（水谷淳訳）2009『歴史は「べき垂則」で動く：種の絶滅から戦争までを読み解く複雑系科学』ハヤカワ文庫

## これだから物理は

M  
K

ある寒さの厳しい日、熟講師をやっている教室でのことだった。「今、大学の課題で物理について不満を言える課題があるんだけど、なんか不満とかある?」。人の女子生徒に聞いてみた。「物理って問題文を読み解いていって、公式を使い解いていくじゃないですかあ。でも考えなければならぬ部分と考えなくても大丈夫な部分があって特に最初は公式も少なく、考えることができない部分も多くて解けないんですよ。でも最終的には公式も増えて考えられるようになるじゃないですかあ。わけわかんないですー」。僕は文系だ。まったく気持ちが悪くならなかった。そのため、具体的にどういうことかを説明してもらおうとその時に問題を解いていた円運動の問題を扱い詳しく聞いてみた。

例えば、「半径  $1.0\text{ m}$  の円周上を回転数が  $5.0\text{ Hz}$  で等速円運動する物体がある。円周率を  $3.14$  として物体の速さを求めよ」

まずは図を書いてみた。途中、「ある瞬間の速度の方向は円の接線方向なので」という表

現があつた。まったくイメージがつかなかった。また、速度の向きが真上に働いているときに、重力は下に働いているわけだし、どういうことだろうか。と思つた。確かにその生徒がいうように、物理の問題は考えなくてもいい部分と、考えなければいけない部分の見極めが難しい。

僕とその生徒はとある参考書を用いて円運動について勉強することとした。一緒に参考書を使って学習していくうちに、普通の速さ $v$ は $\omega r$ と何かしら関係があるのではないかということにはわかつた。しかし、お互いの集中力が続かず、なぜか途中から家事ができないという話になりそこで途絶えてしまった。「せんせーい私家事が一切できないんですけど、できますか？ そもそも一人暮らしをしていますか？」。そこから洗濯機に対する愚痴が始まつた。「よく洗濯機つて、洗剤をいれてボタンを押すだけとか言われているじゃないですかあ。そんなことなくないですか？ 家でよく階段の上とかで洗濯物を乾かしているんですけど、もはや脱水機能使つて無くないですかあ」。

僕自身も家事に関しては全くの無知であるため、その愚痴は広げることができなかつたが、円運動と洗濯機がなんか似ているような気がした。そこで調べてみたところ、電気洗濯機の脱水機能に遠心力が使われていることにわかり後日その生徒に伝えた。「遠心力つて、ひもとか

があつてそれを回していたら遠心力を使っているというイメージがしやすくて納得できるんですけど、ただ回っているだけなのに円運動じゃなくて、遠心力なんです、イメージと現実が結びつかない!! これだから物理は嫌いなんですよ!!」。

ここで、遠心力に関して解説する。遠心力は円の中心から遠ざかる方向に力が働き、大きさは  $F = mrv$  の2乗である。最初は勉強をしたくないただの言い訳にしか正直聞こえていながつたが、実際に高校物理の参考書を見たり、物理を使っている製品を見るとその生徒が言つてた不満を理解することができたような気がする。勉強を教える立場ではあるが、これからも生徒とともに物理を学び物理の不満を言い合つていこうと思う。

#### 参考文献

国友正和 他：2021 『改訂版 新編物理基礎』 数研出版

漆原晃：2014 『大学入試 漆原晃の物理基礎・物理「力学・熱力学」が面白いほどわかる本』 角川書店 186・193

## 遡る

濱田桂

バケツをひっくり返したような激しい雨が降っている。

私たちはそれが至極当然かのように傘を差し、それぞれの目的地に歩を進める。

いつもの都会の喧騒は雨音に遮られ、聞こえてくるのは自分の足音と雨粒がぶつかる音のみだ。分厚い雲が日光を遮り、街灯が光っている。あたりは夜のように暗い。

そんな雨に人は、あまりいい印象は抱かないかもしれない。

ただ、私には傘の中に一人一人が自分だけの小さくて

ささやかな世界を作っているように見えて、

街中だというのになんだかわたしたちに心地よい孤独感を味わわせてくれる、

そんな特別な時間をもたらしてくれる雨が、私は好きだ。

ただし、あれを除いては。

どす黒い雲から突然、閃光、続いて轟音が響き渡る。

雷から感じる、なんというか、自然の強大な「エネルギー」は傘の中の小宇宙から現実私  
たちを引き戻してしまうのだ。

小学校にいる時分、雷に怯え、泣いてしまう人が数人いたことを記憶している。

真昼だというのにすっかり外は真っ暗で、ましてや停電などしたものだから、

小学生の日常と比べると相当に刺激が強く、そんな非日常に私は雷に畏れる一方で正直ワクワクしていたのだと思う。

「強い上昇気流の中でできた氷晶（小さな水の粒）が擦れ合い、静電気が発生し雲の中でプラスとマイナスの電荷が生まれる。プラスの電荷は雲の上層に、一方でマイナスの電荷は下層に集まりやすい性質を持ち、この間で引き合う力が生まれて電界が生まれる。空気がこの引き合う力に耐えきれなくなった時、雲の中の電荷を中和するために、雲の中では雷放電、あるいは雲と地上で落雷が起きる。

またこの時、地表は雲の下層の負の電荷により、正の電荷が誘導されており、雲から地上へ出た雷放電（ステップリーダー）が段階的に地上に向かって少しずつ進む。放電が地面に到達することで放電経路ができ、それを辿って地表から雲へリターンストローク（帰還雷

撃)が伸びる。この光の速さの半分くらいの速度の帰還雷撃が、我々の落雷として捉えているもので、その電気の通り道は3万°C(太陽の表面温度の5倍)に達した結果強く発光、また激しく膨張した空気の衝撃により大きな音を発する」

雷の発生の仕組みだ。不思議なもので、これもあくまでこれも定説であって、雷が起る理由はいまだにさまざまな説が存在するらしい。

ただ理屈を理解した現代人でも、どうにも雷に対する「畏れるほどのエネルギー」には雨ほどの無関心さではられない。

思うにその理由はあまりにもそれが強大すぎるからだと思う。

理屈もわからない遙か遠く昔の人からしたら、「神鳴り」と称されるのも無理はない。

そういえば、清少納言は枕草子で雷を「せめておそろしきもの」と言及していた。

分厚く黒い空から放たれる稲光は当時、灯りが小さな火のみだったことを鑑みると、相当に恐ろしいものだったと窺い知れる。ただ想像することだけしかできないのかもしれないのかもかしい。

枕草子に限らず、世界の神話、伝承に雷が登場するのはやはりその持つ「エネルギー」が

超越的な存在を想起させるからだろう。

学問の発展により様々な事象のメカニズムが明らかになる一方、それに対する感情はあまり変化していないのだなあ、と思うと、遠く昔の人の記憶を追体験しているような気がして、なんだか不思議な気分になってきた。

雲の切れ間から日の光が見えてきた。  
どうやら特別な雨の時間は終わったようだ。

#### 参考

- フランクリン・ジャンパン「雷のメカニズム」<https://www.franklinjapan.jp/rainart/knowledge/gjknmg/4/>（2024年1月23 日閲覧）
- 音羽電気工業「雷のエネルギー」[https://www.otawadensetsu.co.jp/knowledge\\_energy/](https://www.otawadensetsu.co.jp/knowledge_energy/)（2024年1月23 日閲覧）
- 牛尾知雄・2016「雷の物理とその観測技術」『日本物理学大会誌』71巻4号2035-2388  
[https://www.jsagecjs.jp/article/kansun/71/4/71\\_2357.pdf?char/ja](https://www.jsagecjs.jp/article/kansun/71/4/71_2357.pdf?char/ja)（2024年1月23 日閲覧）

## ゴムゴムの嘘

森 優貴

漫画が好きだ。僕がドラゴンボールの世界の住人だったら、地球人なりにかめはめ波がちょっとは出るまで修業しただろう。バイトの履歴書の特技欄とかに「かめはめ波がちょっとは出る」と書きこんでいただろう。しかし現実ではそうはいかない。他にも漫画の世界のようにいかない現実は多くある。

たとえば『ワンピース』という漫画のルフィ。このキャラクターの詳細を知らない人のためにざっくり解説すると、彼は全身がゴムのような性質をもっていて、体全体が伸び縮み可能である。バトル漫画の住人である彼は、振りかぶるような姿勢で腕を後背に思いっきり伸ばした後、その反動で拳を前に突き出して「ゴムの力を使った強力なパンチ」を繰り出す。その威力や軌道をさまざまなものに見立て、「ゴムゴムの銃(ピストル)」「ゴムゴムの斧」などと技名がついてくる。

描写を見る限り、詳しく観察するとルフィのパンチは以下のように見える。

- ① 振りかぶる姿勢で拳を背中側へ持っていく
- ② その勢いで腕が伸び、拳が直線運動に近い軌道で後ろへ跳んでいく
- ③ 減速しながらある程度遠くまで拳が行き、止まる
- ④ 伸びたゴムが縮み、拳が加速しながら直線運動で戻ってくる
- ⑤ 拳が体の横を通過して、勢いそのままに腕が伸びながら前方へ拳が直線運動をする
- ⑥ 前方にいる敵・目標に拳が命中する

固体には「弾性」がある。弾性とは、物体に外から力を加えるとその物体が変形し、その力を取り除くと力を加える前の形に戻ろうとする性質のことである。この時、伸びたゴムにはエネルギーが蓄えられていると見ることができ、この弾性エネルギーが運動エネルギーに変換され、ルフィの「ゴムゴムの銃」は成立する。

腕の太さ・長さを持つゴムの塊の先端に拳と同じ重さのおもりがついていると仮定して、ル

フィのパンチの力を計算してみよう。漫画内での描写を確認してみると、腕が伸びている距離は攻撃によってまちまちであるが、1話の描写を参考に10メートルと仮定する。また、ゴムの「元に戻ろうとする力」も考えてみる。フックの法則「 $F=kx$ 」で使う、ばねで言うところの「ばね定数」は、ゴムの「ヤング率」という値が用いられる。天然ゴムの「ヤング率」は  $0.1 \text{ M N/m}^2$ 、 $10 \text{ M N/m}^2$  ほどと幅があるそうだが、描写を見る限りルフィのゴムは比較的柔らかそうに描かれているので、とりあえず  $1 \text{ M N/m}^2$ 、つまり100万  $\text{N/m}^2$  としておく。

上記の仮定を用いて計算すると、応力の大きさ  $\sigma$  はヤング率と変形率をかけた値となる。変形率は元の長さに対する伸びた長さ分のパーセンテージなので、ルフィの普段の腕の長さが必要となる。ここではとりあえず60 cm としておこう。すると次のように計算できる。

$$\sigma = 1,000,000 \times (10-0.6)/0.6 = 15,700,000 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

算数としてあまりに簡単な式になってしまっても不安になってきた。合っているのだろうか。……いやこのままいってみよう。だってしょうがないじゃん一生懸命やったらこうなっちゃったんだから。

1570万  $\text{N}/\text{m}^2$  という約157万  $\text{kg}/\text{m}^2$ 、1  $\text{m}^2$ あたり1570tである。ルフィの拳の面積はもつと小さいので実際の威力はさらに桁違いになる。さすがゴムの力は恐ろしい……ん？ 待てよ？ そもそもそれだけの力をゴムが蓄えるほど伸びたのはルフィの腕力によるものだ。拳をどこかにひっかけながらゆっくり伸ばしたのではなく、「振りかぶる一瞬の腕力」でそこまで腕を伸ばしたのだ。ゴムは力を「蓄える」のであって増やしはしない。このゴムの力は結局ルフィの「一瞬の腕力」によるものである。ということは、ルフィはその「一瞬の腕力」でそのまま前にパンチしても威力が変わらないのではないだろうか。それどころか、予備動作が少ない分不意をつきやすく有効打になりやすいのではないだろうか。おいルフィ！ お前もつと強くなれるぞ！

……もちろんそのようなつつこみは野暮であるのはわかっている。漫画の中でそこまで現実に即したところで面白くない。全身ゴムの人間がたいして伸びもせず殴りだして何が面白いんだ。現実に即さない面白さ、それが漫画の大きな魅力のひとつだ。

さて、そういった「現実に即さない面白さ」はデフォルメによって形成される。漫画におけ

るデフォルメとは、単にキャラクターの顔をわかりやすく描くような「ビジュアルのデフォルメ」もあれば、そうではないもうひとつのデフォルメもあるのだ。漫画における表現は、ものの形や色といったビジュアル要素だけでなく、読者がモノに対してもっている印象やイメージの中から一部を捨象あるいは誇張する。ゴムの力云々に関しては、「ゴムは伸びて戻ってくる」というイメージと「戻ってきて当たると痛い(!!強い)」というイメージがデフォルメの下地になっている。

「ゴムゴム」に関する上記の話をそういったもうひとつのデフォルメの代表例として、換喩的に本エッセイではそれを「ゴムゴムのデフォルメ」と名付けてみよう。あらゆるフィクションは、どんなに「本当っぽい」ものでも現実ではない。虚構である。それと同時に、どんなに「嘘くさい」ものでも現実には反映されている。読者は現実世界を生きている人間だからだ。つまり、「現実在即さない面白さ」は、現実在即さないようにするために必ず現実を意識する必要があり、逆説的に「非現実」は「現実」を浮き彫りにするのだ。

ちよつとかつこつつけた言い回しをしてしまった。ダサイ話をしてバランスを取っておこう。

いやー難産なエッセイであった。スケジュール管理能力に大きな問題があった。あまりにも原稿提出を先伸ばししてしまった。ゴムゴムの提出。マジマジの反省。

参考

川村康文・東京理科大学川村研究室：2014 『理誦がわかる力と運動の手づくり実験』 オーム社

尾田栄一郎：1997 『ONE PIECE』 第1巻

## 自転車屋断罪裁判

津島 蒼

「お前この値段どう思う？」

「…ぼったくりじゃんか…」

当時高校1年生だった私はツールドフランスにドハマリしていた。この時、東京五輪と重なり、日本人初グランツールを走り切ったバーレーン・マクラーレン所属の新城幸也選手に注目が集まっていた。「将来的に新城選手を越すレーサーになるのは多分俺だ」と根拠のない確信を持っていたのを今でも覚えている。

こうなると話は早く、2020年3月某日、高校の友人を引き連れ、近所にある自転車ショップへと向かった。ママチャリで1万円ちょい、ロードバイクだったら10万円あれば割といいものが買えるだろうと、そんな心持で店の中を巡っていた。「お、これクイックステップ（チーム名）のじゃん、ええやん」。値段を見てみるとまさかの完成車で176万円。桁を数え間

違えたのかと思った。だが何回数えてみてもやっぱり176万円。軽自動車なら新車で買えるし、バイクなら割と何でも買える。ここでようやく私の考えが甘かったことに気が付いた。ロードバイクは滅茶苦茶に高いのである。ホイール二つで16万円の表示を見たときには流石にキレた。

結局高校生の私は178万円などという大金をよもや自転車なんぞに使えるわけもなく、完車で22万円程のロードバイクを購入した。にしても高い。予算は10万円だったため、私は小遣いの前借りということで親に12万円の借金をし、高校の間は極貧生活を送ることを余儀なくされた。

さて、ロードバイクは友人の言った通りぼったくりなのか。それともこの値段には正当な理由があるのか。前者だったらやはり高校生だった私はキレてもいいだろう。私は腐っても北大生。理論上はそこそこ賢いはずである。エッセイという体で物理的にこの値段を判断し、不当だった暁にはこの手で断罪してしまおうという訳である。もはやぼったくりであってくれ…

そもそも自転車と他の車両、決定的な違いは何であろうか。8時40分くらいのメインスト

リートを見ていたら、寝坊助な北大生が必至の形相で汗を流しながら自転車を爆走させている。一方、実家通いで寝坊助な私は最悪親の車で優雅に登校する。つまるところ動力の問題なのである。自転車は人力がゆえに、その快速性には特に工夫が必要とされるのではないか。

現在、そこそこにロードバイクを乗り回し、峠を攻めたり、平坦を爆走している私を感じているのは、自転車のスピードに直結する要素として、①車輪を回す力と量、②空気抵抗、③車体の重さの三つがある。これらの中で①②は単純な脚力や自転車のフォルムに依存するため、材料から価格に直結する車体重量について詳しく見ていく。

そもそもの話、そこまで車体重量というのは重要視すべきことなのだろうか。これを考えるにあたって重力抵抗、摩擦という概念を考慮していきたい。

重力抵抗は上り坂において推進を阻む要素で、車重と自身の体重に坂の勾配率をかけることで求めることができる。ロード乗りが上り坂を見るたびに斜度を予想する病気は無意識的にこの重力抵抗を求めようとしているのである。私がよくトレーニングに行く、札幌市南区にある小林峠の斜度は約4%であり、私の体重が約54kgであることから、I…一般的なママチャリ

(19 kg)、II:一般的なロードバイク(9 kg)、III:ハイエンドモデルのロードバイク(6 kg)での重力抵抗を比較した場合、

$$I : (19+54)*0.04=2.92$$

$$II : (9+54)*0.04=1.575$$

$$III : (6+54)*0.04=1.5$$

と重力抵抗は約1.4の違いが単純計算で生まれる。この重力抵抗を単純に1.4 kgの負荷として考えると、ヒルクライムを経験したことがある方なら嫌というほど理解できるだろうが、上りでの1.4 kgはかなり影響が大きい。水の入った2Lのペットボトルを担いで漕いでいるようなものなのだから。これを少しでも減らすために軽量を図るのは理解できる。

さらに、自転車が行走する際にタイヤが回転して前へと進むが、この時回転するタイヤと地面の間では回転摩擦という抵抗が生じ、タイヤの回転を妨げる。車体重量と体重の和が大きくなるほどこの抵抗は大きくなるため、やはり軽量化は重要な要素となる。ただ余談ではあるが、

自転車安定して走行できるのもこの摩擦のおかげなので、一概に邪魔者扱いすることできない。私はこの摩擦に苦しめられると同時に、風を切って走る爽快感を得られているのだ。

以上よりロードバイクを少しでも軽くしようとするのは大変理にかなったことなのである。ここで最近のロードバイクにはどのような材料が使われているかだが、主なものはカーボン、アルミ、クロモリがある。中でもカーボンが最も軽量で衝撃吸収性が高く、加工が容易なため空気抵抗を減らしたエアロ形状採用しやすいという利点がある。このように自転車パーツの材質としては最適なカーボンだが、カーボンは原料、加工法、設備にかかるコストがとて高い。これがロードバイクの値段を吊り上げている大きな原因である。しかし、返す返す、ロードバイクの走りやすさは軽さと大きく関係していると認めざるを得ず、特に身体能力が均衡しているトップレーサーの間では機材1gの差が勝敗を分けるのである。

なかばロードバイクが高価なことを合理化し、欲しかったマシンが買えない葛藤を鎮めようとした感はないが、高いことにはしっかりと理由があったのである。決して自転車ショップのおじさんは「アコギな商売」に手を染めていたわけではなかった。無罪放免……。流

石に現在、自分が新城選手を超えるトップレーサーになれるとは思っていない。故にハイエンドモデルのマシンも必要としない。当時、あまりの値段に無愛想な態度を取ってしまった自転車ショップのおじさんには謝罪の意を込めてボトルでも買っていく必要があると思う。

#### 参考

高石鉄雄…2023 『ペダル1回転で、脚には何キロの負荷がかかる？』物理で考える自転車活用法』『Kodansha Bluebacks』

<https://gendai.media/articles/~19120?imp=0> (2024年1月13日閲覧)

## 物理学で見るサッカー

濱田 恭輔

授業が終わり、自転車に乗って15分ほど山道を登る。夏はそれだけで汗だくになって、白い制服のシャツが汗で透けてしまうこともよくあった。そうしてグラウンドに着き、ユニフォームに着替えて練習を始める。僕はサッカー部だった。毎日同じような練習メニューを行う。そうして練習中、ボールを蹴ることに「今のはうまく蹴れた」「今のは良くないな」と考える。同じボールを蹴る、という動作なのに毎回感触や軌道が違う。あまり力を入れていないのにボールが遠くに飛んだり、逆に全力で蹴っているのにあまりボールが飛ばなかったり。人間が行う動作だから完璧に同じことを再現することはできないことは分かっているが、高校三年生になるまでの自分は何の理論も持たずに同じ軌道、同じ飛距離のボールを蹴ろうとしていた。

高校三年生のある日、僕は物理の授業を受けていた。確か、四角の物体が平面上を動く時にかかるすべての力を書き出す授業だった気がする。重力とか、摩擦力とか、押す力とか。その時に、縦に働く力と横に働く力、つまり垂直に交差する力は互いに干渉しない、という話を聞

いた。これを聞いて問題を解いていくうちに、僕はこれをサッカーに應用できるのでは？と思  
い始めた。すごく細かい話になるが、僕はこれをゴールキーパーのプレイに應用できるのでは  
ないかと思ったのだ。飛んでくるボールの軌道と垂直に力を与えれば、少ない力でも簡単にボ  
ールをはじけるのでは、と思ったのだ。

そこからの練習では、物理の授業で習ったことの応用ばかりだった。ボールを蹴る、という  
サッカーでは基本の動作でも、味方に指示するときの声の出し方でも、そしてコートの中で人  
がどのように動くかまで。物体の重心との距離と消費エネルギーの比例関係、重心に力点が近  
づくほどボールが軽く感じる。空気の振動による音の発生、その気温、湿度、高低による聞こ  
えやすさの変化、天候で声が聞こえやすいか変わるし高めの声の方が通る。スペースが空けば  
そこに人が入り、人の密度が高くなればそこから人が離れる、まるで分子のような人の動き。  
サッカーは物理現象の連続じゃないか。そう思うと、毎日の練習を今までとは違った観点から  
見ることができて楽しかった。

でも、これはサッカーに限ったことなのか？ 多分違う。物理学は、この世のすべての現象

に関連しており、サッカーはそのうちの一つに過ぎない。そう考えるなら、この世界の見え方が変わって、部活の練習同様面白くなってくるんじゃないか。粘菌が作るネットワークが道路や鉄道、高速道路の最適なルートになるように。宇宙の惑星の配置や関係性が人間の脳の作りと似ているように。物理学は意外と身近にあるのかもしれない。そしてそれは、僕たちの生活を豊かにしてくれる。

#### 参考

ティエリー・マルシャン：2019「量子力学の学者がサッカーを変える！リパプールの頭脳」『Number』  
<https://number.hansuny.jp/articles/-/841251>（2024年1月25日閲覧）

植松恒夫・酒井啓司・下田正編：2020『物理基礎 改訂版』啓林館

## 最強のストレート

日高 悠仁

直球を武器に、強打者たちを次々と手玉にとっていく。かつて日本には、藤川球児という名投手がいた。主に阪神タイガースの抑え投手として活躍し、メジャーリーグにも挑戦。日本球界復帰後も再び阪神タイガースの投手として40歳まで現役を続け、多くの野球ファンを魅了した。そんな彼の代名詞といえはやはり「火の玉ストレート」であろう。多くの強打者から空振り奪った彼のストレートについて迫っていく。

藤川球児のボールは「打者の手元で浮き上がる」と言われたが、どういうことであろうか。通常、ストレートとして投手から放たれたボールは、重力の働きによって地面の方向に少しずつ落ちてゆく。しかしボールに重力とは逆方向に働く力である揚力が加わり、この揚力が重力を上回るとき、ボールは浮き上がっていくのだ。

ではなぜボールに揚力が加わるのか。それは投げられる瞬間に投手によってバックスピンの

かかり、空気の流れがボールの進行方向と逆の向きになることで、空気の流れとボールの回転の向きがボールの上側では同じになり、下側では逆になるため、ボールの上側は下側よりも空気の流れが遅くなり、圧力が下側に比べて小さくなる。その結果、ボールが上に向かう力、揚力が生まれるのだ。これを「マグヌス効果」という。重力よりも強い揚力が加わることで、ボールは浮き上がっていくのである。

マグヌス効果を生み出しているのはボールの回転である。そのためボールの回転が多いほどマグヌス効果の働きが強くなり、ボールに強い揚力が加わるのだ。さらにボールの回転軸が地面と垂直に限りなく近い状態で投げられることによって、マグヌス効果はより効果的に働く。つまり、マグヌス効果には回転数と回転軸というふたつの要素が重要であるといえるだろう。藤川球児は、ストレートを投げる際、地面と垂直に限りなく近い回転軸で、非常に強い回転をボールに与えることで、マグヌス効果を最大限に活かし、打者の手元で浮き上がる「火の玉ストレート」を武器としていたのである。

圧倒的な回転数と回転軸によって日本で活躍した藤川球児であったが、メジャー移籍後は肘

の故障等もあり、彼の火の玉ストレートは鳴りを潜め、成績も低迷したまま2年間のメジャー挑戦を終えて帰国する形となった。もし、彼が故障のない体で全盛期の力を出せたのなら、彼は火の玉ストレートでメジャーリーガー達から次々に三振を奪えたはずだ、と思う野球ファンも少なくないであろう。しかし私は、仮にそうだとしても、藤川球児が日本とまったく同じ火の玉ストレートをメジャーリーグで投げられたとは限らないと考えている。その理由は日本とメジャーリーグの公式球の違いにある。

調べによると、NPB（日本プロ野球）公式球の重さが約141.7g、直径が約22.9cmなのに対し、MLB（メジャーリーグ）公式球は重さが約148.8g、直径が約23.5cmとなっている（セレクトション・インターナショナル2020）。つまりメジャーリーグのボールのほうが日本のボールよりも重くて大きいのだ。ここに私は、先程述べた、藤川球児が日本と同様の火の玉ストレートをメジャーリーグで繰り返し出せなかった理由があると考えている。なぜならば火の玉ストレートにはボールに対する圧倒的な回転数が必要であり、この回転数はボールの重さ並びに直径と大きく関わっているからだ。ボールにおける回転数と重さ、直径を結びつけるもの、それは「慣性モーメントの法則」である。

慣性モーメントとは、物体における回転のしにくさ及び回転のとまりにくさを表したものであり、慣性モーメントの数字が大きいほどその物体は回転しづらいといえる。球体における慣性モーメントの法則 ( $\frac{2}{5} \times \text{質量} \times \text{半径の2乗}$ ) を用いてNPB球とMLB球の慣性モーメントを調べると、NPB球が1297.972、MLB球が1398.72であることが分かり、MLB球のほうが回転しづらいことがわかる。つまり、回転しづらいMLB球はマグヌス効果が加わりづらく、NPB球と同じように投げても同様にホップするわけではない。そのため、藤川球児が火の玉ストレートでメジャーリーガーから三振を奪うのは、例え全盛期の彼の力をもつてしても難しかっただろう、というのが私の考えだ。

このことからいえるのは、藤川球児の「最強のストレート」を生み出していたのは、彼自身の力はもちろんのこと、NPB球という環境も大きな要因であったのだ、ということである。小さくて軽いボールが、浮き上がるストレートを生み出し、数々の奪三振ショーを演出していたのだ。このように、ボールに様々な物理現象が生まれることで野球というスポーツは盛り上がり、ボールの大きさや重さが変われば野球にも変化が生まれる。もし野球にゴルフボールが使われていたら？ くぼみのあるボールを使えば曲がり方は変わるのか？ こんな突飛な想像

も面白い。野球を見るときは「ボール」にも目を向け、ボールが生み出す野球の楽しさに注目してみしてほしい。

#### 参考

木田重雄：1994 『いまさら流体力学』 丸善 81・82

マスオ：2021 「球の慣性モーメントの2通りの求め方」『高校数学の美しい物語』<https://manabimes.jp/math/1323> (2024年1月22日閲覧)

三井化学「ピッチャーの変化球はなぜ曲がる？ 野球観戦が楽しくなる原理を紹介」『そざいの魅力ラボ』[https://pimtsudemic.com/jp/mnp/andc/detail\\_20211221/index.htm](https://pimtsudemic.com/jp/mnp/andc/detail_20211221/index.htm) (2024年1月15日閲覧)

セレクション・インターナショナル：2020 「プロ野球統一球とMLB公式球の徹底比較」『セレクション新宿店ブログ』<https://www.selection-j.com/blog/recommend/2020/78349> (2024年1月15日閲覧)

## 下手な演奏に対する言い訳集

板山 理紗

下手な演奏ってなんだろう。

これは吹奏楽を長年続けてきて、ずっと解決することのない疑問だった。

指導者に「うーん…」と言われるたびに、「何がいけないんだ!!」「主観的過ぎる!」と怒りを感じてしまうことも多い。

そこで物理学視点から、それっぽい言い訳を考えていこうと思う。

怒られる前に物理学的言い訳で、あたかも論破したかのような状況を作りたい。

ここでは私の担当楽器、サククスを想定していく。

そもそもどんな時に「下手」、「汚い音」と形容されるのだろうか。

まず音を間違えたとき。これは単純に練習不足な私が悪いけれど、怒られたくはない。

ここでは物理の開管の仕組みを利用してもらう。

開管では同じ管の長さで速度を変えようと、整数倍の波が振動する、すなわち異なる音を出すことができる。この特性を利用して

「 $n$ 倍の波のせいです」

と弁解できる。

続いてピッチが悪いとき。ピッチが悪いとは出したい音よりも僅かに高い、もしくは低いときに指摘される。ピッチが悪いと他の音と振動数の違いから「ウォンウォン」と鳴る、うねりが生じてしまう。振動数の差が大きければ大きいほどうねりの回数は増えてしまうのだが、1秒間に5、6回のうねりであれば耳に心地よいらしい(ウッド1976, 218)。

ここで連想できるのは、そう、ヴィブラート。ヴィブラートは迫力を増して聴衆を圧倒するだけでなく、上手に使うと褒められるものである。たぶん。

ヴィブラートは1秒間に約6回のうねりを発生させているらしく、前述の心地よいと感じるうねりの幅に一致した。

ここで私の灰色の脳細胞をフル稼働した結果、出てきた結論は…

ピッチの悪さをヴィブラートとごまかしてしまえばいいのである！

「うねりを利用しヴィブラートに応用しました！」

とさも狙い通りと言わんばかりの顔で言えば、効果抜群だ。絶対！

音が裏返ってしまうことがある。この時はどうすればいいのだろう。

サックスはリードと呼ばれるうすい板を振動させ、それを金属の管に共鳴させることで音を出す、素晴らしい楽器だ。

高音でのどの開きが大きすぎるときに音の裏返りが多発していた。

のどの開きが大きいということは、通ることのできる息の量は増えるのだから吹奏圧と関係していそう…。吹奏圧はリードを閉じる圧力よりも小さくなければならぬので（ウッド1976, 481）、吹奏圧が原因と判明してした。しかしこのままでは、怒られてしまう未来は容易に見える。どうにかして他所に矛盾を先を変えられないものか。

そうだ！リードが吹奏圧に負けてしまったのが悪いとしておこう。つまり

「リードの閉じる圧力が吹奏圧より小さいのが悪いんです」  
とうまく責任転嫁することができた。

よく考えてみれば、人間はなぜ不快な音を聞き分けられるのだろうか。人間にとって耳をふさいで逃げたくなるような音とは何なのか。

「ピー」とか「キー」などの黒板をひつかいたときになるような周波数が多い高い音が良く嫌われている印象にある。この音はよく考えてみると動物の鳴き声に似ている。

ゆえに、周波数の多い音は動物の鳴き声と取り間違え、本能的に忌避するのではないか。原始時代の、食うか食われるかの時代の名残のような気がする。

これを利用して「聴衆を威嚇して音楽にスパイスを加えた」と弁解してやった。

ここまで四つの言い訳を紹介したが、自分でも考えたい方のためにポイントを！

物理学的言い訳を考える上で重要なポイントは、「相手は絶対に知らないが、理解にはそこまですごく難しい現象」を取り上げること。これによって反論の隙を与えずに圧倒できる。

ぜひ、読者の皆様も指導者をズバズバ論破していつてほしい。

参考

アレクサンダー・ウッド著・JMバウシャー改訂(石井信生 訳)：1976 『音楽の物理学 音楽を愛する人たちのための入門書』 音楽之友社

NHフレッチャー・TDロッシング(岸憲史・久保田秀美・吉川茂 訳)：2002 『楽音の物理学』 丸善出版

## 井上尚弥 vs 俺

綿貫 大地

試合開始のゴングが鳴った。観客の視線と歓声が一拳にリング中央へと集中する。赤コーナー、井上尚弥が静かな面持ちで拳を構える。一方の青コーナー（俺）、体全身の震えが止まらずリング中央へ向かう足すら動かない。なにせ相手はあの井上尚弥だ。キャリア 26 戦で無敗を誇り、全世界・全階級ランク 2 位の実力を持つ。猛者たちが集うバンタム級世界トーナメントの一戦で、開始 70 秒・たった 3 発で相手を沈めたことすらある。そんな怪物相手に、パンピー大学生が勝てるわけがない。顔を合わせて対峙することすら恐ろしいほどに、井上はただならぬオーラをまとっていた。体が金縛りにあつたかのように硬直する。

——次の一瞬だった。黒光りのグローブから放たれたその右ストレートは、弾丸のように速く、そして一筋の光のように一直線に顔面へクリーンヒットし、頬の皮膚、肉、骨のすべてを貫通したかと思うほどに強烈な衝撃を受けた。次の瞬きをした瞬間にはキャンバスに倒れこんでいた。こうして私は、キャリア初の黒星を期するのであつた：

以上、「井上立高弥 vs 俺」の妄想試合ストーリーである。もちろん、生身の私が彼に挑んだところで勝てるわけがない。1000回やっても1000回負けるだろう。「モンスター」井上高弥は軽量級にも関わらず異次元の破壊力を持つボクサーで、敗北はおろかダウンをしたことすらない。一方の私は、実績はおろかボクシングを経験したことすらない。筋力もなければ体力もない。そんな私でも、井上高弥と戦ってみたい……！勝てなくてもいいから、彼の全力のパンチを喰らって立っていられるほどの領域まで行きたい！けど、トレーニングは辛いからやりたくない……そんな怠惰な男が戦うにはどうすればよいか。——ドーピングするしかない。盾でも鎧でも着ければ、いくら彼のパンチでも軽々受け止められるだろう。そんな軽い気持ちで調査に取り掛かった。

まず、彼のパンチ力から計算する必要がある。文系の私は高校物理の上澄みしか理解できないので、とりあえず物理基礎の範囲で検討してみる。物理の教科書で力学のページを開いて使えそうな公式を探してみると、「力積」・「運動量」・「運動エネルギー」というみつつの物

物理量が見つかった。「力積」は力 $F$ と時間 $t$ の積で表される物理量で、物体に力を加える瞬間を切り取っている。ボクシングで例えれば、 $40\text{ N}$ の力を持ったパンチが相手の顔面に $0.01$ 秒間ヒットした瞬間の力積は $0.40\text{ N}\cdot\text{s}$ ということになる。一方の「運動量」は質量 $m$ と速度 $v$ の積で導かれるもので、運動の勢いを表しているという。力積と運動量は密接にかかわっており、物体の運動量の変化は物体が受けた力積と等しくなるようだ。つまり、物体に力を与える前と与えた後の運動量（＝運動の勢い）の差が力積に相当するということだ。確かに、より大きい力を加えた方が運動の勢いは大きくなりそうなので直感と合致する。と、ここまで偉そうに解説してきたがこれを理解するのに数時間費やした。トホホ…

では、このふたつの物理量が今回の見積もりに適切なのか考えてみる。先ほどの力積と運動量の関係を鑑みるに、力を加えられた側の挙動に焦点を置いて見るように見える。要は、今回の例で言うなら井上高弥のパンチを喰らった対戦相手だ。しかし、相手がパンチを受ける前と受けた後の挙動から計算しようにもパンチを受けたとて大きく体が吹っ飛ばされるわけではないし、そもそもボクサーは衝撃を緩和するディフェンス技術を駆使しているので参考にならなさそうだ。というわけで、このふたつの物理量はいったん除外しておく。

次に、みつつ目の運動エネルギーについて検討してみる。これは式でいうと  $K = 1/2mv^2$  で表される物理量で、使っている文字自体は先ほどの運動量と変わらない。あれ？じゃあこのふたつって何が違うんだ？そう思い二者の違いを調べてみると、「前者がベクトルで後者がスカラー」「保存則に違いがある」やら何やらと書いてあった。どれも受験物理を解く上での違いにしか見えず、今回の見積もりではあまり関係ないように思える。どうやら二者はその概念が誕生した当初はきちんと分別されていなかったらしく、完全に別物というわけではなさそうだ。とはいえ、運動量は先述した通り今回の見積もりには役に立たなさそうだし、井上尚弥のパンチ力を見積もるという趣旨から見ると「運動エネルギー」という言葉の方がしっくりくる。もはやここまで来るとフィーリングで決めることしかできない。

さて、ようやく前提が整った。ここまで長かった…あとは計算するだけだ。もう一度確認すると、運動エネルギーの公式は  $K = 1/2mv^2$ 。必要な情報は質量  $m$  と速さ  $v$  だ。パンチの質量 ( $m$ ) は、体重の6%の物体が拳と同じ速さで衝突したものと等しいことから、彼の体重から算出できる。今回は2023年7月25日に行われたステイブン・フルトン戦を参照する。前日計量の体重が55.2 kgなので、パンチのエネルギーは約3.3 kgに相当する。

次は速さについて検討してみる。試合動画を見て計測するだけなのだが：

速い、速すぎる!! 同じ星のもとで生まれた人間とは思えない。彼ら異星人のパンチの、打ち初めから打ち終わりまでの一部始終を目で追って計測するなど凡人には到底不可能だ。

0. 25倍速で目を凝らしてようやく計測することができた。等倍に換算した時間はおよそ0. 046秒。拳が移動した距離Lは、簡易的に腕の長さとしてみる。井上選手のリーチは公式で情報が出ているのでそこから計算すると距離Lは0. 649mとなる。ここからパンチの速さを算出してみると、14. 12 m/s。時速に換算するとなんと50. 8 km/s。原付の法定速度を優に超える速さである。目の前の相手からバイクと同等のスピードで拳が飛んでくるなど考えただけでもおぞましい…。とどめにパンチの質量mを導出して運動エネルギーを計算すると、約329Jとなった。

パンチの運動エネルギーが計算できたところで、次はこれを防ぐ盾を考える。そのためには、329Jという値が具体的にどのくらいのエネルギーを持つのかイメージを持っておく必要がある。手始めに、大谷翔平のストレートと比較してみる。野球ボールの重さは約14

0 gで、大谷のストレートを160 km/hとすると運動エネルギーは138 Jとなる。運動エネルギーだけを考慮すれば、井上尚弥のパンチが上回っているようだ。では次に走行中のバイクを考えてみる。普通二輪の重量は約200 kg、速さは低めに見積もって40 km/hとすると、運動エネルギーはなんと1万2321 J。さすがにここまで重いと比較にならないか：では、銃弾ではどうだろうか。重量6.3 g、弾速271 m/sの銃弾（1895年ロシア製ナガン）を撃ち込まれた時の運動エネルギーは、約231 Jとなる。先ほど計算したパンチのエネルギーと近い値が取れた!! これなら参考にできる!

でも、井上尚弥のパンチの運動エネルギーが銃弾を上回るなんて本当なのか？ 実際に喰らったときのダメージはさすがに銃弾の方が大きいだろう。おそらく、運動エネルギーは同じでも銃弾は軽い代わりに超速いので局所的なダメージが大きいのだろう。一口に運動エネルギーと言っても、与えるダメージとは全く別物というのは不思議な話だ。

しかしそうであるならば、最低限銃弾を防げる盾さえあれば井上尚弥のパンチなど容易に受けとめられるということだ。警察機動隊が使っている防弾シールドを使うことにしよう。

よくドラマやアニメで犯人を追いつめるクライマックスシーンで登場する、上部に小さな窓がついたあの盾だ。これさえあれば井上高弥のパンチを受け止められる！これで算段は整った…

試合開始のゴングが鳴った。「井上高弥 vs 俺」、前回の瞬殺KOから1か月、異例のダイレクトリマッチとなる。——刹那、井上の右ストレート（329J）が顔面目がけて放たれる！しかし抜かりはない。今回は井上対策で防弾シールド（9.5 kg）を持参したのだ！鈍い金属音が場内に鳴り響き、どっと歓声が沸く。「彼ならやってくれる」。そんな期待が場を支配し始めた。俺選手は自らコーナーに身をかがめ、防弾シールドを盾に死角を作らない戦略だ。井上のパンチは彼の身体には届かなかった。

しかし、2Rを迎えた状況で大きな問題が発覚した。まず、俺選手にはオフエンス技術が一切ない。いくら攻撃は防いでも、性根が根性無しのひ弱なので怯えて攻撃をする気すらない。それに加えて、スタミナがない。9.5 kgもの盾を持ち続けるなんて、もって1分が限界

だ。そうして俺選手のガード(盾)が下がり始めたその時——井上は見逃さなかつた。顔面  
目掛けて左フック、そして右ストレートと畳みかけ、今までの鬱憤を晴らすかのようにラッ  
シュを仕掛ける。試合終了のゴングが鳴った。

私が次に目を開けた時の景色は、「見知らぬ天井」だった。

#### 参考

かのよしかり..2021「第3回 リボルバーの日露戦争 26 年式拳銃 vs ナガン」『ミリタリーチャンネル』  
[https://www.military-channel.jp/serial/03-03-gun\\_vs\\_gun](https://www.military-channel.jp/serial/03-03-gun_vs_gun) (2024年1月22 日閲覧)

小春..「3分でわかる運動量と運動エネルギーの2個の違い! 表すもの・方向・保存の条件など阪大院卒ライターが分かり  
やすくわかりやすく解説」『Study-Z』<https://study-z.net/100186989> (2024年1月22 日閲覧)

オスカーホーム..2015「知っていると便利! 自分の体を使ってお家のサイズを図ろう!」『オスカーホーム』  
<https://www.oscarhome.co.jp/2015/06/17306> (2024年1月15 日閲覧)

潮秀樹..2013『基礎物理学 力学・波動』森北出版 40・41

WBC・WBO：2023「WBC・WBO世界スーパーバンタム級タイトルマッチ ステイープン・フルトンvs井上尚弥  
アーカイブ版」『Lemio』<https://lemio.docomoto.jp/contents/Y3pZDvt3BsYVslLmNwdHFnLnppw1Zdy65WwL2RAMD8ROGQ/>（2024年1月  
15 日閲覧）

柳田理科雄：2022「剣を振る速さは時速7730km!? 最初からだいぶ強かった信のエネルギー／キングダム」  
『EMRIA』<https://emria.jp/fantasy/20893/>（2024年1月15 日閲覧）

## 非日常ゆで卵

濱出 晋作

卵を買う。それを沸かしたお湯の中に入れる。数分待てばゆで卵の完成だ。作ったことがある人は多いだろう。しかし、作ったゆで卵をくるくる回したことがある人はあまりいないはずだ。

日常から遠く離れた学問と思われる物理にどうやって興味を持ってもらうのか。学者たちは頭を悩ませてきた。一つの解決策として考えられたのが、身近なもので考えられる現象を紹介する方法なのだろう。

例えば、ゆで卵と生卵が混ざっても、回転させれば見分けられるという話がある。長く回るのがゆで卵、すぐ止まるのが生卵だ。

回転しているとき常に軸が中心にあるため、コマなどは安定して回転する。ゆで卵も殻の中が固形であるため軸が定まりやすい。さらに、重い回転体・大きい回転半径の場合はそのまま

回転し続けようとする力がより働くという。

しかし、生卵は回転の途中で軸が移動してしまう。白身や黄身などがあるため中身が均質ではないからだ。

また、殻と中身は異なった回転をするためそれらは別の回転体となる。つまり、ゆで卵より軽い回転体となってしまっているのでそのまま回転し続けようとする力が弱い。殻が先に回り始めるのに対して、内側の流動体はそれより遅れて回り始める。回転している生卵の殻を押さえてすぐに手を放すと再び動き出す。殻の回転を止めたとしても内側の流動体は動き続けている証拠である。

小学生の時に本を読んでこれを知った。見た目では全くわからない殻の中身を言い当てることのできるのだからおもしろい。日常の中にも物理学はあふれているのだ、などと思った。物理学をワクワクの中に感じていた。

当時のみずみずしい感情を思い出すべく、私は「まいばすけっと」で卵を購入した。家に戻って鍋に水を入れて火にかける。沸いたあとは、卵を入れてキッチンタイマーが鳴るのを待つ

のみである。特別なことは何もない。

水面に現れる無数の泡をぼーっと眺めていると、様々な考えが浮かぶ。果たして本当にくるくる回るのか？ 回らなかつたら世紀の大発見ではあるまいか？ 自然と期待感が高まってくる。

ふいに思う。していることが「非日常」だ。鍋を見てワクワクしているなんて、異常ではないか。

物理という非日常が、期待感を伴って近づいてくる。日常を過ごしているつもりが、いつの間にか物理学の扉の前に立っていた。日常を装い物理学という非日常を体感させる。あわよくば物理学の世界の住人にさせてそれを日常のものトさせる。物理学者のみごとな作戦である。

物理学の扉は今まで何度も見てきた気がする。中学・高校では少し開いて中をのぞいて見たこともある。面白そうなものは見えたけど、なんだか文系には危ない雰囲気なので入ることはなかった。

物理学が日常のものになったらどうなるのだろうか。どんなふうに世界が見えるのだろうか。もう少しだけお邪魔してみても良かったかもしれない。

結局、物理学は非日常のままである。

タイマーが鳴る。鍋から取り出して水で冷やし、水気をふき取って完成。生卵と一緒に回してみると、なるほど、ゆで卵のほうが良く回る。ひたすら、よく回る。

良く回るが、なんだか、思ったより地味だ。期待していたほどではない。世界を支配する恐るべき物理学の現象が目の前にある、とは思えない。

期待感は霧散し、物理学は見えなくなり、自分は日常に戻る。「非日常」の扉は開かれることなく、また、消えていった。

参考

生井澤寛・鈴木久男…2008『初歩からの物理学―物理へようこそ―』日本放送出版協会

## バイクの聖地で

鈴木 稜真

延々と続く広大な道。周りを取り囲む壮大な自然。風を切り、自然の音を感じ、ひたすら突き進む。そんな北海道ツーリングをするのが自分の高校からの夢だった。高校の間は校則に縛られていたため、悔しくもバイクに乗ることが叶わなかった。こんな北の大地まで来たのも、「バイカーの聖地」とも呼ばれる場所に身を置き、存分にバイクで走り回りたいという渴望あってこそそのものだった。

自分にとってそんなバイクは「自由」や「解放」の象徴のような存在である。しかしながら、多くの人はバイクと聞くと、「危険」だというイメージを持つだろう。もっともな意見である。現に自分も中学生のころまでは同じように危険だと思っていたし、そんなものに乗ってる人は「いかれてる」とさえ思っていた。

なぜバイクを危険と感じてしまうのだろうか？ それにはやはり、優に100kg 場合によっ

ては200kgを超す重量と、バイクのスピード、そして車と違って倒れてしまうということが関係していると思う。

しかし、実はバイクは走り出すと意外と転倒しないのだ。それはなぜだろうか？そこには当然、物理の原理が働いているに違いない。いくつかの可能性を考えてみよう。

まず一つに慣性が考えられるのではないだろうか。慣性とは簡単に言うところ「物体に力が加えられない限り、物体は同じ状態を保とうとする性質」である。慣性のおかげで重いバイクは倒れにくいのだ。

他に、ジャイロ効果というのがある。「高速回転中の回転体が、その回転軸を保とうとする現象」のことである。簡単な例でいうと、コマを回したとき真ん中の軸がすごく安定して、回り続けるというものだ。回転が速く、回転軸の外側に重量のあるものがあればあるほど安定するため、バイクは無類の安定感を得られるのだ。バイクの回転体としてはエンジンやタイヤが挙げられるだろう。

以上から、バイクはあの重量があり、速さがあるからこそ安定しているのではないだろうか。

蝉が鳴り、はじめの夏。自転車で坂を一気に「シャーッ！」とこぐ。あの時の爽快感と言ったらない。自分がバイクに乗りたと思ったのは、あの風を切り、爽快感を感じる瞬間、あの時である。

では実際、本当に坂を下るあの時爽快感を感じているのだろうか？ 体感温度を調べる式として「ミスナールの計算式  $T_n = 37 - (37 - t) / (0.68 - 0.0014h + 1/A) - 0.29t \times (1 - h/100)$ 」  
「 $T_n$  … 体感温度、 $t$  … 気温、 $h$  … 湿度 (%)、 $v$  … 風速 (m/s)、 $A$  …  $= 1.76 + 1.4\sqrt{0.75}$ 」というものがある。

この式から札幌市の2022年7月の平均気温と平均湿度である23.8°Cと77%の数値を入れてみると、体感温度は時速20kmで19°C、時速60kmで15°Cである。数値化してみると、なんと8.8°Cも涼しく感じられるのだ。自転車のスピードであの気持ちよさである。バイクのスピードであれば言わずもなであろう。

ここ北海道は道が広く、大自然にあふれ、バイクが死ぬまでに一回行きたいと考えるバイクの聖地である。ぜひこんなに素晴らしい場所にいるのだから、一度は原付だけでも乗ってみてはどうだろうか。

#### 参考

- 気象庁「観測開始からの毎月の値 札幌（石狩地方） 相対湿度の月平均値（%）」『各種データ・資料』  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly\\_3.php?pre\\_no=14&hok\\_no=47412&year=&month=&day=&view=all](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_3.php?pre_no=14&hok_no=47412&year=&month=&day=&view=all)（2024年1月22 日閲覧）
- オコモト：2022「バイクのジャイロ効果とは？ 影響と例を初心者向けにわかりやすく解説」『日本一読まれているバイクブログ』<https://do-motorydec.com/whats-the-gyro-effect-the-value-the-gyro-effect-for-bike-riding/>（2024年1月22 日閲覧）
- Peacock Blue K.K.：2021「バイク走行時の体感温度と気温の差はどれくらい？」『バイクのニュース』<https://bike-news.jp/post/238530>（2024年1月22 日閲覧）
- P.W.Li&S.T.Chan：2009「Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong」『Meteorological Applications』7， 396-399

## 元気な音楽

松村 宗汰

つらいとき、寂しいとき、何か嫌なことがあったとき、私は音楽を聴く。音楽を聴くと元気になる。嫌なことを忘れて、また頑張ろうと思えるようになる。音楽は世の中にあふれている。元気になるような音楽だけでなく、悲しくなるような音楽や懐かしさを感じるような音楽など様々な音楽がある。私はその中でも、つらいときに助けてくれる元気になる音楽が好きだ。

ところで、そもそも音楽とは何なのだろうか？ 音楽の定義は「音による芸術。拍子・節・音色・和声などに基づき種々の形式に曲を組み立て、奏すること」(新村2018)である。有史以前から行われていたとされ、今なお行われているものだ。物理学的には、音楽は「振動」である。私たちは空気が振動することで、音楽を聴くことができる。では、そんなたかが「振動」に過ぎない音楽を聴いて、なぜ元気になるのだろうか？ それは、「物理的な音響特性をもとに主観的音響特性が生じ、それらから身体反応や情動が生起し、感動へと結びつく流れのモデルを構築する」(安田他2018, 1)からということらしい。論文に書いてあったのだが、文字だけ

見ても正直どういふことなのか分からない。そこで、論文にある感動仮説のモデルの項目をもとに、私が最も元気になる曲について考えてみようと思う。

私が最も元気になる曲は、back numberの「高嶺の花子さん」だ。この曲を初めて聴いたのは、私が小学校高学年の時だ。当時は、曲名も分からず、勉強の息抜きによく行っていたブックオフで、店内BGMとして聴き流していた。その後、中学生になりスマートフォンでちゃんと聴いてみると、とてもいい曲で、そこからは何度も聴くようになった。試験期間の憂鬱なときや友達とけんかして嫌な気持ちになったときには、この曲を聴いて元気を出した。では、これから感動仮説のモデルの項目をもとに、この曲について考えていく。

感動仮説のモデルの主な項目は、テンポ、大きさ、高さのみつつだ。まず、テンポについて考える。「高嶺の花子さん」は少し速めのテンポだ。聴いていると、自然と曲に合わせて体を動かしたくなる。次に、大きさについて考える。はじめのうちは小さめで、サビになると一気に大きくなる。サビの部分は聴いていて気持ちがいい。最後に、高さについて考える。比較的高めで、高音域から低音域まで幅広い音域が使用されている。高音域はとてもかっこいい。感動

仮説のモデルの項目をもとに考えると、元気になる理由があるように思える。

今までは漠然と音楽を聴いていたが、音楽を聴くとなぜ元気になるのかを少しでも分かった気がする。これからは、今までとは違う視点からも音楽を楽しんでみようと思う。

参考

新村出編：2018 『広辞苑第七版』 岩波書店

安田昌子・黒澤駿・増田有紀・小方博之：2018 「音楽聴取による感動のメカニズム」『日本認知心理学大会第16回大会』  
pp1-013

## ありがたい摩擦力

Y. K

小さい頃からよくモノを失くす癖があった。気づいたらどこに置いたか、どこにしまったか忘れていたのである。そこそこサイズのある筆箱ですら何回紛失したかわからない。そんな状態なら小さいモノを失くさないわけがない。そういう思いから大切なものには目印になる目立つものを付けていた。その最たる例が自転車のカギだ。地元がとても平坦な地形なので自転車にうってつけで、乗っている人も多く、例にもれず自分もよく乗っていた。

そんな重要な自転車のカギをなくさないようにストラップを付けていたのだが、ある時、ワンプーのルフィのストラップをつけていた時期があった。いつも通り乗っていると、なんとなく普段よりもペダルを漕ぐのが重い気がする。まあ気の持ちようの問題だろうと思ひ漕ぎ続け、目的地に着き自転車を止め、カギをかけようとすると目を疑った。さつきまで形通りに存在していたルフィが見るも無残な姿になっており、原形をとどめていないのである。ルフィがタイヤのスポークに巻き付いていたのを見て、すぐにタイヤの回転でスポークに削られたのが

わかった。「これは摩擦ってやつなのか?」。ふとそう思ったのが初めて摩擦を考えた瞬間である。

摩擦は日常生活でもありとあらゆる場面において我々と密接に関わっている。個人的に最も可視化されていてわかりやすいと思うのがカーリングである。転がるストーンの前をブラシを使って選手が氷を削ることを「スweep」というが、スweepの目的は、氷の表面を滑らかにして摩擦力を減らし、ストーンの動きをコントロールすることだ。摩擦力が小さくなるほど、ストーンはより遠くまで移動する。

反対にスweepをあまりせずに、摩擦力が大きのままにしておけば、ストーンを早めに停止させられる。こする場所や強さを変えることでストーンの軌道を変化させ、思い通りの位置まで運ぶのだ。

このような例を見てみると、摩擦の大切さがよく伺える。が、摩擦は「摩擦は大切だ」のよいうな「健康であることは大切だ」レベルの表現で終わらすことができないほど我々にとって必要不可欠である。

昔、とある大学教授が「この世から摩擦がなくなるとどうなるのか？」という問題を出題したらしい。この問題の模範解答は「答案用紙に何も書かないで白紙で提出すること」だそうだ。摩擦がないとそもそも文字を書けないからである。一部の学生はそれを知っていて「この問題に解答できない」と書いたそうだがそれも不正解になつたらしい。さすがに筆記試験の問いとしてはいやらしいと思うが、それは横に置いておこう。表面に塗料が塗られていないコピー用紙やノートなどの非塗工紙は、鉛筆と紙面の間に摩擦がおきるようになっていて、黒鉛と粘土から作られた鉛筆の芯が、文字を書くときに紙の摩擦抵抗を受けながら、少しずつ削られることで黒い粉ができ、この粉が紙の繊維に付着することで文字や絵を書くことができるというわけである。

では本当にこの世から摩擦がなくなるとどうなるのだろうか。そんなありえない話を検討しても何になるんだと言われればそれまでだが、少し考えてみたい。

静止摩擦力からかんがえよう。静止摩擦力とは物が止まっているときにその状態を保つ力のことだ。これが身近で利用されているものとしてくぎがある。くぎを木に打ち付けたとき、木

の抗力がぐきに働き、それが摩擦力となって止まっている。つまり、摩擦がないと止まっていられなくなる。ねじやボルトも同様だ。また、雪山で時々雪崩が発生するのは知っているだろう。普段雪崩が起きていないときは静止摩擦力が働いて雪が止まっている。ここで摩擦がなくなると雪が滑り落ち続けることになる。山の岩や土も同様なので山自体が存在しなくなり凹凸のない平坦な地球が誕生することになる。

ものだけでなく、人間が立ったりものを持つことができるのも静止摩擦力のおかげであるため、摩擦がなくなると人間は地べたに這いつくばる羽目になる。

また、動摩擦力がなくなると、動いているものがとまれなくなる。つまり自動車は動き始めると永遠に動き続けたままだ。

ちなみに、静止摩擦力とは「静止している」物体に、運動しようとする方向とは逆向きに働く力で、動摩擦力は「運動している」物体に、進行方向とは逆向きに働く力である。この違いも意外に重要である。動摩擦力には滑り摩擦と転がり摩擦という2種類あるが、基本的に我々がイメージするのは滑り摩擦のほうだ。

挙げればキリがないのでこの辺でやめておくが、いかに摩擦が我々の生活に関わっているか、というより摩擦がなければ世界が崩壊することがよくわかる。摩擦が世の中を支えているのだ。支えているというと聞こえがイイが、だからと言って感謝する必要もない。摩擦は親切で存在しているわけではないのだ。

このように普段当たり前に感じていることが、もしなくなったらどうなるのかという問いを自分で立ててみることはとても興味深い。摩擦がなくなれば、そもそもモノがその場にとどまることができないので、冒頭に述べた癖で悩むこともなくなる。とても面白いことだ。その面白さの発見が自分自身の見識を深める一助となるはずである。

## 参考

電気通信大学「研究室紹介 OPAL-RING 佐々木（成）研究室」『電気通信大学 研究者情報』

<https://www.ucc.ac.jp/research/information/opal-ring/0006665.html>（2024年1月10日閲覧）

FUJIFILM「紙に鉛筆で文字が書けるのはなぜ?」[https://www.fujifilm.com/jp/support/coloprint/howto/basic/paper\\_09.html](https://www.fujifilm.com/jp/support/coloprint/howto/basic/paper_09.html)（2024年1月

10 日閲覧)

Hugku m 編集部：2023 「摩擦力ってなに？ 日常生活でも活用される力のしくみについて学ぼう」【親子でプチ科学】『小学館HugKu m』<https://magnumsh.jp/489264> (2024年1月10日 日閲覧)

大塚徳勝：2012 『これならわかる物理学』 共立出版 315

## 空色シンクス

中野 堇

憂鬱なときに見ていた空を思い出すと、曇り空よりも圧倒的に青空が多い。ごみごみした日常で嫌なことがあると、視界を空の青色で埋めた。街や地下鉄に充滿する排水槽の匂いも軽減する感じがしないでもなかった。また、早く過ぎ去ってほしい何かしらが重苦しい気分するときには、美しい空の青色が目飛び込んで待っていたときも、太陽の光とその青い背景の気配を感じていた。どちらの種の経験からもわかるのは、青空は自分とは関係なく青色を保っていて、自分の世界を超越しているというイメージを、私は青空に抱いているということだ。

古代ギリシャや古代中国の人々にとって、青は人間ならざるものを想起させる色だったらしい。人が死ねば、その体は赤みを帯びた色から、青みがかつた色に変わるからだ。しかし、彼らは空に青という色を当てはめることをしなかった。「空」、より近いイメージで言

うと、「天」はその時代の人々にとって地上的なものについて用いる「色」によって説明されるものではなかったのだ。そのような中で初めて空の青色について言及したのはアリストテレスだった。彼は、空の青色は、水や空気が重なってできたものであり、さらに空の向うには青色を超えて暗黒が広がっていると考えた。移り変わる世界やダイナミックな現象には数学的な証明を用いることができないという彼の思想のもとに生まれた説である。

現在、空の青色を説明する説は、レイリーによるものが最も有力とされている。大気中の気体分子によって光は散乱されるが、そのとき波長の短い光がより強く散乱される。したがって太陽からの光のうち、波長の短い青の光が強く散乱され、私たちの目に入ってくるのである。私はこの説明を聞いたとき、壮大な原理もこんな感じで説明づくのか、という感想ぐらいしか浮かばなかった。しかし、人によっては疑問も浮かぶようだ。それは、波長の長さでいえば青よりも紫の方が勝るのに、なぜ紫色の空ではなく青色の空なのかという疑問だった。調べてみると、そこには主に二つの理由があった。一つ目は、紫の光は波長が短すぎて私たちの目に届くよりも高いところで散乱してしまうからというものだ。もう一つは、私たちの目の紫に対する感度が青の十分の一程度しかないからというものだった。つまり、主な

理由は人間の目の構造にある。

ただ、私たちにも紫色の空を見ることはできる。例えば、台風が来る少し前だ。水分量が増加して空に薄い雲がかかると、上空の青が雲の中で散乱し、赤と混ざる。それが紫色の空となって現れるのだという。「朝焼けは雨、夕焼けは晴れ」ということわざがあるが、夕焼けの翌朝は晴れとは限らないどころか、紫色の夕焼けに関しては台風まで呼び起こすようである。

空色が紫色である世界を想像してみる。「空色」という文字自体が淡い青色を放っているように思える私には結構難しいことだが、先の説明を受けると年中台風が絶えない世界か。

「紫色の空」という言葉だけなら神秘的で美しいが、それが現実で通常の空となると、台風をもたらず魔王のようだ。

ところで、なぜ私がこんな想像を試みることに興味を持てるかというと、青い空色によって意味づけされた記憶と日常が少し嫌になることがあるからだ。小さい頃、様々な本番に大量のジんクスをつけていたように、今ではついつい青空と感情を結びつける。たとえ現実逃

避するために見た青空の記憶であっても、結局その憂鬱を思い出してしまふ。青空には、古今東西の人間の思考が絡みついている。自分だけの財産でないそれは、必ずしも憂鬱なものではなく、自分と広い世界の接点ともいえるかもしれない。

#### 参考

ecotopia編集部：2021「空の色が紫やピンクに？ 奇妙な現象の原因は何か」『ecotopia』

<https://ecotopia.crafty/article-4736/>（2024年1月28日閲覧）

大阪大学 理学部 理学部「空はなぜ青い？」『大阪大学 理学部 Q&A』[https://www.sc.uo-nippon.ac.jp/qa/mp-](https://www.sc.uo-nippon.ac.jp/qa/mp-content/themes/igaku_r/qe/pdf/qa12.pdf)

[content/themes/igaku\\_r/qe/pdf/qa12.pdf](https://www.sc.uo-nippon.ac.jp/qa/mp-content/themes/igaku_r/qe/pdf/qa12.pdf)（2024年1月28日閲覧）

ピーター ペジック（青木薫訳）：2011『青の物理学：空色の謎をめぐる思索』岩波書店、1-16

物理学エッセイ

2024年2月8日 2版（公開版）

著者 文系のための物理学2023受講生

編者 川本思心

北海道大学 大学院理学研究院 物理学部門・准教授  
(理学院 自然史科学専攻 科学コミュニケーション講座)  
<https://ssn.cambridge.ac/>





ssn 文庫