HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	物理学エッセイ：文系のための物理学2022
Author(s)	文系のための物理学2022受講生; 川本, 思心//編
Issue Date	2023-03-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/88680
Type	article
File Information	PhysicsEssays2022.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

物理学エッセイ

文系のための物理学 2022

物理学エッセイ

文系のための物理学２０２２

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23名によるエッセイ集である。テーマは、大学生らしい日常の中にあるちょっとした現象や、思い出の中の出来事を物理的な視点でとらえてみたものから、物理学の歴史を紐解いてみたものなど様々である。特徴は、授業タイトルにあるように、物理学を大学で専ら学ぶことをしない、何なら「物理学に興味は無い」と遠慮なく言うことも恐れない、文系の学生の筆によるという点にある。

授業で執筆した『物理学エッセイ』を公開したのは今年で2年目となる。このようなアウトプットを設定した目的は、自分が学ぶ分野とは異なる専門分野をなぜ学ぶ必要があるのか、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を、物理学をとおして学ぶことにある。このような学びは教養課程において非常に重要であり、総合大学である北海道大学でこそ可能といえるだろう。

もうひとつの目的は、大学で今後ひたすら書くことになる「レポート」とは違う文章に触れ、多様な文章力を涵養しようとするものである。もちろん「エッセイ」だからといって、独りよ

がりに思うまま書き散らして良いわけではない。むしろ主観的な要素を多く含むからこそ、それを読者に届けるためには、自身に対するメタ的な視点をもち、納得と共感を生じさせる丁寧な筆致が必要不可欠になる。当然、物理学的な記述に大きな誤りがあっていいわけではない。そのうえでエッセイらしい自由な思考の飛躍が求められる。

そのような難しい執筆に挑んだ結果うまれた 23 編であるが、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、非専門分野への理解の過程、その一断片である。

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多大なるご協力を頂きました。ここに感謝申し上げます。

川本 思心

目次

物理学には何が見えているのか	R. 1	6
夏、麦茶で科学した少年へ	小熊 春輝	14
雪が白くなかったら、どうなる?	小泉 祐希	19
まっすぐ飛んでくれ!	恵本 嘉隆	22
変化球はなぜ曲がるのか	三島 晴斗	26
空想パチンコ物理学読本	金子 大輝	30
気になるあの子と物理学	佐々木 彩人	35
上昇志向	西 竜太郎	38
仕事	耕運機中古レンタル	43
回るキャップ、曲がるキャップ	猪木 颯太	48
ふわふわにとってふわふわとは何か	平野 乃生	53

海の色が知りたくて　本多 寛也　59
文系のための物理学に浪漫を　五十嵐 恒星　62
雷使いは雷を使えない？　荒田 健斗　65
やさしさの理由　松本 龍太郎　68
回るヒト ―ひねりとの関係は？　田村 悠人　75
敗北の歴史　大川 翔吏　79
家を出る前の一手間　キハ 40　88
W杯の余韻　所 耀輝　92
残響時間 2.0 秒　川名子 真宏　96
私は彼で、彼は私で　大槻 悠人　101
5年前の自分、そして5年後の自分へ　非力　106
～アリから学ぶ教訓～
うずまき　濱口 晴奈　112

物理学には何が見えているのか

R. 1

「自分」って何だろう?

「世界」って何だろう?

「正しい」って何だろう?

いきなり面倒くさい問いだ。友人がいきなりこんなことを訪ねてきたら流石に距離を置こうか考えてしまうくらいには面倒くさい。でも人間生きていたら誰もがふと考えてしまう問いだとも思う。例えば湯船に浸かっている時、なかなか寝付けない時、夜道を一人で歩いている時、日常のふとした瞬間に、こんな途方もない問いについて考えてしまうことがあるだろう。思索を巡らせている間は自分が自分の身体でないような、どこか日常から切り離されたような感覚になる。そうして考えすぎると頭が痛くなって、何事もなかったように急にまた日常に帰ってくる。こんな経験をしたことがある人は決して少なくないと思う。

私はちょうど今その状態にある。午後11時に布団に入ってから何時間経つだろうか、どうしても気になって眠れない。休もうとも脳が完全に起きてしまっているのだ。仕方がないからもう少しだけこの疑問に付き合うことにしよう。

自分で考えてもわかるわけがないのだから知識に頼ろうではないか。しかし実際これらのどうしようもない問いに答えられる学問はあるのだろうか。そう考えた時に真っ先に思いついたのは物理学だ。

物理学では「自分」や「世界」を包括する自然を観察対象とし、仮説設定や実験、検証を繰り返してその法則性を見出そうとする。そこで生まれた理論の「正しさ」を裏付けるのは数字やデータという客観的事実。

現代の文明において、物理学は多大な信頼を得ている。物理学のおかげで科学の視野がこれ

程まで大きくなったと言っても過言ではない。私たちは物理学という眼鏡を通して、安心して自然を見て予測することが出来ているのだ。

じゃあその物理学が全て間違っていたらどうだろうか。私たちが「正しい」と思っていたこの「世界」も、「自分」の存在も、全て物理学というレンズによって映し出された虚像だったらどうなるだろうか。

現実離れしていて信じられないような話にも思えるが、実は過去に人類はこのような経験を一度している。それを引き起こした原因こそが、量子の存在だ。今日はそんな量子に出会うまでの物理学の奮闘に思いを馳せてみる。

ニュートン力学が成立して以降、仮説の提唱と実験が繰り返され、熱力学や電磁気学などいくつもの理論が生まれた。それらは現代でも高校物理で扱われるくらい基本的で理にかなっていて、自然のルールを説明するものとして根強く理解されている。

しかし19世紀後半から20世紀初頭にかけて、物理学に暗雲が立ち込める。研究を進める中でそれまでの理論（古典物理学）では説明できない実験事実が立て続けに出てきたのだ。それらはいずれも古典物理学が実際の現象と合わないことを示していて、この事実は物理学の体系自体を脅かすことになった。つまり、彼らが正しいと思って見ていた「自然」は、実際の物とは違っていたということになる。

こうやって文字で説明するだけなら簡単だが、いざ想像すると頭が真っ白になるくらい突然で絶望的な状況だ。一生懸命積み上げた積木が一瞬で崩れ落ちるような、長時間かけて作ったドミノが設置ミスで台無しになるような、長年相思相愛だと思っていた彼女の浮気が発覚したときのような絶望感がある。

しかしそれでも物理学は折れなかった。多くの物理学者が頭を悩ませる中、プランクによる「エネルギー量子仮説」と、それをアインシュタインが取り入れた「光量子仮説」が生まれた。前者は熱放射におけるエネルギー分配の問題という、後者は光電効果という古典物理学では説

明がつかない問題を解決するものであった。ただ、これらの仮説では、それまで波動として理解されていた電磁波や光を粒子として扱うという、古典物理学とは異なる考え方をしなければならなく、即座に広く受け入れられたわけではなかった。それでも自然はその仮説が正しいことを証明し続けた。量子仮説は比熱の問題という別の課題も解決できることが明らかになり、光量子仮説はコンプトンの実験により事実として示された。

さらに、この流れの中で、ボーアは二つの仮説を取り入れた原子構造の理論を提唱した。これもまた古典物理学とは全く違う新しい視点で自然を見るという大胆な発想を要したためすぐには受容されなかった。ド・ブロイは光量子仮説に対して逆転の発想をし、それまで粒子とされていた電子は波の性質をもつという仮説を立てた。これらも実験事実により正しいことが証明され、理論として成立した。

ここで物理学はさらなる壁にぶつかる。これらの理論をどう受け入れるかという問題だ。光は波、電子は粒子と言い切るなら新しい理論を無視することになり、光は粒子、電子は波と言

い切ると古典物理学を根本から否定することになってしまう。どちらが正しいかを教えてくれる実験事実もない。この状況で物理学は両方の性質を受け入れるという選択を取った。厳密にいうと巨視的なスケールでは古典物理学の理論が、微視的なスケールでは量子に関する理論が通用すると理解した。これにより「量子論」が本格的にスタートしたのだ。

このようにして量子論は生まれた。今では量子論はさらに発展し、現代科学を支える大きな柱になっていると同時に、様々な技術として応用されている。

量子論の成立過程において、「正しい」の鍵となったのは実験事実だった。「自然からのメッセージ」とはよく言ったものだ。物理学は時に実験事実に悩まされ、時に実験事実から教えを受ける。どうやら物理学は自然との対話で成り立っているようだ。

ここでまた最初の疑問に帰ってみる。物理学はこれらの疑問について説明する客観的事実に

ふさわしいとは言えないかもしれないが、自然に向き合うその態度で答えを示している。正しいと信じていた理論が間違っているかもしれないという過酷な現実も前にしても物理学は、物理学者たちは逃げずに状況を受け入れた。そして大胆な発想でかつ慎重に自然を理解しようと考え続けた。多くの学者たちの正反対の立場を取る勇気と、常に固執しない飽くなき探求心に私は感服し、なんだか布団で横になっているのが申し訳なくなってきた。

物理学には現代でも解明されていない謎は多く、物理学だけで自然を理解することは不可能だと言える。しかし物理学を通して、私たちは自然の奥深さや偉大さを知ることができる。物理学がそうしてきたように、まずは私も自分を取り巻く現状を受け止めることから始めようではないか。

結局、答えとなるものは見つからなかったが、腑に落ちる結論が出た。とりあえず今日は気持ちよく寝ることができそうだ。明日は一限から。時計の短針は3を指している。

さて、この絶望をどう受け入れるべきか。

参考

五十嵐靖則：２００３『量子論の世界がわかる』ベレ出版
小谷太郎：２０１２『物理学、まだこんなに謎がある』ベレ出版

夏、麦茶で科学した少年へ

小熊 春輝

あれは小学三年生の頃だったか、確か町内会の資源回収でリアカーを引いていたときの話だ。物理の勉強が楽しいと話す中学生のお兄さんに向かって、

「なんでコップに水を注ぐと音が高くなっていくんですか」

と真っ直ぐな目で尋ねたのだ。これはそんな話を綴った文章だ。

誰もが経験ある現象だろうし、もはやそれを意識しているかどうかの違いだとは思うが、実に庶民的な『物理学』ではないか。夏の暑い日に冷蔵庫から麦茶を取り出して、無造作に注いで、それだけで物理学が成り立つのだ。

だがこれには思わぬ法則が潜んでいる。名を「気柱の振動」というらしい。以下小難しい話が続きそうなので、頬杖でもつきながら書き記そうと思う。

これから話す内容は、気柱は気柱でも「片側固定端の気柱」である。そこでまず頭の中に一つコップ型の容器を思い浮かべてもらえればいいのだが、これはなんでもいい。無地のガラス製でも、絵柄のついた陶器製でも、シリコン製でもいい。なんならうがいをするとき用のプラスチックのコップでもいい。

片側固定端の気柱では「基本振動」が生じやすい。基本振動というのは、振動する物体において想定されうる振動数のうち最小の振動のこと。ひとまず「〜」のような形で一往復の波が発生していると考えてほしいのだが、ここでコップの口から底面までの本来の長さを L_0、少し水を注いだときの口から底面（水面）までの長さを L_1 とすると、普通に考えて元々長さ L という余裕のある容器の中で泳いでいた基本振動「〜」からしたら、長さ L_1 の容器は窮屈で、より短い距離で「〜」の形にならなければいけないということになる。すなわち長さ L_0 のときよりもギュッと縮まった「⌒」ができるわけだ。と同時に、仮に水がない状態でこの縮まり具合を維持したまま振動を延長しさえすれば「〜」＋ α の長さの波が理論上できることになる。これを振動数が大きくなると言い表す。

だから、水量を増やして空気の長さ Lx を短くしていくほど、振動数は大きくなっていく。振動数が大きくなるほど音は高くなるという原理に立ち返ると、コップに水を注ぐと音が高くなっていく理由が見えてくるのではないか。

だがこの際注意すべきなのは、コップに水を注いだときに振動しているのは「中の空気」であって容器ではない。注がれた衝撃によって生じる空気の振動が空気の震え、物理学的に表すならば「音源」になっている。

すると必ずしも「水量が多いほど高い音が出る」とは言えない。逆に「容器」が振動しているとき（コップの淵を棒で叩いて音を鳴らすとき）は、水量が少ないほど高い音が出るのである。しかしこの理由も単純だ。中の空気が震えている場合には「水面」が事実上の音源になっているのに対し、容器が震えている場合には「コップの底」が音源になっている。つまり水量が多くなるほど、基本振動「～」が持つ空間は広くなり、振動数は小さくなっていく。まとめると、水を入れていくと、「中の空気」は短くなり振動数は大きく、音は高音になっていく。一方、容器の水は増えていき振動数は小さく、容器を叩いた音は低くなっていく。つまり「中の

空気」の音の振動数と容器の音の振動数は負の相関相関にある。とはいえその原理は同じであり、「中の空気」にせよ容器にせよ、振動するものが長くなれば音は低くなり、短くなれば音は高くなる。

この意味がわからなければ、ギターの弦をイメージしてほしい。振動する弦が長いほど音程は低く、短いほど音程は高い。逆に、容器の振動を活かした例にはグラスハープがある。水量が微妙に異なる（＝音程が異なる）複数のワイングラスを用意して、口の部分を手で擦って音階を奏でていく様子は圧巻だ。

実際のところこんなことを言われても、いまいちピンとこないかもしれない。ただこれは実に興味深いのだ。当時小学生だった僕を惹きつけた最初の物理学かもしれない、それくらい記憶に残っている純粋な疑問だった。高校の物理基礎で習ったけれど、正直理解できなかった。だからこのエッセイは奇跡だ。

北海道の冬は厳しい。人々が寝静まると、雪が静かに降りしきる。薄汚れたアスファルトも、枯れかけの植え込みも、拾い忘れた溜め息も全て覆われていく。バルコニーに出て吸い込んだ

外の空気に、肺がかすかに痛む。それだけならまだいいのだが、雪は時に吹雪となって顔を強く打ち付ける。そんな白銀の世界に住む僕は、再び訪れる初夏の日差しをすでに待ち侘びている。

冬はまだ始まったばかりだ。

参考

三浦登 他：2017『改訂 新編物理基礎』東京書籍出版

西成活裕：2022『東大の先生！文系の私に超わかりやすく物理を教えてください！』かんき出版

大塚徳勝：2012『これならわかる物理学』共立出版

雪が白くなかったら、どうなる?

小泉 祐希

午前8時40分、一限に遅刻するかしないかの瀬戸際で北海道大学のメインストリートを爆走する。すると毎回目にする文字がある。「人工雪発祥の地」。初めて北大を歩いた時から気になっていたその文字を調べてみると、昭和十一年に北海道大学常時低温研究室で人工雪の制作に成功した中谷宇吉郎教授の功績を記念して建てられたものらしい。雪の結晶。小さい氷なので当然、透明だ。そこで、一つの疑問が首をもたげてくる。

雪の結晶は透明なのに、なぜ積もった雪は白いんだ?

透明な雪の結晶が積もったのならば、札幌市内の道路という道路を圧迫し、電車を運休にし、電車通学の私の単位を根こそぎ奪っていくあの雪も透明なはずだ。(単位に関しては私の怠惰を雪に責任転嫁している節が少なからずあるのだが、雪に阻害されている点は少なからずある)。しかし現実にはあの雪山の中身は透けて見えない。なぜだろう。

太陽の光が板状の氷に入る場合は、「氷の上面でわずかに鏡面反射しますがそのほとんどは屈折して平行なまま吸収されずに氷を透過して直進します」とあるように（日本雪氷学会 2016，8）、ガラスを覗くのと同じような見え方で透明に見える。しかし雪の場合、その表面の形は複雑だ。一部が反射してほとんどが屈折するのはガラスや板状の氷の場合と変わらないが、入射する光はたくさんの雪が積み重なっている。「ひとつの雪粒子で反射、屈折した光は別の雪粒子によっても反射と屈折を繰り返し、複雑な経路で雪の中を進み、その一部はふたたび雪の表面からさまざまな方向で出てきます」（日本雪氷学会 2016，8）とあるように、「多重散乱」という現象が起きている。この中では、波長の違いがないため明るく白くなっている。

だから身の回りの雪は白いのか。だったら、もし多重散乱が起こっていなかったらどうなっていただろう。光がそのまま屈折し、積もっている雪がすべて透明だったら。

雪の中にポイ捨てする人が少なくなる！

毎年春になると、降り積もっていた雪山の中から大量の空き缶、in ゼリーのゴミ、タバコの空き箱などが出てくる。すべて冬の間にポイ捨てされたものだろう。雪は白いので降り

積もればポイ捨てしたゴミは見えなくなる。したがってみんなゴミを雪の中に捨てるのだ。事実雪山の中にはゴミがたくさん埋まっているにも関わらず、目に見えない。しかし多重散乱が起こっていなければ、透明な山の中に埋まっているゴミがすべて目に見える。もしそうだったら、ポイ捨ても少しは減っていたかもしれないのに。

シロクマは透明グマ?

去年の12月に旭山動物園に行った。ほっきょくぐま館では説明書きのところに、「ホッキョクグマは毛は透明である」と書かれていた。毛は透明なのに白く見える。これは雪と同じで多重散乱が起きているに違いない。となると通称はシロクマではなく透明グマの方がいいんじゃないか。いや、どうやら皮膚の色は黒なようだ。となると多重散乱が起きなければ、外見はツキノワグマとあまり変わらないものだったかもしれない。彼が旭山動物園の看板を張れているのは、多重散乱のおかげかも知れないな。

参考
日本氷雪学会 編：2016『みんなが知りたいシリーズ② 雪と氷の疑問60』成山堂書店、8-9

まっすぐ飛んでくれ！

恵本 嘉隆

「外れ、外れ、外れ、また外れ！？」

もはや美しいとも思えるほど、僕の放つ矢はものの見事に的を避けて後ろの土（安土）に刺さる。気が付くと、僕の矢の矢羽根はボロボロになっていた。

僕の矢はどうしてこれほど的中しないのだろうかといつも考えている。絶望的な気持ちになる。先輩方から指摘されている「原因」がいくつかあり、そのうちの一つが矢羽根の状態の悪さだ。高校時代から使っている矢なのだが、金をケチって一度も矢を修理に出していない。

僕の矢の軌道を見るに、矢羽根がボロボロだと軌道に影響が出るというのは疑いようがない。僕には他にもいくつか悪癖があるのだが、それらは的とは違う方向に飛んでいくという結果に結び付くもので、矢の軌道が途中でずれるというものではない。しかし、僕の矢はた

まに、的中すると思ってもスッと的を避けるように外れることがあるのだ。

では、矢羽根がボロボロだとなぜ軌道がずれてしまうのか。調べてみるとどうやら「ジャイロ効果」が関係しているらしい。

「高速回転している物体は力を加えても倒れにくく、（中略）その回転状態が安定に維持される傾向にある。この効果をジャイロ効果と呼ぶ」（九州大学総合理工学府非線形物性学教室：２０１５）

速く回転するほど、軌道はぶれづらくなるということである。わかりやすい例でよく挙げられるのはコマである。コマは回転していない状態だとどうやっても立つことはないが、回転している間は倒れることがない。

では、矢を回転させているものは何だろうか。それが矢羽根だ。矢羽根は矢が回転するように、矢の進行方向に対して時計回り、もしくは反時計回りにカーブした形で取り付けられている。これらが矢の回転を生み出し、矢がコマのようにまっすぐに飛ぶのだ。ところが私

の矢は羽がボロボロなので、そのようなきれいで速い回転は起こらず、へんてこな軌道を描くことがある。だから先輩方は「羽がボロボロの矢は使うな」とおっしゃるのだ。

ジャイロ効果によって、まっすぐ飛んでいくものは何も「弓道の矢」だけではない。アーチェリーや、ライフルの弾だって回転するからまっすぐ飛ぶといわれる。しかし私は、それらのように回転しているのにも関わらず、回転に対し横方向に動くものを知っている。台風である。では台風はなぜ海の上でじっとしていてくれないのか。ジャイロ効果でじっとしていてくれそうなものであるが。いくつか理由を自分なりに考えてみた。

1：台風の回転は遅すぎるから大したジャイロ効果は働いていないのではないか。天気予報などを見ると、台風はあまり早く回転しているようには見えない。

2：外部からの力が強すぎるから動いてしまうのではないか。台風が発生し、北上していくルート上には貿易風や偏西風太平洋高気圧などがあり、それらが台風を引っ張っているのかもしれない。

3：そもそも、流体にはジャイロ効果は適用されないのではないか。

もし3番であったとしたら興味深いが、私は1だと思う。2と3はあくまで「かもしれない」ということしかできない。

何にせよ、台風は弓道の矢とは理屈が違うのだろう。僕が早急にやらねばならないのは、矢を修理に出すことだ。ケチケチするのをやめよう。財布の残額にも、ジャイロ効果のような安定性を持たせたいところだが、僕は矢をまっすぐに飛ばさなくてはならない。

引用・参考

九州大学総合理工学府非線形物性学教室：2015「平成28年度基幹物理学ⅠA　第15章　コマと歳差運動」3

森菊久：1979『飛行機を飛ばすコマ』講談社

変化球はなぜ曲がるのか

三島 晴斗

私は野球でピッチャーをしており、自分でいうのもなんだが変化球だけは多く持っている。ツーシーム（曲がり方は後程記述）、カットボール（バッターの手元で右投手からみて左に曲がる）、スライダー（カットボールと同じ方向でより遅くて大きく曲がる）、チェンジアップ（バッターの手元で急減速してカットボールやスライダーと逆に曲がる＝シュートする）、カーブ（一度上に上がった球がカットボール、スライダーと同じ方向に曲がりながら落ちてくる）ともっているがなんともその変化するという理論がわからなかった。いつもここからここら辺に曲がってくれればいいなと思って投げている。曲がるのはそうやって握って曲がるようにひねって投げるから。あとはたぶん空気抵抗。以上。そのレベルの知識量でしかなかった。この理論がわかれば、僕もそれなりのピッチャーになれるだろう。となれば調べるしかないと思い、ネットや書籍を漁った。

まず、変化球と直球では、何が異なるのかを考えた。投げ方、握り、以上。ただ、この二つ

は両方とも回転をかけるために行っている行為である。投げ方のみを変える球種は少ないが、握りのみを変える球種はある。（ツーシーム、カットボール）そして何となくではあるが、片方しか変えない球種のほうが曲がりは小さいように思う。まあ、それはそうかとも思う。二つあるツールのうちの一つしか使っていないのだから。（昔の大投手稲尾氏は、すべて同じ握りでストレート、スライダー、シュートを投げていたという。今そんなことをすればすぐに肩やひじが壊れてしまう。のにもかかわらず彼はシーズン 42 勝の日本記録を持っている。怖い）。

さて本題に入ろう。この曲がる原理については、ベルヌーイの定理というもので説明することができる。物理学っぽくて非常に素晴らしい。このベルヌーイの定理によれば、回転するボールでは、その回転について、その圧力が密になる部分と疎になる部分が存在する。わかる。だからひねって投げたり握りを変えたりしたボールでは、その圧力差が生じることで球が曲がるようになるというのだ。ギリギリわかる。さらに変化球が曲がる原因となるのが、それが投じられた球の後ろに乱流が生じるということらしい。わからない。が、わからないなりに納得するよう書いてみる。

乱流の話をしたいので一つ例を挙げさせてもらう。自転車のレースなどで、前に走っている人の真後ろを走ることによって、風よけにする場面をよく目にする。これはたぶん前の人が風を受けているから自分は向かい風を受けないでいいだろうという理屈であろう。でもそれと同時に、そのよけた風というものも必ずその前後左右に存在するもので、それを乱流と呼ぶというのである。

そして、その乱流が空気抵抗を生むということもわかっているみたい。特にこの乱流が弱いところにおいては、マグナス力というものが働き、ボールが曲がるようになっているという。マグナス力は回転する方向に対して垂直に働くというもので、ストレートはバックスピンがかかっているので、下から上にこれがかかることで、落ちないそう。いろいろな名称はさておき、理論はわかった気がしている。これは主に横に変化するスライダーやカーブ、シンカー、シュートの話である。

これらと一線を画しているとされるのが、フォーク、チェンジアップ、ナックルといったいわゆる回転しない球である。パワプロやプロスピといったゲームをしている人ならばこれらの

変化球があまり回転しないことはわかるのではないだろうか。これは負のマグナス力というらしい。でも同じ原理のものだそう。へー。

ただ、これでは説明のつかないものがあるそう。これがツーシームらしい。ツーシームとは縦に回転するにもかかわらずシュートするという奇妙な変化球。ここまで読んでいただいた話でわかるかもしれないが、この2個の理論では説明できないのである。わからないというのはツーシームをストレートより多く投げることのある自分にとっては大ダメージだ。でも本当にこればっかりはわからないそうで、ここは憶測にさせていただく。曲げるという心。以上。いつも自分で投げるときもそうしている。ここからここまでくらい曲がってくれ。と。

これで何となく僕も変化球の理論はよくわかった。ただ、当初の目的であったそれなりのピッチャーにはこれではなれそうにはない。はい。練習します。

参考

姫野龍太郎：2002『野球が面白くなる変化球の大研究』岩波書店　46-156

空想パチンコ物理学読本

金子　大輝

親譲りの賭事好きで大学生になってから損ばかりしている。

大学に居る時分バイト代を握りしめパチンコ屋に行き、負け、1ヶ月ほど極貧生活をしたことがある。別段深い理由でもない。友人がパチンコで勝ったという話を聞き、その友人が冗談に、いくらバイトを頑張っても、この額は手に入れることはできまい。貧民め。と囃したからである。

パチンコとは、ガラス板で覆った多数の釘が打たれた盤面上に小さな鋼球を盤面左下からはじき出し、釘に従って落ちる球が特定の入賞口に入ると、得点あるいは賞球が得られる日本の遊戯である。スタートチャッカー（通称へそ）に球が入ると抽選が行われ、当たり外れがわかる仕組みとなっている。

さて、前述した通り釘も球も金属でできているわけだが、物理学履修済ギャンブラーならこ

う思ったことはないだろうか。パチンコをしている際、あまりの興奮に体温が上昇した場合、金属でできている釘や球は熱膨張してしまうのではないか、と。

釘が膨張してしまうと釘間が狭くなってしまうし、球が膨張してしまうとへそに入りづらくなってしまうかもしれない。つまり、負けやすくなってしまう。

赤保留が見えた時、ハンドルからエアーが出た時、レバーが激しく振動したとき、体温が上昇するに違いない（とてもアツい演出のこと、当たりが確定したり高確率で当たったりする）。多かれ少なかれ人間は熱を放射しているので、球、釘に影響があるかどうかは疑うまでもない。

もしこの考察がうまく利用できるものなら、水風呂に入って、保冷剤をポケットに入れて、店に向かおうじゃないか。

そもそも、熱膨張とは何か。

「ほとんどの物質は、温度が上がると長さや体積が大きくなる。これを熱膨張という」ということらしい。

実際にパチンコで使われている金属について調べてみる。

パチンコの球の材質は鋼製らしい（国家公安委員会　１９８５）。

じゃあ鋼ってどんな金属なのか？

鋼とは鉄に 0.02 ～ 1.7 ％の炭素を加えた合金だそう（実際のパチンコ球にどんな割合で炭素が含まれているかがわからないので、炭素鋼（S45C）でできているとして考察していく）。

ここで、熱膨張係数というのを紹介しよう。

熱膨張係数とは、温度上昇によって物体の長さや体積が膨張する割合を温度あたりで示したもの、である（今回扱う炭素鋼の熱膨張係数は、12.1×10^{-6}/℃）。

難しい計算の過程は省くが、じゃあ何度になったらパチンコ球は遊戯に支障をきたすくらい膨張してしまうのか、考えてみる。

前提として、パチンコ球の直径は 11 ㎜。（その釘間は 11 ～ 13 ㎜、と決められている。

人間が快適に感じる室温は（季節によって違うらしいが）平均24℃らしいので、店内の空調は24℃に設定されていて、球も同じ温度だとする（貸出ほやほや球はなんかちょっとあたたかい気もするが、飛ばしてるうちに冷めるだろうしここは目をつぶることにする）。

これをもとに計算すると

24℃の鉄の球の直径が11㎜を超える温度は、82，669℃

13㎜を超える温度は、97，695℃

となった。

聡明な読者ならお分かりだろうが、その温度の時には球は溶けてしまっているのである。

しかも、体温がその温度になったら、生きてはいない。

こうして、私の考察は空転してしまったのである。

このように考えた結果、パチンコで確実に負けづらくする方法は見つからなかったが、負けない方法はわかった。

自分が物理的にパチンコ屋に存在しないことだ。

※のめりこみにはくれぐれもご注意を！

参考

国家公安委員会：１９８５「遊技機の認定及び型式の検定等に関する規則」（昭和六十年国家公安委員会規則第四号）

國友正和 他：２０１７『改訂版　物理基礎』数研出版

気になるあの子と物理学

佐々木 彩人

「あれっ？ シチューがない」

給食当番、みなさんご存じ、小学校の給食の時間を支える功労者です。頭には三角巾。そしてエプロン。エプロンは半分にして、腰に巻いて速水もこみち風にしてみたり。そんな給食当番ですが、小学3年生のある日、その日の献立のメインディッシュであるシチューがないというハプニングが起こりました。こういう時は給食室に取りにいかなければなりません。私は一緒の給食当番の気になっている女の子に勇気を出して声を掛けました。

「じゃあ、二人で取りに行こーよ」

そうして、気になっている女の子と二人きりでシチューを取りに行くという世紀の大イベントが到来したのです。みんなが教室でおしゃべりをしている中、二人で抜け出し、階段を降り、人のいない静かな廊下を歩いていきます。ほんのわずかな非日常。なんともいえないワクワクとドキドキ。はたしてあの時の女の子も感じていたのでしょうか。ようやく給食室にたどり着

くと、もらったのはアルミで出来た大きなバケツ型の容器。もちろんシチューが入っているのですが、これまた重いのです。二人で持たなければなりません。ここで、「おい。男気見せて、一人で持てよ」と思った野暮な方はまさかいませんよね。二人で持つからこそいいのです。愛の共同作業なのです。そして、当時小学3年生の私には少し重すぎました。それでも、少しでもかっこいいところを見せたい、男らしいところを見せたい私は、少しでも相手の女の子が楽できるように、自分の負担が大きくなるようにしたかったのでした。

ここで、物理学の観点から考えるとどのように持つのが正解なのでしょうか。少し考えてみましょう。ここで大きくかかわってくるのは力の分解のお話です。バケツ型の容器は重力に従い下向きの力が働きます。この力の反対方向に同じだけの力を加え、バケツを持ち上げている状態を保ちます。しかし、垂直方向への力ではありません。二人で持ち上げているので力の分解が働きます。反対方向への力を平行四辺形の対角線として、ふたつの力に分解するのです。バケツに働く重力に対する反対方向の力をF、分解された力をF_1、F_2とします（図1）。イメージとしては、F_1が私の腕、F_2があの子の腕といった感じでしょうか。FとF_1のなす角をθとするとF_1は$F\cos\theta$、F_2は$F\sin\theta$と表せます。θを45度に設定したとき、

$\cos\theta$ と $\sin\theta$ はどちらも $\sqrt{2}/2$ になり、F_1 と F_2 は等しくなるのです。ですから、このとき二人は同じだけの力でバケツを持っていることになります。このように考えていくと、私が θ を0度よりも大きく、45度よりも小さい範囲でバケツを持つと自分自身の負担を大きくすることができるのです。

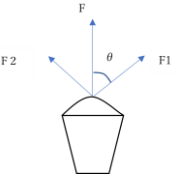


図1

さて、その時のシチューを運んでいた私はというと、実に正解ともいえる運び方をしていました。ひとりで運ぶ持ち方にできるだけ近づければいいだけなので、直感的に分かる話だっただけかもしれません。しかし、理屈はいくら考えても分からなくて、図書館で調べたのを憶えています。

「あの時、どうするのが正解だったのかなあ」

この瞬間、ここに小さな物理学者が誕生しました。

参考

國友正和 他：2022『改訂版　物理基礎』数研出版、46

上昇志向

西 竜太郎

ガラスペンを知っているだろうか？ガラスペンとは、ガラス製の筆記具であり、それ自体として芸術品でもある。少なくとも、私はそのように考えている。手書きの文章を書く機会そのものが減少しつつある昨今、まして日常生活で筆記に用いられるのは、専らボールペンやシャーペンぐらいのものだろう。そんな中、ガラスペンという普段とは異なる道具を使ってみるのも一興である。

繰り返すがガラスペンは芸術品である。手に取って眺めているだけでも十分に楽しい。硝子由来の硬質で冷えた手触り・程よい重量感、光にかざした時の輝き。しかし最も楽しいのは使用時であると断言する。ペン先を見てほしい。極細の溝が彫られていることに気がつくはずだ。ここには、ガラスペンの文具としての機能と芸術品としての意匠の両方が集約されている。そして、ペンを持つ手の傍にインク壺を置く。次に、ペン先を真っ直ぐにインクへと落としていく。すると溝の中をインクの筋がスーッと昇っていく。

どうしてこのような現象が起こるのだろうか？ 私は調べてみることにした。どうやら「毛細管現象」という物理法則が関わっているらしい。毛細管、つまり細い管――前述の溝のことである。しかし、この現象について理解するためには、まず表面張力を克服しなければならない。

前提として、物質は液体・気体・固体の3形態をとる。これぐらいは物理の最終学歴が中学校の私にも分かる。ここでは液体に着目する。液体の状態では、構成分子は分子間力（ファンデルワールス力）という力により互いに引き合っている。しかし液体表面（図1の「水分子」の状態）では、分子は液体の「内」（液中）と「外」（空気中）にその身を半分ずつのぞかせているため、液体の中でなら十全に得られるはずの引き合う力の恩恵を半分しか得られない（下図の水色の部分では引き合う力がMax、空気中では0になると考えて欲しい）。エネルギー的に損をしている。液体は「引き合う力」によって自己を保っている。従って、この「損」とは液体が液体としての形状を保てなくなることを指す。だから、液体は形を調節して表面積を最小にしようとするのだ（それが「損」を最小に抑えることに繋がる）。では表面積が最小の形とは何か？ そう「球」である。これが表面張力によって液体が丸くなる理由だったのだ。机の

上に落とした水滴は小さく丸まるし、コップになみなみになるまで注がれた水の表面も丸く盛り上がっている。要するに、液体は常に自分の身体を小さく縮めようとある方向に向けて引っ張っているのだ。この「引っ張る」というキーワードは、先に述べたインクが「昇る」という言葉と何か関係がありそうな気がする。

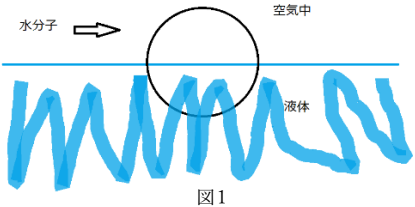


図1

表面張力について分かった気になったところで、続いて肝心の毛細管現象の話に移る。細管に液体が入ると、壁面に液体が付着し傾斜が生じる（コップに入った水の縁が僅かに盛り上がって見えるアレ）。すると液体表面が平面である時よりも傾きがある分、表面積が増大する。あとは前述の通り、表面張力によって壁面付近の傾きをもった液体表面を縮めようとする力が働き、結果的に上へと持ち上げられるというわけである。持ち上げられる液体の重量と持ち上げる力が釣り合うまで液面は上昇する。液体の重さは「密度×体積（管断面積×管の高さ）」で決まるため、細管だと管断面積が微少となり、

結果として重量が非常に減少するので液面が上昇する高さが大きくなるのである。

この物理現象は、ガラスペン以外にも見られる。例えば、霜柱である。霜柱の生成メカニズムを簡単に説明すると、①土壌表面の水分が凍る／②地中の水分が、毛細管現象によって土粒の隙間を昇っていく／③②が表面まで到達・結合し、一本の柱状になる…という具合である。また、ろうそくが燃え続けるのもこれが理由だ。炎で溶かされ液状になった蝋が、芯の繊維の隙間を毛細管現象により上昇していき、再度炎の熱で気化し燃えている。

図2

唐突だがふと、毛細管現象を利用した永久機関のようなものはできないのだろうか?という疑問が生まれた。液体と、それが昇っていくための管を用意さえすれば、毛細管現象によって上昇した液体が落ちてまた昇って…を繰り返す運動が実現できそうに思える。とはいえ、本当の意味での永久機関などできるはずは無いのだろう。しかし近いものはできるんじゃないか、そう思わせる説得力が毛細管現象には感じられる。試しに調べてみると、永久機関を構想した実例もあったようだ。図2は、

ロバート・ボイル（1627-1691）考案の毛細管現象を利用した永久機関である。残念ながら、これはどうあっても水が上の管から下へは注がれないらしく、永久機関としては成立しない。

今回、私はガラスペンという日常的な一道具から毛細管現象という一つの物理現象に至った。感想としては、物理学のカバーする領域の広さに驚くばかりだった。私はガラスペンが好きだ。芸術だなんだと言ってはみたものの、それはただの文房具と言うこともでき、またそこで起きている現象もインクが溝を伝っているということに過ぎない。しかし前述の霜柱やろうそくのメカニズムなど幅広い場面で見られるものでもあり、そして歴史上、永久機関への応用を試みた者さえいたのである。全く物理学とは、発見する面白さの学問である。

参考

ドゥジェンヌ・ブロシャール・ヴィアール・ケレ（奥村剛訳）：2003『表面張力の物理学―しずく、あわ、みずたま、さざなみの世界―』吉岡書店、294

仕事

耕運機中古レンタル

あれから何時間たったんだろう。外はすっかり暗くなり始めていた。

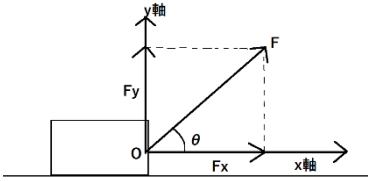
今日は日曜日。土曜日は一日バイトがあって、日曜日は図書館にこもって課題をやっていた。課題をやっていたとは言うものの、全然進まない。課題は「物理学エッセイ」というもので、その名の通り物理学に関するエッセイを書くというもの。エッセイと言うと、自分の感想を書けばいいから、レポートよりも簡単そうに思えるが、これがなかなか難しい。自分の興味のあることだったら、感想はたくさんあるし言いたいことも多くある。ただ、興味のないこと、正直言って、どうでもいいことになると感想なんて何一つない。別に物理学に物申したいこととか、言いたいことってないんだよなぁ…。とは言っても、書かなければ単位が来ないから書くしかない。こんなわけで、朝九時から取り掛かったはずの課題は一向に終わる気配を見せず、ずるずると時間は過ぎていき、もう夜の六時になってしまった。ただ、何も進まなかったわけではない。いろいろアイデアは浮かんだ。例えば、「なぜうどんはこしがあっておいしいのか」

とか「なぜ脂ののった魚はおいしいのか」とか、いろいろなアイデアは出た。その度ごとに本を読んだり、論文を調べたりした。しかし、その理由が物理学的な要素というよりも化学的な要素が強かったり、単純に内容が薄かったりして、努力はしているけれど結果的に、何の進展もない。

図書館の閉館まであと一時間。もう、どうしようもなくなって、適当に物理学の入門書をパラパラめくっていると、「仕事」という用語が目についた。今日読んできた本や論文には、トポロジーとかポテンシャルとか応力とか、意味の分からない用語ばっかり出てきて、うんざりしていた。しかし、「仕事」は物理学用語である前に、日常用語である。すぐ理解できる。「仕事」の説明を読んでいくと、「物体に力を加えて、その力の向きに物体が動いた時に仕事をしたという」と説明されていた。数式で表すと、$W = Fs$ となるようだ。Wは仕事の大きさを表し、Fは物体に加えた力の大きさ、sは物体が力によって移動した距離を表している。ここまでは、高校だったか中学だったかで習ったことだから、サッと読んだ。

次にこの「仕事」は $W = Fs\cos\theta$ とも表せるらしい。上の図では、力Fが斜め上に働いてお

り、F はFx とFy に分解される。ただ、この物体は y 軸方向には動かないから、Fx が物体を動かし仕事をしたことになる。Fx は $Fx = F\cos\theta$ となるから、移動距離を s とすると、$W = Fs\cos\theta$ となるというのだ。



図は著者が作成

仕事がコサインを使って表されるなら、$\cos\theta = 0$ のときは、いくら力を加えて頑張ったところで、$W = 0$ になって、仕事はしていないということになってしまう…。あれ?これって、今の自分じゃない?図書館にこもって頑張って課題に取り組んでいるけど、結局何も進んでいない。仕事ゼロ…。つまり、今の自分は課題をそもそも取り組んでいないということと同じ仕事量ってことだ。とはいっても、今日一日いろいろ本とか論文を読んだ。それに、何より、一日図書館にこもっていてけっこう疲れた。こういう自分の努力とか、疲労とかを物理学によって排除されてしまって、なんだか、あぁ無常という感じ。

ところで、物理学によって排除されてしまった努力とか疲労とか、仕事をすることによって起こるそういった感情を測定することはできないのだろうか。いや、できる。経済学には効用関数というものがあって、効用関数というのは、財の消費などから個人が得る満足の数値を表すものである。例えば、効用関数$u(x)$を持つ人が仕事をして賃金wを得た場合、その人の満足は$u(w)$となる。しかし、仕事をするということは同時に疲れるということで、その結果、満足度は低くなる。そのため、その疲労分を費用dとして考え、この人の効用関数は結果的に$u(w)-d$となる。

こう考えてみると、物理学でも経済学でも同じ「仕事」という事柄を扱っているのに、その中身がまったく違う。そして、物理学、経済学がそれぞれ導き出したものは互いに異なってはいるが、それぞれがしっかり現実に即している。ある人が宅配便を仕事にしているとしたら、お客さんの荷物を力いっぱい引っ張ると、その荷物は引っ張った方向に動くし、その荷物を運んでお金を得ることで感じる満足感もあれば、荷物を運んだことによる疲労感もある。

よくよく考えると、複雑な要素同士が重なり合う現実世界を直接把握することは難しい。荷

物を運ぶという事柄を分析してみよう、といっても漠然としすぎて意味が分からない。だから、それを物理学的に分析する、経済学的に分析するといったように、「荷物を運ぶ」という事柄に複雑に絡まり合った様々な要素どうしをほぐし、そのうちその「荷物を運ぶ」を構成する一つの要素を抽出してそれを分析する。それによって、現実を把握しやすくしているのではないだろうか。物理学も経済学も、そしてその他いろいろな学問も、同じ現実を分析するそれぞれ異なった一つのレンズなのではないだろうか。

図書館の閉館まであと数分。最後の最後でやっと仕事ができた。

参考

石田潤一郎・玉田康成：2020『情報とインセンティブの経済学』有斐閣
川村康文：2019『世界一わかりやすい物理学入門　これ1冊で完全マスター』講談社
武隈慎一：2016『新経済学ライブラリ＝4　新版ミクロ経済学』新世社

回るキャップ、曲がるキャップ

猪木 颯太

「もしもし?」

「久しぶりー」

昨年の年末、中学の同級生と久しぶりに電話をする機会があった。お互いの近況を話す中で、彼は新しい趣味「キャップ投げ野球」について語ってくれた。キャップ投げ野球とは、ペットボトルのキャップをボールに見立てて行う野球のことである。彼が進学した京都大学が競技としての「キャップ投げ野球」の発祥の地だということで、始めてみたのだという。彼の話を聞くうちに、その新しいスポーツに心惹かれた私は、通話を終えた後すぐに、インターネットで投球法（投キャップ法）を調べ、実践した。

ＹｏｕＴｕｂｅで学んだ投げ方を真似して、まずは直球を投げてみた。投げる瞬間に腕を真っすぐに押し出し、キャップに勢いを与える。デコピンの要領で右手からはじき出された

キャップは真っすぐに飛ぶ…はずだったが、投じられたキャップは左に曲がっていってしまった。その後も何度かトライしたが、半分以上は左に曲がってしまった。

なぜキャップは左に曲がってしまうのか。その理由を発見すべく、私は野球における変化球のメカニズムを調べてみた。そこで見つけた論文には、「マグヌス効果」という見知らぬ単語が書かれていた。マグヌス効果は、空気や水などの流体中を回転しながら移動する物体に対して垂直に加わる力（揚力）によって引き起こされる現象であり、キャップ投げの場合は、回転するキャップの側面が周囲の空気を巻き込むことで、この現象が発生している（図1）。この現象は、野球の変化球や卓球のスピンショットなどにも利用されており、スポーツと深いかかわりを持つ物理現象の一つであろう。しかし、私には分からないことがあった。「揚力」とは何かということである。それは、これまで物理を全く学んでこなかった私にとって聞き馴染みのない言葉だった。揚力のメカニ

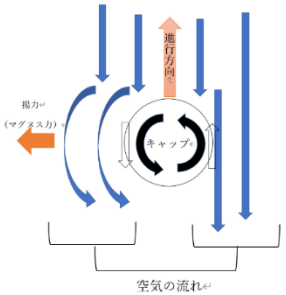


図1　キャップを上から見た図

ズムについてインターネットで調べてみると、今度は「ベルヌーイの定理」というものがヒットした。どうやらこれが、「揚力」を発生させる原因らしい。

ということで、「ベルヌーイの定理」について調べてみた。この定理は、空気や水などの流体の中で成り立つもので、流体の速度、密度、そして流体中を移動する物体に対する圧力の間に成り立つ関係を表したものだという。この定理を表す式の一つとして、流体の速度をV、密度をD、圧力をPとしたとき、同一流体下において、$V^2/2+P/D$ の値が一定になるというものがある。この式からマグヌス効果が起こる理由を見つけ出せるのではないだろうか。図1に表されているように、キャップ投げにおいては、キャップの左右で空気の流れに対するキャップの向きが違うため、空気の流れる速さ、Vの値が変化する。空気の密度が一定であると仮定したとき、左右それぞれでベルヌーイの定理について考えてみよう。図1において、進行方向に対して左側での空気の速度をV_1、キャップへの圧力をP_1とし、右側をそれぞれV_2、P_2としたとき、ベルヌーイの定理によれば、同一流体のもとでは、$V_1^2/2+P_1 = V_2^2/2+P_2$が成り立つ。ここから、$V_1 > V_2$（ともに正）より、$P_1 < P_2$が導かれた$P_1 < P_2$が何を表すかというと、キャップに対して右側からかかる圧力が、左側からの圧力よ

り強いということであり、言い換えればキャップは投手目線で右から左に「押されている」ということ（これこそが「揚力」）なのだ。

以上の現象が、キャップを左に曲げていたということが分かった。結局、真っすぐにキャップを投げるには、球速を速くすることで、マグヌス効果が現れる前にキャッチャーにキャップを届けるしかなさそうだ。

さて、直球の投げ方が分かった私は、キャップ投げにおける変化球の投げ方について調べてみた。スライダー（利き手の逆方向に変化する）の投げ方は、キャップを利き手と逆の向きに少し傾けて、直球と同じように投げるだけ。投げてみると、左側に見事に曲がった。キャップの傾きを大きくすると、ほとんど縦に落ちるようなスライダーも投げることができた。なぜキャップを傾けると曲がるのか。今度は、野球ではなくフリスビーに注目してみる。キャップとフリスビーは、ともに片方に凹面を持っている。なぜフリスビーは曲がるのか。調べてみると、これもまた揚力の仕業らしい。先ほどまでは、キャップの側面に対してはたらく力に注目していたが、次はキャップの上下方向に働く力も関係していた。キャップ

の上下方向に働く揚力は、飛行機が飛ぶメカニズムと通じるところがある。おもて面と、凹面である裏面を通る空気は、異なる速さで流れていく。そのため、ここでもベルヌーイの定理が適用され、裏面からおもて面の方向に揚力が生じるのだ。つまり、変化球はキャップの側面と表裏にそれぞれはたらく揚力の合力の影響によるものということだった。直球を投げたときは表裏の方向にはたらく揚力を実感できなかったが、キャップを傾けることでその力が目に見えるようになった。

年末に「キャップ投げ」に出会ったときは、まさか自分が流体力学を学ぶことになるとは思いもしなかった。偶然の出会いが広げてくれた学問の視野。身近なところに開かれた学びへの入り口。皆さんも、興味の赴くままに様々な学問に身を投じてみてはどうだろうか。

参考

姫野龍太郎：2001「野球の変化球とながれ」『日本流体力学会誌「ながれ」』20（6）430-434

ふわふわにとってふわふわとは何か

平野　乃生

ふわふわふわふわふわふわふわふわふわふわふわ……おかしい…全然まったくフワフワしてこない。ふわふわふわふわふわ…。どうにかしてあの浮遊感を文章でも味わいたい。漫画や絵画やらだと簡単そうに演出できている感じがあるのに、文章になると浮遊感を感じ取ることが困難になっている…。「私の体はその時、宙を舞っていた。」と書いても「空には気球がふわふわと飛んでいた」と書いてもなんだかしっくりこない。

今からそのふわふわについて考えたいけれど、ハッキリさせておくと、われわれの問題は、ドライに見れば美術館の壁や週刊誌の再生紙にビッタリ張り付いた絵の具・インクから我々が浮遊感を「誤解」する条件である。はたから見れば狂気の沙汰、時間空間は一切変化していないのに、「私」の頭脳が生み出す「あの感じ」の条件を私は知りたい。しかし、「あの感じ」をして、私が名付けた日本語は「浮遊感」だった（絵画・漫画を見て浮遊感を感じないのであれば、その人は「あの感じ」を「躍動感」や単に「質感」としているはずである）。

そもそも浮遊感の原因である浮遊とはいったい何者なのだろうか。浮遊…。「浮遊という現象」……なんか哲学的でカックいい。しかし、現象の探求は物理学のシマだろうから、お力添えを賜るしかない。物理学と浮遊で思いつくのは、エレベーターと宇宙飛行士くらいか。

まず、エレベーターだが、高層階へのエレベーターなどが上昇中に、お目当ての階に近くなって感じる浮遊感を物理学者は次のように説明する（國友正和 他 2021）。エレベーターの運動が止まる時、上向きの運動に対して逆の方向（下向き）に加速度運動を行い、中の人は加速度運動の逆向き（上向き＝重力と逆向き）に慣性力を受ける、その結果、重力が弱められ中の人・モノは重量が実際に減少し体重が減ったような浮遊感を感じる。と、こう説明されて、例えば『天空の城ラピュタ』のポスターを見た時の「あの感じ」が解明された気がしないのは多分理由がある。まず、エレベーターでは傍線のとおり実際に質量が減少している、しかし、『天空の城ラピュタ』のポスターを見ても見ている「私」の質量は減らない。そして次が重要な点なのだが、『天空の城ラピュタ』のポスターを見た時に、浮遊しているのは天空の城であり「私」は（浮遊感は感じるにしても）浮遊はしていない。この浮遊するものと浮遊感を感じるものとの分離、それに伴う「私」の城への共感のようなものがミソなのかもしれない。

もう一つの宇宙飛行士の例はこれに叶いそうだ（注：我々は宇宙飛行士でないものとする）。宇宙船の中の宇宙飛行士は、物理学的には「無重量［状態］」であって、「重力がない」わけではない」という事であり、「地球上あるいはその近くでは、決して重力から逃れられることはできない。しかし、その重力の「影響をなくす」ことはできる」（小池康郎　２００５）のである。つまり、ある物体にはたらく重力の力とそれに対するつりあいの力の和がゼロになっている時物体は静止するのである。空中浮遊するサイヤ人は重力の力と釣り合うだのなんらかの力を発していることになる。

しかし物理学的に「浮遊」が解明されても問題は残る。「感」はどのように説明がつくだろうか。「浮遊」は対象の在り方だが、「感」は対象を観察する人間の感情であるから「浮遊感」という単語には客観的要素と主観的要素が含まれる。客観的要素は物理学の範疇で説明が（一応）ついたので今後は主観的要素について考えなくてはいけない…。

まず考えられるのは時間の問題である、写真にしろ絵画にしろ漫画にしろ、そこに現れて生きているのは静止したものである。それを我々が浮遊していると勘違いできるのは、静止して

いない状態を想起するからではないだろうか。サイヤ人の空中浮遊は直線の大ジャンプを、人工衛星は打ち上げを、我々に想起させる。「そんなこと言ったら雲はどうなるのだ」と思われるかもしれない。たしかに雲のイラストなどは我々に浮遊感を感じさせるが、直前の動きを予感させない。しかし、雲のイラストは一瞬後の雲の動きを想起させている、と考えられる。

しかし、ここで問題が発生する。これまでをまとめると絵画・漫画の浮遊感は「直前直後の動きを想起させる一瞬」として視覚的に感じられることになる。しかし、文章において一瞬はありえない、小説などで長々とした風景描写を読むときの事を考えると、物語の中では（ほとんど）一瞬しかたっていない風景を描写するのに一ページも費やすときがある。物語世界で一瞬の文章を読むのに10秒も20秒もかかるのはなんか違う気がする。そういうわけで文章量を一瞬に近づけるべくなるべく文章は短めに、と行きたいところだ。しかし、そうはならない気がする。なぜなら、文章ではイラストでは想起されるにとどまっていた「直前直後」を描写できるからである。まとめると「一瞬の描写は短く、直前直後も描写する」という事になりそうだ。

最後に、視点の問題を考慮しなくてはいけない。『天空の城ラピュタ』のシータが落ちてくる場面思い出すとわかる通り、例のシーンは（シータが気を失っているという点を抜きにしても）浮遊している対象（シータ）の視点からは描かれていない。あるいは航空写真を見て浮遊感を感じないのは、浮遊している対象が画面に表れてこないからである。したがって浮遊感の表現のために「何を書いて何を書かないか」の判断のときは浮遊している物自体を外してはならない。そのためには浮遊者ともう一人観測者が必要となってくるはずである。

まとめると、「力のつり合い」「直前直後の動作の示唆」「観測者」が重要になってきそうだ。これを踏まえて文章の浮遊感に挑戦してみる。

雲が割れた！　空から円盤がものすごい速度で落下してきた。そして、空中にピタッと止まる。我々の目の前で円盤は底から火を噴いて重力に抗っている。そしてそれは上下に揺れながら、ふわふわ、浮遊していた。

どうだろうか…。

参考

ジュネット・ジェラール（花輪光・和泉涼一訳）：１９８５『物語のディスクール　方法論の試み』水声社

小池康郎：２００５『重力の物理学：知的好奇心のために』法政大学出版，１８０-１８１

國友正和　他：２０２１『総合物理１　力と運動・熱』数研出版，１６８

三浦つとむ：１９７６『日本語はどういう言語か』講談社

海の色が知りたくて

本多 寛也

「綺麗だなあ」。海を見るたびにそう思う。無限に広がる澄んだ空の下で、心地よい風に吹かれながら、太陽に照らされてきらきら光る透き通った青い海。私が生まれ育った街にはそんな海がある。世界の綺麗な海に比べれば全く綺麗とは呼べないのかもしれないが、それでも私は海のその透き通った青を綺麗だと思う。ん?「透き通った青」?その青とは一体何者なのであろうか。水は一般的には透明であると認知されている。海は水の集合体ではないのか。どうして色が変わっているのだろうか。幼い僕の頭に浮かんだのは海の青色に対するたくさんの「ハテナ」だった。

そんな疑問を持っていたことも忘れて北海道へとやってきた私であるが、大学で「文系のための物理学」という授業を履修しており、課題のエッセイの題材を探している時、再び海と出会った。私生活のなかで山から海を見渡す機会があった。そういえばどうして海って青いのだろう。再び思った。成長した僕は他にも水に関連した気づきを得た。海水ではないが、浴槽に

水を張った時も青っぽく見える。なぜだ。海は海でも北海道の海と沖縄の海では見え方が違う。なぜだ。ここでこの疑問を解かずに、いつ解明するのだろう。私は海の色について調べてみた。

調査に入る前にここで少し、私の頭の中を覗いてみよう。酸素の色は青いということをどこかで耳にしたことがある。私はこのことが海の色に大きく関係しているのではないかと考えた。自宅の浴槽の規模でさえ青く見えるのだ。水分子に含まれる酸素、君が正体なのだろう?ということで調査に進もう。

結論から述べると、その正体は「光と光があたるモノとの相互作用」であった。光には様々な波長と呼ばれるものがある。太陽から放たれた光の中で、一番波長の短い青色の波長が最も海中を進みやすい。どういうことか。海の中には様々な小さな粒（障害物のようなもの）が存在する。太陽光はこの小さな粒にぶつかり、色々な方向へと散らばってゆく。その中で、太陽光に含まれる青以外の光は水に吸収されてしまうというのだ。残った青い光は反射し、私たちの目に飛び込んでくるというわけだ。海には、自宅の浴槽やプールと違って様々な物質が存在しているため、光の散らばりかたがもっと複雑であり、完全に透き通った青とはならないのだ

ろう。浴槽の水やプールが綺麗に透き通っているのはそういう理由らしい。他の海を比べて、ここの海が綺麗などと言われるのは、そこの水質によって光の反射が変化してしまうからなのである。障害物が多ければ多いほど、ゴールに辿り着きづらい。ということだ。

海の青さがまさか太陽光と関係しているとは。正直とても驚いている。言ってしまえば海とは正反対の場所に位置する太陽が影響を及ぼしているのだ。幼い、小さな子供が抱いた疑問にしては、その答えが高い位置にあったのだなあ。と感じると同時に、こんなに身近にあったのだとも思った。私のなかの幼いわたしは、疑問が晴れてどことなく嬉しそうにしている。

参考

福江純：２０１３『自然が作る色大図鑑』ＰＨＰ研究所
中野有朋：１９８６『切り絵科学の目シリーズ』桐原書店
桜井邦朋：１９９１『自然の中の光と色』中央公論社

文系のための物理学に浪漫を

五十嵐 恒星

いきなりだが私の下の名前は「恒星」である。宇宙に光り輝く恒星のようにおのずから輝いてほしいという親の願いだ。また私が通っていた東京都の小学校は宇宙飛行士の星出彰彦氏の出身校であり、それを記念して宇宙柄の消しゴムが配られた覚えがある。また中高の6年間でペットボトルロケットに入れ込み河原などによくいってパラシュートの機構を作ったりした。なんなら幼稚園の時に将来の夢で宇宙飛行士と書いたかもしれない。そんな宇宙にソフトタッチし続けた私だが現在宇宙とは縁遠い北海道大学の文学部に入学し国語の先生を目指している。

しかし最近私はある漫画に出会った、『宇宙兄弟』である。『宇宙兄弟』は２００８年から現在も連載中の大人気作品であるがこれが非常に面白い。夢を追いかける新人宇宙飛行士の主人公とその周囲を描いた作品であるが、この作品には様々な分野でたくさんの夢追い人が登場する。主人公「南波六太」や天文学者の「シャロン」、ロケット開発者の「ピコ」等いろんな形で宇宙に関わる人々が個人なりのアプローチの仕方で宇宙に夢を求めている。そして夢を追う彼

らはとても眩しい。

嗚呼、なんて浪漫だろうか。「シャロン」や「ピコ」たちは宇宙というあまりに大きな夢にまっすぐ向かっている。そんな彼らにとって物理法則とは宇宙という夢に自分を連れて行ってくれる船であり（その具体化が宇宙船だ）物理学とは浪漫の根源である。

また世の中の多くの偉業を成した物理学者たちは宇宙を目指していたわけではなく何かほかの理由、学問的追及とかのために研究しただろう。「シャロン」や「ピコ」たちも物理学を学び、研究するだろうが彼らが物理学を学ぶのは夢をかなえるための道程に物理学があるからであり、手段に過ぎない。そこには物理学に対する意識の違いが存在するんじゃあないか。未解明の法則を探そうとする物理学者たちにとって物理は真理が眠る目的地であり真理の希求、理解が浪漫だろう。

では文学部の私にとって物理学とは何だろうか。歴史に名を連ねる名物理学者たち、「シャロン」「ピコ」のような輝かしい夢を持ち世界で活躍するようなキャラたちと自分を比べるなんて恐れ多いがなにぶん私のエッセイなので許してほしい。

現在北海道大学の文学部に通い国語の先生を目指す私が学ぶ物理学とはせいぜい大学受験程度の難易度の物理学であり、物理学を生業にする人から見れば専門的内容とは程遠い浅い「アマチュア物理学」である。物理学の表層しか学んでいないアマチュア物理学では物質を本質的にとらえたり未知の世界に切り込むことは出来ないだろう。だがそんなアマチュア物理学でも日常生活に物理学を「感じる」ことはできるのではないだろうか。消しゴムが落ちたとき、教室の机を動かすとき、鳥が飛んでいるとき、虹がかかったとき、そんな普段の日常で起きている些細な「現象」をアマチュア物理学の見地から「一つの物理現象」ととらえ直すことで日常の風景に物理学という切り込み方ができるようになる。日常に物理学的な見方というエッセンスを加えられるならそれは立派な物理学の持つ浪漫である。たとえ文系で、生きていくうえで物理学が要らなくてもその生きる世界は物理現象であふれているのだから物理学が私からいなくなることは決してない。

文系のための物理学はここにあったのか。

参考

小山宙哉：2008-2023『宇宙兄弟』講談社

雷使いは雷を使えない？

荒田　健斗

想像していただきたい。空から降ってくる雷を。暗くどよどよとした空気を断ち切るように光り輝き、どこかと思えばもうその姿はなく轟轟とした音のみを残して去っていく。雷が落ちる一瞬を目撃することに成功した者は興奮した様子で「あそこに落ちたよ！」と我々に教えてくれる。今、あなたがものすごく大きな雷がタワーの先端に直撃したのを目撃したとしよう。想像した雷は折れ曲がっているのではないか。双子葉類の根のように一本を貫く主雷に側雷がみられるのではないか。私は気になった。なぜ雷はそのようなことをするのだろうかと。雷が目的に到達したいのだとすれば一直線に向かえばよいではないか。なぜわざわざ折れ曲がるのだろうかと。不思議になって調べているうちに一つのことに気が付いた。

雷使いは雷を使えない、と。

雷が折れ曲がる理由、それは雷が一度に放電して対象に達しているのではなく、電気を通す

ことが困難な空気のうちの進みやすいところへ向かって短い放電を何度も繰り返しているからである。ところでアニメやゲームにおいても雷を使うキャラクターの多くは折れ曲がった電流を放っている。ピカ○ュウもエネ○もレッ○・ホッ○・チリペッ○ーも雷を自在に操ることができるのであれば標的に向かってまっすぐ飛ばせばよいのだ。しかし彼らはそうはしない。できない。それは、雷を使えていないことを意味する。雷使いは雷を相手に向かって放つことはできてもその後の動きは雷自身に一任されているからだ。行きたい方向に自由に行けるのだから。たとえ東○仗助に向かって電流を放っても雷の気分次第では使いの雷使いの使い手である音○明に直撃することだってあり得ない話ではない。味方が人質に取られていても敵のみに攻撃を当てるといった器用なことはできないだろう。

　ではどうすれば本当に雷を使うことができるのだろうか。現在それを可能にする技術のひとつとして考えられるのは空気のプラズマ化による誘雷だ。この技術は、本来避雷針や高層ビルなどの構築物が複雑に入り交じっていて雷がどこに落ちるかを予測するのが困難な場所において、雷による人命や社会システムの被害を抑えるために考えられた技術であり、空気を非絶縁化して人為的に雷の通り道を作ることができる。つまり雷使いは空気を絶縁破壊する能力を

もってしてはじめて雷を操れるということになる。

ちなみにこの絶縁破壊には数十万ボルトが必要となるそうだ。いや待て、数十万ボルト必要なのであればピカ○ュウの10万ボルトは空気中に放電することはできないのではないか。逆に2億ボルトを出すことができるエネ○は自在に操ることができるのではないか…。おみそれしました。当初は「ぜひとも雷を自在に操れる気になっているキャラクターさん方にはこの誘雷技術を駆使してさらなる高みを目指していただきたい」という結論とする予定であったが、実際には雷を私たちの知っている雷の形にみせるというキャラクターたちの粋なはからいだったのである。

「10万ボルト」は10万ボルトではなかった。むしろそのような余裕を見せてくれる雷使いのキャラクターに謝罪と感謝をし、筆をおくことにする。

参考

千野俊猛・妹尾堅一郎：2008『雷の科学』日刊工業新聞社出版，95-97

やさしさの理由

松本 龍太郎

「雨は実にやさしい」。そう思い始めたのは、意外にも雪が降り始めてからであった。僕は東京出身で、雪が日常のものになったのは北海道に来てからだ。僕は寒さが大の苦手で、雪が降り始めてからというものまともに家から出ることがなくなった。古代ギリシャの哲学者は暇だったからこそ様々なことを知ろうとしたという話を聞いたことがあるが、どうやらそれは本当らしい。哲学者を胡散臭いと思っていた僕は残念ながら哲学者もどきになっていろいろなことを思案するようになってしまった。その中の一つが雨である。

手を伸ばしてもつかみようのない高さにある雲から降ってくる割には、あたっても痛くないし傘は壊れないなとふと考えたのだ。そして同時に不思議に思ったのだ、雨はどれくらいの大きさで、そしてどのくらいの速度で降ってくるからダメージを与えないのだろうかと。本レポートはそんな僕のふとした疑問の解明であり、まことに不本意ながら僕の哲学者としての第一歩、かもしれない。

ではまず雲ができてから雨が降り、地上に到達するまでを見ていこう。水蒸気は上昇気流によって空まで運ばれ、気圧と気温が下がることによって凝結し、雨粒の百万分の一程度の大きさの雲粒となる。ここで一つの疑問が生じる。液体である雲はなぜ落ちてこないのか、不思議に思ったことがある人は多いのではないか。これは、雲粒の入れ替わりが起こっているためである。次々上がってくる空気塊の雲粒集団との入れ替わりが起きることで、失った構成部分を即座に補完しており、同じ場所に浮いているように見えるのだ。

こうして誕生した雲粒は、落下しながら周囲の水蒸気を凝結によって吸収して大きくなっていく。しかし、凝結だけで雲粒が雨粒サイズまで大きくなるのであれば苦労しない。なんせ雨粒は雲粒の百万倍の大きさがあるのだ。雲粒の体積が大きくなればなるほど、表面積も広くなるため、一定の水蒸気が凝結したときに大きくなる半径の成長は小さくなっていく。雨粒になるには途方もない時間がかかってしまうことは想像に難くない。

ではどうやってさらに大きくなるのだろうか。答えは合体、厳密にいえば衝突である。より大きな雲粒が小さな雲粒よりも早く落ちることで衝突して大きくなるのだ。こうしてだん

だん大きくなった雲粒はやがて大きくなり雨粒になって地上に降ってくる。

「おいちょっと待て、落下速度は物体の質量に左右されないだろ」と思った人は多いのではないだろうか。実際僕も頭にガリレオ大先生とピサの斜塔が浮かんだ。だがこの場合は落下速度が変わってくるのだ。ここで重要になってくるのが、先ほど雲ができる過程でキーとなった上昇気流である。雲粒は空気に対してはもちろん重いため落下するが、上昇気流によって簡単に押し返されてしまうような微小な粒子から落下を始める。小さい雲粒は軽いため上昇気流の影響を受けて減速してしまうのだ。

ここから雨粒がさらに周りの水を吸収して大きくなりながら自由落下で加速して降ってくる、ということはない。重力と空気抵抗力が釣り合った状態で落ちてくる。これを終端速度というが、雨の終端速度は秒速9メートルである。どんな大きさの雨でも、おおむねこの速度になる（これを式で説明出来ればよかったのだが残念ながら微分を使った計算式が一ミリも理解できなかったため、本稿では速度そのものを直接引用させてもらおうと思う）。

この速度がおおむね一定であるという事実は、雨粒の大きさにかかわってくる。どのよう

な雨粒でも速度がおおむね一定であるということは、つまり大きい粒であればあるほど下からくる空気抵抗の力が大きくなっているということだ。水が球形なのは表面張力によるものであるが、こうなると水は表面張力で球形を保てなくなり、キノコの傘のような形になっていく。よくイラストで見るしずくの形は間違いなのだ。そうしてキノコの形になった雨粒は、ある一定以上の大きさになると、表面張力が空気抵抗力に敗北し、中央から分裂してしまう。

こうして雨はある程度の大きさ、ある程度の速度を保って降ってくるのだ。おかげで私たちは雨に当たることによるダメージは受けないし、傘が壊れることもない。

「雨は実にやさしい」。水そのものの硬さというものはばかにはできない。温泉施設にある滝の湯に打たれると非常に痛い。バケツの水は頭の真上からかけても首を持っていかれそうになる。落下してくる水が大きな塊であれば、とてつもないダメージを受けることは目に見えて明らかだ。それに比べて、雨のなんと優しいことか。

なるほど、雨のやさしさの理由は空気抵抗であった。ではもし空気抵抗がなかったら？

もし空気抵抗がなければ雨粒は地上まで加速しながら降ってくることになる。とんでもないスピードになってしまうのではないか。実際に計算してみよう。

速度：　$v = gt$　　距離：　$y = 1/2gt^2$

これは自由落下の速度と距離を求める式だ。vは速度（m/s）、gは重力加速度（ここでは9.8 m/s^2とする）、tは時間（s）、yは落下した距離（m）を示している。たとえば、上空2，000メートルから水滴を落とした場合について考えてみる。雲で言うと低層雲と中層雲の境目になるあたりだ。

$y = 2000$

$2000 = 1/2gt^2$

$4000 = 9.8t^2$

$t^2 \fallingdotseq 408$

$t \fallingdotseq 20$

$v \fallingdotseq 9.8*20 = 196$

秒速196メートル!?　なんてばかげた数字なんだ…時速に直すと時速705キロメートルだ。新幹線ですら最速で時速320キロメートルだというのにその2倍の速度で上空から降ってくるそのエネルギー量たるや、計算することもおぞましい。だが、この2，000メートルという数字は決して大きな数字ではない。雨粒のできる高さはともかく、雲粒の落下は上層雲の場合6，000メートル以上から始まる。いくつかは音を置き去りにして僕たちを殺しにくるだろう。

だが安心してほしい、このようなことは絶対に起こりえない。前述のとおりそもそも空気塊の中の水蒸気が凝固して雲粒になることにも、その雲粒が落下の過程で衝突して雨粒となっていくことにも、上昇気流という空気の力は欠かせないのである。そもそも、雨そのものが空気の存在なくして降りえないものなのだ。

雨は空気によって生じ、空気によって優しくなる。なんだ、「空気は実にやさしい」だったのか。いやでも待ってほしい、その雨を降らす空気の成分を調整しているのは草木で、その草木を育てているのは雨だ。雨が先かそれとも空気が先か。なんか鶏と卵の問題みたいに

なってきた。いや、もしかして気圧とかにもかかわってくる重力が先か？　そうなると話が宇宙規模になってくる。あまりにも雨は複雑だ。

さて、ここまで雨を哲学、もとい物理学してきたわけだが、僕はそもそも文学部の映像・現代文化コース志望であり、哲学者にも物理学者にもなる気はまったくない。これ以降の難しいことは、授業の最前列に座っている卵君にでも任せるとしよう。所詮哲学者もどきの僕にとっては、「雨のやさしさは空気によるものである」という結論が得られれば十分だ。

ああそうだ、今度、次の雨の日のために傘を探しに行こう。すこし、雨が恋しくなってきたし。

参考

武田喬男：２０１９『雨の科学』講談社

回るヒト ―ひねりとの関係は？

田村 悠人

時は冬。一本の板に両足を固定し、雪の斜面を滑っていく。緩い斜面のゾーンに突入した。スピードを上げて疾走感を感じることはできない。緩斜面では特に見せ場はないので自ら動いてカッコつける。片足を浮かせ、もう一方の足側のエッジで反発をもらって板をしならせて飛ぶ。飛んで横に回る。目線はぐるぐるしていて何が何だかわからないが、着地したときに転ばないように集中する。いざ着地。バランスが崩れないように重心を安定させる。成功だ。

誰か見ていた人はいないのかと成功したときだけ思う。失敗すると、ただダサいという精神的ダメージだけではなく体に物理的ダメージも負ってしまう。そのせいでスノーボードに行った次の日は体のあちこちが痛い。失敗の原因はさまざまであるが、一つを挙げるのならば、「回転不足」で想定していたのとは違う着地になってしまい、対応できずにバランスを崩してしまうということだと思った。

このように失敗を繰り返して日々楽しみながら滑っているが、滑っていない間もスノーボードで飛んだり回ったりする、いわゆるグランドトリックの解説動画を見ている。するとある日、上半身をひねってそれから下半身も一緒についてきて回る、つまりひねりがコツだと言っている動画を見た。しかし、私は「ねこひねり」という背中から落下しても足から着地できるという猫の特性を知っていて、人間には不可能であるため、果たしてできるのかと疑問に思った。

そこでねこひねりについて調べてみると、ねこひねりのメカニズムには、「角運動量保存則」が関わってくることがわかった。「角運動量保存則」がはたらく例を挙げると、空中で上半身を時計回りにひねると、「角運動量保存則」が働いて下半身は反時計回りに回ってしまい、体全体として回転できないというものである。しかし、猫は腰を曲げて上半身の回転軸と下半身の回転軸をずらして「角運動量保存則」の影響を受けないようにして結果的に空中での回転を可能にできるというものだった。私の家には猫がいるのでスローモーションの動画を撮りながら試してみたかったが、さすがに可哀想なので断念した。

このメカニズムを知って私はさらに、スノーボードに乗ったまま飛ぶと体のラインは真っ直

ぐ、つまり体の軸は真っ直ぐなので空中でひねりを入れて体全体を回転させることは不可能なのではないかと思った。そこでさらに「ひねり」といえば、体操のひねり王子こと白井健三選手の動画を見てみた。すると空中でひねっている動作は全くなかった。実際はひねっていないのである。ではひねりの動作はあまり関係ないのかと思い、他の空中での回転を可能にさせる要因を調べた。

同じように人が回転するスポーツとして、ハンマー投げとフィギュアスケートが思い浮かんだ。そしてそれらの競技の回転する要因について調べると、ある共通するキーワードを見つけた。それは回転半径だ。より多く回転するのを目的とするフィギュアスケートについて解説すると、スピンのときに腕を体に引き寄せたり脚を閉じたりして回転半径を短くすることで、角速度、つまり回転が速くなるのだ。よくパフォーマンスでスピン中に回転が速くなったり遅くなったりするのを見たことがないだろうか。それは回転半径を長くしたり、短くしたりすることで実現しているのである。ここから考えたことは空中で多く回転するには踏切で地面から受けた回転エネルギーを殺さないようにということだ。スピンも接地しているが、スピンしている間も地面から反発をもらっているようには見えない。よってこの考えは共通しているだろう。

というわけで、私は今後グランドトリックを行う際は無駄に手を広げず、回転半径をできる限り小さくし、回転エネルギーを無駄にせずに回転スピードを上げるとともに地面からの反発をたくさんもらって対空時間を長くできるように意識して練習していこうと思った。そしてダサい格好を滅多に見せずに、さらにはかっこいいと言われるほど上達して、板は体の一部だと思えるくらいに自由自在に操って回れるような一流スノーボーダーになりたい。

「回転王」に俺はなるっ !!!

参考

望月修：２０１８『眠れなくなるほど面白い 図解 物理でわかるスポーツの話』日本文芸社

河鐘基：２０１８「フィギュアスケート選手が空中で回転できるわけ」『EMIRA』https://emira-tjp/special/4873/（２０２３年1月16日閲覧）

敗北の歴史

大川 翔吏

私にはひとりの兄がいる。彼について私が語れることはそこまで多くはない。東京のちいさな美大に通い、ケンタッキー・フライドチキンでアルバイトをしている、凡庸な大学生だ。小学校を卒業するまで、私は彼とおなじ家で暮らしていた。そのころの私たちはトムとジェリーのように喧嘩をしていた。10年近く昔の話であるためよく覚えてはいないのだが、だいたい私がちょっかいを出し、負けて、そして泣かされていた。弟というものは兄にちょっかいを出すものだし、兄はそれを煙たがるものだ。自転と公転くらいあたりまえの話だ。それでも、ふつうの兄弟に比べて我々はそれなりに仲のよい部類だったと思われる。私が実家を離れてから兄はとたんに私を甘やかすようになり、それは今でも続いている。弟たる私は彼の中ではかなり信用を獲得したようである。血縁関係に留まらない、互いをよく理解した上での、一人前のひととしてのつながり。小学生のじゃれあいとはまた違った信頼関係が、そこにはある。

何もない田舎で我々が明け暮れた遊びに、手押し相撲がある。知らない人のために少々説明をさせて頂く。一定の間隔をあけて向かい合ったふたりが相手と両掌を突っ張りあい、体勢を崩し踏ん張りを崩し、足の位置がずれ、転倒したほうが負け、といういたってシンプルな遊び、それが手押し相撲だ。子供たちの間では一定周期でこれが流行るもので、ひどいときは教室でトーナメントが開かれていたほどだ。考えてみれば当然の話で、負けたほうが転倒するような物騒なゲームを学校が放っておくわけがない。リスク回避と自主性尊重の闘争があったわけだ。

そして、私はとにかく手押し相撲で兄に勝てなかったのだ。祖父宅で繰り広げられたこの戦いで、私が白星を挙げたのは数えるほどしかない。あの古い畳の間で、私は突き崩され、のけぞり、尻餅をつき、時に煽られ涙をのんだ。ああ、哀れな弟よ。いま、あの屈辱の記憶を物理という名のシャベルで掘り起こそう。なぜ私は勝てなかったんだ?

では、物理基礎を高校1年次でしか履修しなかったバキバキ文系の私なりに、付け焼刃の物理法則で敗因を分析していこう。

先に言っておく。調べて分かったことだが、あのときの私は兄に対して絶望的に不利だった。そこにあるのは二つの要素である。

ひとつめは体重である。ニュートンの運動方程式 ma＝F をご存じだろうか。

「物体にいくつかの力がはたらくとき、物体にはそれらの合力Fの向きに加速度aが生じる。その加速度の大きさは合力の大きさに比例し、物体の質量mに反比例する。これを運動の法則といい、（中略）式を（中略）運動方程式という」（國友正和 他：２０１７，60）

作用・反作用の法則にのっとり、押した分押し返されることを考えると、我々が受ける力は同等である。かかる力が同じならば、重いほうが加速しづらい、すなわち動かされにくいのだ。当時、兄は痩せ型の私より10キロほど重かった。私は彼のパワーではなく、軽量級であるが故の私自身の加速度aにひねられていたわけだ。

もうひとつ、静止摩擦力という概念がある。接触する二つの物体が擦れるときに生じる力を摩擦力という。その中でも、物体が動き出すのを邪魔したがる力を静止摩擦力といい、そ

いつの努力かなわず物体が動き出してしまうときの摩擦力を最大静止摩擦力とよぶ。最大静止摩擦力は以下の式で表される。

$F = \mu' N$

μ'は静止摩擦係数を表す。これは摩擦面の材質で決まる。よくわからないけど、要は定数なのだ。深く考えている暇はない。Nは垂直抗力を表す。これは静止中の物体が自重によって接している面を押す力と反対方向に生じる力なのだが、要するに物体が重いほどこの力はでかくなる。すなわち、体重が重い人間ほど、最大静止摩擦力の値が大きい、つまり足が滑り出すのを止められる限界値が大きいのだ。

ごちゃごちゃと並べ立てたが、つまるところ足元が同じ状況なら、重いほうが滑りにくいのだ。これは手押し相撲において決定的である。バランスを崩せば負けるわけだから、そちらに意識のリソースを多く割いていては、前方からのジャブを捌けない。思えば私はこのころからマルチタスクが苦手だった。頼むから一度に二つのことを命令しないでほしい。頭がもう一つあればなんとかなるだろうが、もともと軽い体なのに脳みそまで空っぽになってい

ては奴に勝てるはずなどない。

私は兄より一年と十か月と十九日遅く生まれたが、身長は兄より数センチ高かった。何かと兄と自分を比べたがるかわいい弟だった私はこのことを少し自慢に思っていたわけだが、これが仇となった。

そう、ふたつめは身長である。高校物理にモーメントという概念が登場する。とても簡単に言えば、ものを回転させる能力のことである。プレイヤーの体が後ろ向きに倒れこむことを「回転する」とする場合、回転の軸となる足元が中心点、力が加わる腕が作用線となる。なお、簡略化のためここではお互いの腕に対して、地面と平行に力が加わるものとする。

力のモーメントは回転軸との距離に比例する。回転軸との距離が長いほど、同じ力でも回転しやすい。すなわち、私は地面から作用線（今回は両腕）までの距離が長い分、回転しやすい、つまり後ろに倒れやすいのだ。この背丈のおかげでいろいろ得もしてきたが、どっこいプレイヤーとしては大損をしていたらしい。なんでも大きければいいものではない、という言葉を教訓として記そうと思う。

かくして体格の面で圧倒的不利だった弟は、兄に打ちのめされ続けいじける日々を送っていた。ああ、あの日の私に会えるなら。お前はこうこういう理由で兄貴に勝てないんだぞと教えてやれたなら。

ネガティブな話は終わりにしよう。ここからは私が兄を倒す方法について考察していこう。なお、エッセイの主旨に反するが、これ以降物理学的発想が用いられることはほぼない。何事にも限界はあるのだ。

前項では、体重差がアドバンテージを生み出すと結論付けた。であるならば一つ目の対策は決まりである。重量を盛ればいいのだ。地道に食トレしてもいいし、何なら上着に鉛を仕込んでもいい。別に厳格なレギュレーションがあるわけでもない。勝てばよかろうなのだ。ただし、自重での自滅が懸念されるため、事前トレーニングは必須だろう。

また、重いのはいいことばかりではない。前述の $ma = F$ の式を思い出して頂きたい。加速度は質量に反比例する。ここに勝機を見出せる。重いほど加速しにくい…？

その通り、加速度が小さいということは、減速しにくいということでもあるのだ。重い相手は動いたら急には止まれない。ここから導き出される戦法の最適解はひとつ。ガン待ち受け流しである。攻めずに2割くらいのパワーでカウンターに気を付けながらちょっかいをかけ続け、しびれを切らした相手が攻め込んできたらひらり。天才である。ただし技術は要求される。相手の力をほぼ完全に受け流すためには、上体を大きくひねる必要がある。強靭な体幹、相手の攻めに即座に対応する瞬発力、ガン待ちを決め込む図太さ、そして何より手段を選ばぬ勝利への執着心が求められる。

加えて、足元の強化も欠かせない。我々の対戦フィールドはたいてい畳の上で、季節にもよるがだいたいは靴下を着用している。そこで私のものだけに滑り止めの細工を行う。私は高校時代、弓道部に所属していた。大会会場の滑り止め対策に、足袋の裏にグルーガンでグリップ処理を施していた。まったく、人生どこで何の経験が役立つかわからないものだ。靴下に細工をし、そのうえで試合に臨めば、私は張り手ケアにのみ専念できる。大好きなシングルタスクである。心理的には爆アドだ。もはや物理でも何でもない精神論だが、私が求めるのは物理ではなく、勝利である。

また身長面の対策だが、これはどうしようもない。さすがに足首を切り落とすほどの情熱を手押し相撲にかけることはできない。これはもう原始的に低姿勢になるしかないだろう。実際にやってみた。手押し相撲の構えの姿勢から、腰を若干落として手は前に、ボディに伝わる衝撃を気持ちだけでも緩和するためやや腕をゆるめ、まっすぐ相手を見据える。結果、非常に情けない上に不安定な姿勢が完成した。中型犬にも押し負けそうである。どう考えても実用的な対策ではないと判断し、お蔵入りとした。このことから、理論的には有効と思われる対策でも、体が追い付かなければかえって不利となることが分かった。結局は体幹、結局は筋肉なのだ。下地を鍛えれば技術も染み込みやすくなるし、体重も増える。座学だけで強くなれるなら稽古はいらない。回数を重ね経験を積み、足りないものが解ったなら反復で身につける。手押し相撲もスポーツの一種だ。強くなりたければ戦え。戦いから学び、また戦え。ここまで読んでくれたあなたにこの言葉を贈ろう。

遊びというのは受け継がれていくものだ。小学校ではお年寄りが小学生にけん玉を教え、父親は息子に小さいころ流行ったゲームの話を聞かせる。形は多少変われど、一つの時代に流行った遊びというのは残り続けるのだ。手押し相撲も例外ではない。私のこの記録はデー

タベース上に保存され、しばらくは誰かに閲覧されることもないだろう。だがもし、そう遠くない未来、手押し相撲もしくは似たようなスポーツが一世を風靡し、誰もが熱中するようになったとしたら。スランプに陥り、孤独にもがく若者がいたとしたら。血眼になって探し出されたこの文献は、きっと、彼らの助けとなるだろう。これを読み終えたあなたが、少しでも強くなれたとしたら、私は嬉しい。

引用・参考

國友正和 他：2017『改訂版　物理基礎』数研出版

家を出る前の一手間

キハ40

私はいつも時間に余裕がない。家を出るギリギリまで寝ているためである。従って起床から家を出るまでの時間をいかに短縮するかが重要である。例えば、着替えに時間をとられるのはもったいないことこの上ない。それにも関わらず「アイツ」と「アイツ」は仲良くくっついて離れない。内に着た長袖と外に着た長袖のことである。最初に着た長袖が、後から着た長袖に引きずり込まれて最初に着た長袖だけがまくれてしまうのである。一度はみんな経験した「あるある」ではないだろうか。これについて物理学を用いて少し考察したい。

一言で言えば、「いずい」。つまりはしっくりこない、フィットしない事により心地が悪いのである。この事象を解消すべく手首側から中の長袖を引っ張り出そうとするとなおさら中の長袖は中へと逃げてしまう。そうこうしているうちに時間は経つ。なぜこういうことが起こるのか。言うまでも無く摩擦のせいである。

摩擦は面が荒ければ荒いほど強く作用する。この場合、服の素材が綿や毛であれば荒い為、摩擦も強い。対して、ナイロンなどすべすべした素材であれば滑りやすく、摩擦は弱い。確かに、ナイロン同士のジャージとジャンパーなどではいずい状態に陥ったことはない。

また、静電気の影響も考えられる。内に羊毛のセーター、外にポリエステル素材の上着を着用した場合、静電気の発生によって生地同士が引き合う。調べてみると「帯電列」と呼ばれる、その素材が正や負の電気を帯びやすいかを書き並べた表があった。それによると羊毛は正に、ポリエステルは負に電気を帯びやすいとされている。

とはいえ、その服の素材を考えてまで服選びをしようとは思わない。摩擦や静電気の影響を考える暇があったら寝る時間に充てた方がよっぽど賢明である。よって本件の最大の解決策は「外の服を着る際に中の長袖の袖口を軽く握った状態で袖に腕を通す」ことである。物理的に巧妙な解決策というわけではないのが残念であるが、最も簡単な方法だと思う。

上記の他にも類似的に日常の中で私を苦しめる事象はある。移動中にイヤホンを使おうとする時である。有線イヤホンは使うための一手間がとても重たい。前回使用の時にどんなにきれ

いにしまい込んでも、なぜか取り出すそのたびごとに必ず絡まっているのである。

これを物理的に考察する。まず、イヤホンのケーブルは摩擦の強く働きやすいゴム素材である。これが私のカバンの中で他の混雑した物体と擦れることで確実に形状を損ない、それを繰り返す。それがやがて絡み合ってゆくという流れである。これはイヤホンをカバンにしまっている時点で避けようがない。

イヤホン専用のケースの供用も考えたが、ケースから出すのがまた一手間であり、使用時に空になったケースの管理もまた一手間である。上記から読み取れるように私は整理整頓に難を抱えているため、ワイヤレスイヤホンを導入しても紛失するのは時間の問題に他ならない。

従って解決策は無い。何らかの解決策を講じた場合に発生するデメリットを鑑みた結果、現状のままでもさほど問題は無いのである。

このことから、物理の知識を駆使した生活態度が必ずしも豊かな日常をもたらすかと言われればそうではないのがまた面白い。日常を豊かにするコツは日常の中で養うのが効率的であり、

そのような努力なら努力の嫌いな私も惜しまない。楽をするための努力なら率先していきたいと思う。もっとも、私は怠惰である。

参考

アキレス株式会社「静電気発生の仕組み」https://www.achilles.jp/product/electronics/knowledge/static-electricity/（2023年1月16日閲覧）

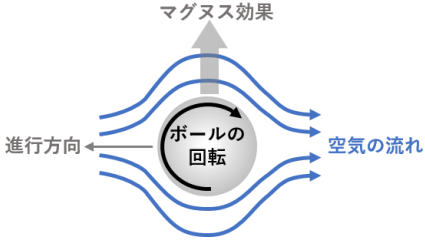
三浦登 他：2017『改訂 新編物理基礎』東京書籍出版

W杯の余韻

所 耀輝

２０２２年カタールW杯での日本代表の活躍でサッカーが日本中で大きく注目された。全くサッカー経験のない私も例にもれずサッカーに興味を持ち、サッカーの試合を見るようになった。その中で私はサッカーのシュートに惹かれたのである。まるで糸を引きキーパーをよけていくような曲がるミドルシュートや、不規則に変化してゴールへと吸い込まれていく無回転シュートにはロマンがとてもあるのだ。そこで今回のエッセイでは、ボールがなぜ曲がっていくのか、なぜ不規則に変化するのか、について考えたいと思う。

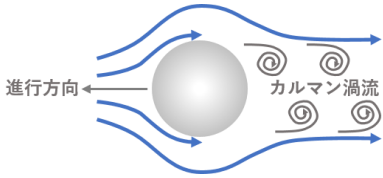
まず曲がるシュートはどのように蹴ればよいのか。ＹｏｕＴｕｂｅの動画によると、コツは「ボールの軸足とは反対側の下の方を、腰と腕をひねりながら回転をつけることを意識すること」と言っていた（あゆむ ２０２１）。どうやらこの「回転をつけること」がボールを曲げる原理らしい。



渡辺（2013）を参考に作図

なぜ回転をかけることで曲がるのか。上の図は、左足で蹴られたシュートを上から見た図である。この図が示すようにボールを蹴りだすと、図の上側の面（蹴った足と反対側）では空気の流れと同じ向きに回転し、下の面（蹴った足側）では逆向きに回転するのである。これによって、図の上側の面が下の面に比べて圧力が小さくなる。これによってボールは図の上面向きの力をうけて曲がっていくのである。これを物理学用語で「マグヌス効果」というのである。

次に無回転シュートが不規則に変化するのかについて考える。無回転シュートは文字通りボールにできるだけ回転をかけないでけるシュートである。しかし無回転だとなぜ不規則に変化するのだろうか。これは「カルマン渦」というものが発生しているからである。これはあるものに空気の流れが当たるとのその後ろ側に左右交互に発生する渦である。



いであ（2003）を参考に作図

この渦が発生することでボールに対して不規則な力が加わり、不規則な変化がボールに与えられるのである。この渦が規則正しく並んでいると「カルマン渦列」と呼ばれるものになり規則的な横揺れが発生するが、実際のシュートに全くの回転を与えないことはできないので不規則な変化が発生するのである。この「カルマン渦」が発生し、不規則な変化を与えている現象は日常生活においても見ることができる。例えば強い風が吹いたときに木が揺れる現象である。この時、木の後ろ側にはカルマン渦が発生しているので木は横に揺れるのである。またただの木の棒を振った時もカルマン渦が発生している。だからそのエネルギーが音エネルギーに変わって「ブンッ、ブンッ」という音が鳴るのである。

実際に無回転シュートや曲がるシュートの原理を調べてみて私は、「なんて簡単な原理なのだ」、と感じた。図を見て説明を読めば誰にでも理解できるだろう。しかしこの原理を知っている人はほとんどいないだろう。私はその人たちに対してこの知識用いて知識自慢を出

来るのである。それは冗談としても、知識はたくさん持っているに限るのだと改めて感じた。文系の私が理系科目の物理学から、そのような簡単なことを感じさせられたことは悔しい。だからこそ私は理系に負けないようにこれから勉強を頑張り、文系の知識もたくさん得ていきたいと思う。

引用・参考

あゆむ：２０２１「【シュート講座】高速コントロールカーブ＃コウチーニョ＃メッシ」https://www.youtube.com/watch?v=USext98FqB4（２０２３年１月２８日閲覧）

いであ株式会社：２００３「カルマン渦」『バイオウェザーサービス』https://www.bioweather.net/column/weather/%E3%82%AB%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%83%B3%E6%B8%A6／（２０２３年１月１９日閲覧）

木田重雄：１９９４『いまさら流体力学』丸善

久保田浪之介：２００７『トコトンやさしい流体力学の本』日刊工業新聞社

渡辺儀輝：２０１３「理科でＷＢＣを楽しむ、なぜカーブは曲がるのか？」『＃高校生なう』https://shingakunet.com/journal/learning/3111/（２０２３年１月１９日閲覧）

残響時間2.0秒

川名子 真宏

2022年11月19日土曜、大学から始めた合唱で全国大会に出場させてもらった自分はホールで響いた歌声に驚かされた。ステージで響く音色は普段の練習でのものとは違うのはもちろん、札幌のホールで行われた道大会のものとも違う圧倒されるような音であった。

このホールは残響時間が2秒間であることを売りにしており、確かに音がよく響いて聞こえた。ここから、良いホールとは?という疑問が生まれる。

そもそも、残響とは何だろうか。声が美しく聞こえたことの理由には残響が重要だと考える。

残響とは「大きな室内において音源の音が停止したのち、しばらくの間、聞こえる連続的な反射音。これはさまざまな経路を通って到達してくる、壁などでの反射音が重なり合ったものである」とある（コトバンク）。つまり、残響は音源からの音と反射された音の差から生まれるもので、この音が残っている時間を残響時間という。

この現象は後述するホールの建築が(当たり前ではあるが)とても物理学的に行われているように、残響時間自体を式で表すことができ、

《セービンの公式》

$T = 0.161V/\alpha S$

T = 残響時間　V = 部屋の体積(㎥)　α = 吸音率　S = 壁の面積(㎡)

となる。ただしこの公式には残響時間が短い場合は実測値よりも大きくなってしまうという欠陥があり修正した式も存在するが割愛する。

まずは、現在のホール設計ではこの時間はどのように活用されているのだろうか。ホールの使い方によって、残響はよいものにもわるいものにもなる。スピーチの場面を考えてみると、声が2秒間も残ってしまってはとても聞きづらいものとなることは容易に想像できる。つまり、反響板やホールの形など様々な工夫をして残響時間を調節する。しかし、残響時間が長すぎてしまうと音が重なり聞きにくくなってしまい、音楽用であっても好ましくない。

以上のことを踏まえここからは、音楽での用途を前提として話を進める。コンサートホール内でも座席の位置によって聞こえ音は異なるだけでなく、客の入り方によっても聞こえ方は異なる。そのうえで、現在の目標としては満席で残響時間が2秒となるように設計されている。

まず、コンサートホールをイメージしてほしい。例えば中学校時代の合唱コンクールなどのホールでいい、そうするとまずはとても高い天井が思い浮かべられると思うが、これは部屋の体積を大きくするためである。次に、座席の位置だが大きなホールになると傾斜を設け二階席などもあるが、傾斜によりステージを見やすくするだけでなく、なるべくステージと座席の距離が離れないよう工夫されている。そして、天井や壁だがあの波打つような構造は想像の通り音を反響させるためのものである。

ここで最初に挙げた二つのホールを比較していこうと思う。まず、札幌のホールについて以下の4点を挙げる。室内の体積は6，000㎥、ステージの広さは14 × 8.7 × 13.5（m）、残響時間は1.7秒、二階席を含めて座席数は453席となっている。このホールはKitaraというコンサートホールの「小ホール」であり「大ホール」はさらに巨大であることは補足して

おく。次に津のホールの特徴を挙げる。具体的な体積は書いていなかったが図面から見積もると 45 × 13 × 28 ㎥となる。そして残響時間は 2.0 秒、三階席まで存在し座席数は 1,903 席となっている。

座席数から明らかな様に全く規模の異なるホールであることが分かると思う。これまで話してきた通り、残響時間が最適時間の2秒であることから津のホールがよく設計されたホールであることが分かる。

結論としては、実際の設計の場では観客が感じる心理的な要素も分析してホールの設計が行われるため一概に残響時間だけではかたづけられるものではないものの、残響時間の調節によって音が美しく響くに優れたホールとなる。実体験として「音がよく響いて聞こえた」と前述したが、具体的には”h”という無声音の子音で特に響きにくい音が跳ね返ってきた時には大変驚かされた。このような体験をする機会を設けてくださったコンクール関係者の方々や他の団員に改めて感謝したいと思う。

引用・参考

安藤四一：２００９『コンサートホールの音響と音楽表現』アルテスパブリッシング

コトバンク：「日本大百科全書(ニッポニカ)「残響」の解説」https://kotobank.jp/word/%E6%AE%8B%E9%9F%BF-70515（２０２３年1月 26 日閲覧）

三重県総合文化センター：「立面図」『ホール図面・詳細資料』https://www.center-mie.or.jp/main/files/drawing/hall/elevation_hall01.pdf（２０２３年1月29 日閲覧）

三重県総合文化センター：「舞台平面図1」『ホール図面・詳細資料』https://www.center-mie.or.jp/main/files/drawing/hall/plan_hall01_1.pdf（２０２３年1月 29 日閲覧）

宮崎秀生：２０２０「ホール音響設計の事例紹介 -多様な条件下における音楽空間の最適化手法-」https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/76/9/76_495/_pdf（２０２３年1月 26 日閲覧）

札幌コンサートホールＫ-ｉｔａｒａ：「施設案内 小ホール」『Sapporo Concert Hall Kitara』https://www.kitara-sapporo.or.jp/facility/smallhall.html（２０２３年1月 29 日閲覧）

私は彼で、彼は私で

大槻 悠人

雪と無縁の生活をしていた自分にとって、雪は楽しみなものであり、かつ煩雑なものである。北海道の雪はまさにパウダースノーで、降ったばかりの雪はサラサラしている。パウダースノーに覆われた道を歩くことは、片栗粉の上を歩く感覚に近い。このような粉雪だと、そうやすやすと滑らないだろう。しかし、雪が凍ってしまうと話は変わる。凍結した路面は非常に危険で、滑って転ぶ恐れがある。人々は滑って転ばないために冬靴を履くらしいが、私は履かない。クロックスを履くからだ。

「クロックスを履いたら滑って転ばないのか?」

否。私はこの問いに大見得を切って答えよう。クロックスは滑らない。

では、なぜ、クロックスは滑らないのだろうか。この問いに対する個人的見解を本エッセイで述べるとしよう。

そもそも「滑る」とは何か。この行為には「摩擦」が関係している。

私たちは歩く時に、地面に力を加えている。この時、地面も同様に私たちに力を加える。この二つの力はつりあっており、このうち、地面が私たちに加える力こそが「摩擦力」である。滑りにくさを表す摩擦係数は摩擦力と比例し、摩擦係数が大きければ大きいほど摩擦力は大きくなり、摩擦係数が小さければ小さいほど摩擦力も小さくなる。私たちと地面の均衡が保たれていれば、私たちは滑らずに済む。しかし、この均衡が崩れた瞬間、私たちはあられもない姿を無様に晒すことになる。つまり、この均衡を崩す者こそが私たちに醜態を晒させる犯人である。一体、何者か。

その名前は水膜。凍った雪が少し溶けると、この水膜が生じる。水膜が摩擦係数を減らし、私たちを滑らせる、という説がある。この水膜犯人説は数ある説のうちの一つに過ぎない。

では、ある程度滑る原因が分かったところで、次に「なぜクロックスは滑らないのか」につ

いて述べよう。

私が独自に考案した歩き方に「ゴーレム歩法」というものがある。近付いてくるゴーレムを想像してほしい。…想像しただろうか。もし想像していないなら、すぐに想像してほしい。…ゴーレム。ゴーレム…。そのゴツゴツとした巨体。その巨体を揺らしながら、こちらにずんずんと向かってくる。この時、ゴーレムはどう歩いているだろうか。足を上げ、ズシンと足を垂直に下ろす。これである。これが「ゴーレム歩法」である。私はこの歩き方を駆使し、札幌を縦横無尽に歩き回っている。上げた足を垂直に下すのが「ゴーレム歩法」だ。では、この歩き方は物理学的な理に適っているのか。それは判然としないが、ゴーレム・ウォーカーである私が滑っていない事実が何よりの根拠である。

「別にクロックスじゃなくても「ゴーレム歩法」は出来るだろ！」

何を言うか。思い返してごらんなさい。あなたが想像したゴーレムは靴を履いていただろう

か（もし靴を履いたゴーレムを想像したならば、次に服を着せよう。靴だけの変態ゴーレムは紳士淑女に程遠い）。おそらく、いや確実に、それは私の想像するゴーレムと同様、靴を履いていないに違いない。そう、奴らは靴を履いていない。裸足なのだ。奴らの歩き方を完全に模倣するならば、靴を履いてはいけない。これを土台無理な話と一蹴するだろうか。では、こう言い換えよう。つまり、「ゴーレム歩法」のためには、靴は靴として存在してはいけない。靴が身体の一部になっていないと、「ゴーレム歩法」は不可能である。旅館のスリッパで歩きにくいのは、おそらく、そのスリッパが身体にとって異物だからだ。靴の異物感。この異物感を取り除かない限り、「ゴーレム歩法」は露と消える。

ここで、私と彼の関係について少し話そう。彼との付き合いは非常に長い。思うに四年以上だろうか、年がら年中、来る日も来る日も彼と歩みを共にしている。足の形に磨り減った靴底。指の形に沿うように削られた靴先。長年付き添った彼は、もはや私の身体の一部である。私は彼であり、彼は私である。彼でなければ、私の理想とする「ゴーレム歩法」は叶わない。長年

の二人三脚（正確には二人二脚）が成しえた業である。

お分かりいただけただろうか。クロックスだから滑らない、ではなく、彼だからこそ滑らないのである。周りの人が何を言おうと、誓って、私は今後も彼と歩み続ける。いくら寒かろうと、暑かろうと、彼への愛情は変わらない。そして近い将来、私はゴーレムになる。

参考

広中清一郎：2010『図解入門 よく分かる 最新摩擦と摩耗の基本と仕組み』秀和システム

株式会社ブリヂストン：2016「氷の上はなぜ滑る?その原因はほんのわずかな水膜でした」『Bridgestone Blog』https://www.bridgestone.co.jp/blog/20161204.html（2023年1月17日閲覧）

5年前の自分、そして5年後の自分へ　～アリから学ぶ教訓～

非力

「アブ如きを集団で協力しないと運べない非力なアリって可哀想」。私は、中学生の頃、登下校中にアリの集団を見るたびに哀れみにも近い、弱者を蔑むような感情を抱いていた。思春期真っ只中で、自分の優位性を確保することにある種の快感を得ていたのだ。

しかし、ある程度身も心も成熟してきた状態で当時の事を回顧すると、非常に愚かであったと思う。なぜ、あんなにも非道なことができたのだろうか。小学生の頃の私も同じようなことをしていたというのに。自分のことを棚に上げて物事を自分の都合の良いように捉える。私のお得意技であった。

では、同じようなこととはなんだろう？　それはお神輿だ。集団で自分よりも大きくて重いものを運ぶ最たる例であろう。感覚的に、これら二つのことが同じような行為であることは理解していただけるだろうが、今回は物理学エッセイである。果たして、ここに見られる物理学

的要素とは一体何だろうか。

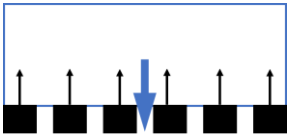
それは、構造力学における「等分布荷重」である。荷重とは、「構造物に作用する力。鉛直方向に作用する鉛直荷重（構造物に乗る家具や人、構造物の自重など）と水平方向に作用する水平荷重（地震や台風によってかかる力など）がある」（大田 2011，278）であり、等分布荷重とは、「ある範囲に作用する分布荷重のうち、すべての点において均等な大きさで作用する荷重」（大田 2011，281）である。まあ、要は同じくらいの負荷がかかっているよ、くらいに捉えていただきたい。以下、アリとお神輿の二つのパターンについて以下のような仮定を立てて計算し、具体的にどれくらいの重さがそれぞれにかかっているか数値的に捉えていこうと思う。

ただし、アブの重さはデータが無かったため似ているとされているハチ、ミツバチの重さを使用する。アブのサイズ、神輿の重さやサイズに関しては正確な情報が得られにくいため、参考にできるデータを駆使して何とか近似した値となっている。特に、お神輿の重さについては、お神輿の重さを量ることがご法度であるという背景もあって、極々限られた情報の中で得られ

た情報を基に算出している。

ケース①　クロヤマアリは体長5㎜、重さ0．003gとし、コムライシアブを15㎜×4㎜×4㎜の直方体で、重さ0．08gと仮定。

ケース②　小学生の身長を140㎝、35㎏とし、おみこしを180㎝×75㎝×120㎝の直方体で、重さ135㎏と仮定。



ケース①も②も模式的に表すと上図のようになる。アブの重さ0．08gが6匹のアリに等分散されると仮定すると、一匹あたりにかかるアブの重さは約0．0133g。これを一匹のアリが支えているため、アリ1gに対して支えている重さは約4．43g。これを1㎏あたりに変換すると、アリ1㎏で4．43㎏を支えていることになる。

ケース②も図の通り、お神輿の重さ約135㎏が6人の人間に等分散されると仮定すると、一人あたりにかかるお神輿の重さは約22．5㎏。これを一

人が支えているため、人間1kgに対して約0．643kg支えていることになる。

ん？　4.43÷0.643≒6.89だからアリの方が人間よりも約6．89倍力が強いのか。…強すぎないか？　仮に今回のモデルのアリが自分と同じ体重58kgだった場合、約257kgのものを支えられることになるぞ？　当時中学生だった頃の自分に言ってやりたい、「大馬鹿者が、非力はお前だぞ」と

この計算方法が正しいのか、比較の妥当性について吟味する必要がある。また、今回の計算においては、本来2×3の行列（∴∴）のような形で運んでいるものを計算しやすくするために、1×6行列（・・・・・・）の形にして物理基礎でお馴染みの形にして関係する力の関係を表した。本来なら、物体を半分に分割するか、三等分してこの図を用いるべきであろうが、計算結果は変わらないため、妥当であると言えるだろう（言えてくれ）。

以上、人間とアリにおいて類似する行動について数値比較を行った。結果としては、いかに当時の自分が物事を表面的にしか捉えずに、捉えた事象について疑うことなく、改竄といっても差し支えないほどの理解でしか世界を見ていなかったということが分かった。5年前の自分

は愚かであり、物事の表面的理解しかできていなかった。5年後の自分へ。物事の真理を捉えることができていますか。

引用・参考

生き物情報ナビ：2016「日本にいるアリにはどんな種類がいる？大きさや特徴は？」『生き物情報ナビ』https://living-creature.com/ant-species/（2023年1月16日閲覧）

川邊透：「アブ図鑑」ムシヒキアブ科他」『昆虫エクスプローラ』https://www.insects.jp/konbunsoumushiki.htm（2023年1月16日閲覧）

京都神具製作所：「子ども神輿」『京都神具製作所へようこそ』https://kyoto-singu.jp/mikoshi/（2023年1月16日閲覧）

Ｏｆｅｅ：2015「アリと人類の総体重はほぼ同じ！？」『心理学と雑学のまとめ』ofee.tank.jp/ant2/（2023年1月19日閲覧）

大田和彦：2011『史上最強図解　これならわかる！構造力学』ナツメ社，23，63，278，281

文部科学省：2022「学校保健統計調査　令和3年度　全国表 年齢別　都市階級別　設置者別　身長・体重の平均値及び標準偏差」https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032258885&fileKind=0　（2023年1月16日閲覧）

日本養蜂協会：「ミツバチの生体」『ミツバチについて』https://www.beekeeping.or.jp/honeybee/biology　（2023年1月16日閲覧）

seihisa：2012「神輿の重さ」『下町深川ユナイトブログ』https://shitamachi-fukagawa.weblogs.jp/blog/2012/06/神輿の重さ.html（2023年1月16日閲覧）

うずまき

濱口 晴奈

うずまき。だれもが知っている、あのぐるぐるである。

うずまきと聞いて、何を思い浮かべるだろうか。台風、竜巻、シナモンロール、コロネ、ひまわり、まつぼっくり。やどかり、うずしお、ソフトクリーム、アンモナイト、カタツムリ……。食べ物、自然現象、植物、動物……ぐるぐるのものは私たちの周りにたくさんある。

例えば、お風呂の栓を抜いたとき、そこには渦が生まれる。また、水に手をすっと入れると、やはりそこには渦ができる。幼いころにお風呂で渦を起こして遊んでいた人は、私以外にもいるのではないだろうか。幼いながらも、いや幼いからだろうか、私はそうやって渦を起こして遊ぶのが好きだった。

と、これまで渦の例を挙げてきたが、これらの渦はどうやって生まれるのだろうか？その向きはどうやって決まるのだろうか？

まず、一番私が気になっていた渦、お風呂の渦について考えていこう。これまた昔の話だが、お風呂で遊んでいたときに、「オーストラリアでは渦の向きが逆なんだよ」と親に言われたような気がする。10年以上前のかすかな記憶を頼りに「渦巻き　向き　半球」でネット検索をしてみた。お、出てきた。どうやら「コリオリ力」というそれらしきものがある。

ここでコリオリ力について考えてみよう。地球は自転している。大気や海洋などの地球規模の動きはまっすぐに流れるのではなく、この自転によって、北半球では右回りに南半球では左回りに曲げられてしまう。これは自転によって生じるものであるが、見かけ上は別の力が働いたようにも見える。この見かけ上の自転による力が「コリオリ力」と名づけられたというのである。コリオリ力は赤道上では0であるが、高緯度になるにつれて大きくなる。この力によって北半球では高気圧は時計回り、低気圧は反時計回りとなるのである。

ん、おいていかれた。私はどうもこういうのに弱い。ぐるぐるまわる渦の向きを考えるうちに私の目が回ってしまいそうである。しまいには私は頭を抱えてしまった。コリオリ力で北半球では右に曲がってしまうところまでは理解できたのだが、どうもこの低気圧の反時計回りが

わからない。うーん、そもそもいままで地球惑星科学に関する話を聞き流して生きてきたから、低気圧、高気圧がそれぞれどのあたりでどう生じるのかについてもほとんど知識がない。もう少し考えてみる必要がありそうだ。要再検討。

数日後…もう一度ぐるぐるまわる地球とぐるぐる回る低気圧に対して戦闘を挑んだ（もっとも地球や低気圧に勝てるわけもないのだがそれくらいの意欲で立ち向かった）。低気圧には空気が寄ってくる。四方八方から押し寄せてくる空気もコリオリ力によって右に曲げられる。そこで、曲げられた同士がぶつかって反時計まわりの渦ができるのである。なるほどそういうことか。一気に結果に持っていくとこんがらがってしまったが、段階を追って考えていけば理解できる。急がば回れといったところだろうか。うれしい。

それではお風呂の渦の話に戻ろう。これで親の言ったことがわかるのではないか、と私の心はどこか弾んでいた。しかし、なんと驚いたことか、お風呂の渦はコリオリ力の影響を受けないという。お風呂の大きさにしてみたら、自転のスケールの影響力なんてたいしたことではないのだ。たしかに言われてみれば、お風呂では右回りの渦も左回りの渦も作ることができたで

はないか。私は親の戯言にいままで真剣に付き合っていたのである。なんだ、コリオリ力の話を保育園児にしたくせに、違うじゃないか。我が親よ。大阪の血の影響だろうか舌がよく回るのはいいことだが、うそを教えてもらっちゃ困る。

ところで、冒頭で挙げたひまわりとまつぼっくりの渦だが、ここにはフィボナッチ数が絡んでくるという。みなさまご存じだろうか。ひまわりやまつぼっくりは、上から見ると渦を巻いているように見える。右巻きも、左巻きも見出すことができる。ここで重要なのが右巻きを数えた数と、左巻きを数えた数が、フィボナッチ数列における連続する数であるということだ。そんな美しいことがあるだろうか。フィボナッチ数列とは1、1、2、3、5、8、13、21、34、55…というように、漸化式

$$F_1 = F_2 = 1, F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \ (n \geq 3)$$

であらわされる数列である。例えば右回りと左回りの数の組み合わせは21と34だったり、

34 と 55 だったりするのだ。さらに、このフィボナッチ数はオウムガイの巻き方や植物の葉の付き方にも見出すことができる。なんとここでは数学が生きているのだ。本筋の物理から逸れてきてしまったが、渦の見方として、数学的な視点も存在することがおわかりいただけただろうか。生物は生存戦略としてこのフィボナッチ数を「利用」することで、効率よく生き残れているという話もある。

さて、こんな風に世の中にはまっすぐに流れられなくて渦を巻いてしまうものや、生存戦略として渦巻いているものが存在するのだ。いろんなうずまきについてここまで見てきたが、あなたが一番好きなうずまきはなんだろうか。どうしてうずを巻いているのか、考えてみると面白いかもしれない。私は保育園児だったころからシナモンロールが好きだが、このようなぐるぐるしている食べ物の発祥を考えるのも楽しめそうだ。

しかし私が一番好きなのはやはりお風呂の渦である。私はこれからも湯船で渦を起こして遊ぶだろうし、将来子供と渦を起こして遊ぶかもしれない。親は確かに私に真実を伝えていなか

った。でも、あのときの親の言葉がなかったら、コリオリ力について知ることもなかったし、こうやって渦について考えることもなかっただろう。真実はいつか伝えればいい。だからそのときには、幼い我が子にきっといってあげよう。「オーストラリアでは渦の向きが逆なんだよ」と。

参考

円城寺守：2017『世界でいちばん素敵な地球の教室』三才ブックス

エンツェンスベルガー．H．M：1998『数の悪魔』晶文社

筆保弘徳：2018『台風についてわかっていることいないこと』ベレ出版

井田喜明：2014『地球の教科書』岩波書店

白鳥敬：2010『乱流と渦』技術評論社

物理学エッセイ

2023年3月29日

著者　文系のための物理学2022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.cambria.ac/

ssn 文庫