

8 身近な現象にみる観察と仮説と検証-2-

ケヤキの動画
木漏れ日の写真・動画
過剰虹の写真
日蝕の時の木漏れ日
金網の影
ピンホールカメラの動画

今回は、皆さんの宿題を主に題材として、話を進めたいと思います。みなさんに提出してもらったものを早速見てみましょう。そして、もしも改善点がればどのような改善をすべきかを考えてみましょう。

8.1 学生のみなさんによる物理学的な方法 ABC の適用例

— 中略 —

皆さんの宿題をここまで拝見してみました。とてもよくできているものが多かったのです。しかし、一部には勘違いしているようなものも見られました。改めて自分の中で練習してもらいたいと思います。

先週も指摘したように、既に言語を獲得した皆さんは、無意識のうちにこのような ABC のサイクルを頭の中で実行してきたはずです。つまり、基本的に能力はあるわけです。ところが、できることであっても、それを明示できるか、文章に書けるかは、別の話です。今回の課題は、ABC を皆さん自身が意識的にできるようにするための練習です。今後も、是非、日常生活の中で意識してもらいたいと思います。

8.2 その他の適用例

ここでは、私から、私自身が日常生活で気づいた例を話題として提供してみたいと思います。

1. フィギュアスケート

フィギュアスケートについては、「万物は回転する」の回で簡単に扱いました。そして、実際に実験をしてみました。それを ABC 風にまとめてみました。

まず、疑問点は、どうしてフィギュアスケート選手は、つるつる滑る氷の上で回転できるのだろうか。また、回転のスピードを変化させることができるのだろうか、という疑問です。これが A に該当します。そして、フィギュアスケートの選手を観察することで、腕や脚の回転軸から距離が変わることによって変化するのではないかと、仮説をたてます。これが B に該当します。

次に、C です。この講義で、以前、実演して見せたように、回りやすい回転台に乗って、腕の位置を外側から内側にすることで回転の速さが変化することを見ました。このように、回転しながら腕や脚の位置を変化させて調べてみて仮説を確かめることができます。

一度、この仮説が検証されると、日常生活のいろいろなものが同じ理由でクルクル回転していることに気づきます。例えば、焚火をしたときの煙や線香から出る煙、水面の湯気などです。これらの煙や湯気を注意深く眺めていると、やはり、キュッと細くなったところでクルクル回転する様子を観察できます。こうした例を観察することは、別の検証を行ったと考えることができます。また、「同じ原理で様々な現象を説明できる」という意味でも興味深いと思います。

2. 櫟(ケヤキ)の落枝

皆さんは落葉という言葉をしっていると思います。ところが、私はあるとき、ケヤキの場合には葉が落ちるといよりも、枝ごと落ちていくものが多いことに気づきました。これが落ちていくものを拾った例です。

どうして枝ごと落とすのでしょうか。枝は次の年の木の太枝に育つ部分になるかもしれませんが。それを落とすことは、植物として不利ではないでしょうか。不利だとすると、長い進化の過程の途中で滅んでしまってもおかしくありません。どうしてケヤキは生き残ることができたのでしょうか。これが A に当たります。

そこで、このケヤキの落ちた枝をよく観察します。すると、枝の葉っぱの付け根のところに小さな種があることに気づきます。話は違いますが、私が前に住んでいたところに大きなケヤキがあり、秋になると、木の下に鳩が集まって何か食べているのに気づきました。そこで、ケヤキの種に違いないと仮説をたててそれを確かめるためにケヤキの木の下に行ってみました。すると、ケヤキの枝についている種や、それから外れた種を見つけることができました。これも「ABC」の例と言えらると思います。

さて、ここで、どうして枝ごと種を落とすのか考えてみましょう。これが新たな A です。仮説として、種だけ落とす場合と比べて、種を遠くへ運ぶことができると遺伝的に有利であると仮説を立ててみます。これが B です。

では、それはどのように確かめればいいのでしょうか。もちろん、実際に落としてみればわかります。落としたときに、滞空時間が長ければ、風で流される時間を稼ぐことができ、その間に風に流されて遠くまで飛ぶことができます。そこで、落として滞空時間を計ってみればわかるでしょう。これが C です。

時間を計ってはいないのですが、落下させた様子をビデオで撮影したものがあるので見てみましょう。回転することで滞空時間が長くなっている様子が見て取れます。

実は、このように種を遠くに飛ばす樹木の例は他にもあります。ユリノキやイロハモミジなどはその例です。

3. 紙のちぎれ方

この年になって、なぜか最近、鼻血の出る頻度が高くなっています。鼻血を止めるには、基本的には脱脂綿(わた)を使った方がいいです(どのようにしたら鼻血が止まりやすいか、鼻血が止まり易い場合と止まりにくい場合の止血の違いは何か、にも ABC があります。しかし、ここでは割愛します。)。しかし、必ずしもいつも綿が準備できるとは限りません。そのような場合には、よく、ティッシュペーパーを用います。ところが、このティッシュペーパーをちぎると、方向性に気づくと思います。ある特定の方向にはちぎれ易いが、別の方向にはちぎれにくい。なぜ、特定の方向にちぎれ易いのでしょうか。これが A です。

そこで、紙をよく観察してみます。すると、紙が細かい繊維から形成されていることがわかります。そして、繊維に沿った方向ではちぎれ易いが、繊維に直行する方向ではちぎれ難い、という仮定をたてます。これが B です。

そしてそれを確かめるにはどうしたらいいでしょうか。いくつかのティッシュペーパーをちぎって、そのちぎれ易い向きと繊維の向きの対応を比べてみます。これが C です。

こうしたことに気づくと、やはり、他にも同様の例があることに気づきます。例えば、食パンにも割け易い方向とそうでない方向があります。食パンには繊維がないのにどうしてそうなるのでしょうか。それは、食パンの中で気泡が関係していると考えられます。食パンを焼くときに、型の中でパンが大きくなると、型に沿った方向にパンが伸びます。その際、パンの中の気泡も型に沿った方向に伸びると考えられます。気泡の形が細長くなっているために、その方向にはちぎれやすいのでしょう。竹にも割れ易い方向と割れ難い方向があります。また、割り箸は、必ず割れ易いように木目に沿って作られています。

4. 虹のでき方

どうして虹はできるのでしょうか。これが A としてみましよう。

実は、多くの皆さんはその答えを知っているかもしれません。それは、大気中に水滴 (水の粒) があるとき、太陽光線が水滴に当たって、屈折と反射を行うことで虹が見えるのです。でも、このようにわかっていることでも、本当に自分で確かめた訳ではありません。そこで、これを B としましよ。

さて、このように知っていることでも、どのように確かめたらいいか、改めて考えると、必ずしも簡単とは言えません。皆さんだったらどのような検証方法 C を考えるでしょうか。

一つの方法は、雨粒の代わりに、ガラスのビーズを用いる方法です。ガラスのビーズを、100円ショップで買った黒板に敷き詰め、これをもって外に出ます。そして、外で太陽を背にしてこの黒板の位置をずらしてみます。これで虹が再現できれば、空気中を漂う水滴による光の反射・屈折であることが確かめられるように思います。実際にやってみると、角度がちょうどよくなると虹が見えますことを確かめられます。

これで、めでたく、空気中に水滴があれば、同じ原理によって虹ができることと考えることができそうです。ところが、いくつかの問題があります。例えば同じことをビー玉でやると、なかなか上手くきません。また、屈折と反射だけなら、虹が特定の方向だけに見えることも説明できていません。他の角度にも、水滴を通して2回の屈折と1回の反射で光が返ってくることがあります。その上、虹をよく観察すると、虹の内側は明るく外側が暗く見えます。さらに、虹をよく観察すると、虹の内側に、再び虹の七色が見えることもあります。画像が悪いので見づらくかもしれませんが、この写真でわかるでしょうか。

このようにして、確かめたつもりでも、それが実際には十分に説明したことになるにいたりすることはよくあります。それは新たな疑問の提示であると言えます。こうして疑問は増え続け、次々に問題を解決していくことでより深く理解していくことができるようになります。

例えば、私たちが理解していると思っている地球温暖化論では、人間が排出した二酸化炭素の温室効果によって地球は温暖化するとされています。確かに、現在の値よりも二酸化炭素が増加すると温室効果によって地球の平均気温は高まります。ところが、二酸化炭素の温室効果だけでは、将来のシミュレーションで予想されるほど、気温は上がりません。実際には

簡単には見積もることができない水蒸気の役割がとても重要になってきます。一見、説明できたとと思われるように思っても、それを十分に吟味することはいつも求められています。

5. 木漏れ日

ここでは少し木漏れ日について観察してみましょう。私が以前勤めていた東京学芸大学には、学内にケヤキの並木がありました。知っている人はわかると思いますが、ケヤキが育つととても高い木になります。その下を歩いているときに、ふと、木漏れ日が丸いことに気づきました。その様子をいくつか撮影してあるので、ちょっと見てみましょう。

写真や動画を見てみると、必ずしもはっきりわかるとは限りませんが、木漏れ日の形が丸いことがわかると思います。特に動画は印象的です。風が吹いて木漏れ日の様子が変わるとき、一つ一つの木漏れ日の大きさが変わっているというよりは、木漏れ日の大きさや丸い形はそのまま明るさが変化しているように見えます。それでは、どうして木漏れ日は丸いのでしょうか。これが A です。

みなさんは、B として、どのような仮説を立てるでしょうか。例えば、木の葉のすき間が丸いのである、という仮説をたてるかもしれません。もちろん可能性があるのですが、検討する必要があります。この仮説に対して、どのような検証方法 C がありうるでしょうか。検証方法にもいくつかあると思います。その一つは、地上から木の葉のすき間を観察して、木の葉のすき間が丸いかどうかを観察してみるという方法があります。ところが、残念ながら、木の葉のすき間は全く丸くありません。これは観察するまでもありません。地上の木漏れ日の形がごとごと丸いのに対して、木の葉のすき間のほとんど丸いということはありません。当然、観察してみればもっと簡単にわかります。

そこで、別の仮説を立ててみる必要があります。みなさんはどのような仮説を立てるでしょうか。

私は、木漏れ日が丸いのは、太陽の形が丸いからである、あるいは、太陽の形が丸いので、それを反映して木漏れ日も丸い、という仮説を立てました。

この仮説に対して、どのような検証 C がありうるでしょうか。いろいろな方法が考えられます。その一つは、太陽の形が丸くないときに観察してみるという方法です。具体的には、日食の時です。残念ながら、私自身でそのような写真をとったことはありません。しかし、Web を検索するとこの様な写真を見つけることができました。日蝕が起こっている時の木漏れ日の写真です。この写真からわかるように、日蝕の時には木漏れ日の形が丸くないこと、また、木漏れ日の形は太陽の形に対応していることがわかります。

ところが、日食はそれほど頻繁にある現象ではありません。他に検証する方法はないでしょうか。これを検討するためには、まず、なぜ、太陽の形を反映して丸い形になるのかを検討する必要があります。それは、ピンホールカメラというカメラの原理です。光には、(ほぼ)直進するという性質があります。そこで、太陽から出た光は、狭い木の葉のすき間を通ると次の図に示したように進むと考えられます。こうしたことをとめて仮説 B とします。

この仮説が正しいとすると、次のような結論が予想されます。つまり、木の高さに応じて丸い木漏れ日の大きさがかわる、ということです。そこで、高い木の下では木漏れ日は大きく、低い木の下では木漏れ日は小さいはずで、そこで、仮説の正しさを検証する方法として、木漏れ日の大きさと木の高さを調べればよいということになります。より正確な実験として行うためには、紙に穴を開けて、その穴を通してできる丸く明るい部分が、紙と移した面と

の距離に応じてどのように変化するかを調べればよいということになります。個人的に調べたところ、木漏れ日の大きさは、確かに木の高さで決まっているようです。概ね、木の高さの 1/100 程度の直径の木漏れ日ができます。

この割合は、実は、地球上ではどこでも同じであると予想されます。ピンホールカメラの原理と同じ理由で木漏れ日ができているのであれば、三角形の相似の関係から

$$(\text{太陽と地球との距離}) : (\text{太陽の直径}) = (\text{葉のすき間から投影面までの距離}) : (\text{明るい部分の直径})$$

となるはずですが、ところが、

$$(\text{太陽と地球との距離}) : (\text{太陽の直径}) \simeq 100 : 1$$

であるので、

$$(\text{葉のすき間から投影面までの距離}) : (\text{明るい部分の直径}) \simeq 100 : 1$$

であるはずですが、

もしも人類が金星や火星、木星などに到達して、この実験を行うことができれば、それを確かめることもできるでしょう。

6. 金網の影

学内の建物をつなぐ渡り廊下を歩いていて、面白い現象を発見しました。それは金網の影です。

渡り廊下の両側には金網があります。その金網に太陽の光が当たって影ができるとき、金網の近くにできる金網の下部の影は比較的くっきりしています。ところが、金網から離れたところにできる金網の上部の影ははっきりしません。これはなぜでしょうか。

7. 雪の日の音

私はずっと関東地方に住んでいるので雪国の人々の冬の生活の大変さは想像するだけです。むしろ、私が子供のころは雪が降り積もることは楽しみでした。そこで、家の中にも、雪が降り積もったかどうかにかかわらずに神経を尖らせていました。今でも、雪の日の朝は音が静かであったことを覚えています。

それでは、どうして雪の日は音が静かになるのでしょうか。

8. バスの団子

この大学で教えるようになったころ、私は通勤にバスを利用していました。バスを利用すると精神衛生上良くないのは、バスの運行時間が電車よりも守られていないことです。そこで、バスの運行状況には敏感になります。

すると、バスが「団子」状態で運行されることに気づきます。つまり、バス停で待つ立場の人から見ると、バスが来ないときはなかなか来ないのに対して、1台バスが来ると、何台も続けてくるという現象です。

似たような現象はエレベーターでも発生します。3台のエレベーターが並んでいても、エレベーターがバラバラにやってくるのではなく、すべてのエレベーターが同じ階か、その近辺にあつまっているということを経験します。

これはどうしてでしょうか。

これらは身近な現象です。みなさんも、そうした現象を自分でみつけてみたり、ABCの方法を駆使してその疑問を解き明かしてみてもはどうでしょうか。