

## 第3章 身近な現象にみる観察と仮説と検証

### 3.1 物理学の方法

落体を例に、ガリレオ・ガリレイの考え方を紹介しました。ガリレオは、疑問に対して、仮説を立てて、その仮説を実験で確かめることを行いました。以前の講義でも強調したように、物理学の特徴は、その研究方法にあります。物理学、あるいは、科学の方法の開発にガリレオは多大な貢献をしたといえます。ちなみに、自分で開発したこの方法について、ガリレオ自身は、「どうして自分よりも前に同じような考えが広まらなかったのだろうか」と自画自賛しているようです。

ここで、朝永振一郎氏の言葉を思い出してみましょう。実は、ガリレオの考えた方法とかなり共通していることがわかります。

不思議だと思ふこと  
 これが科学の芽です。  
 よく観察してたしかめ  
 そして考えること  
 これが科学の茎です。  
 そして最後になぞが解ける  
 これが科学の花です。

ここで述べていることは、次のようなことです。まず、現象をよく観察し、疑問を発見します。どうしてそのようになるのか、理由を問うことができるような疑問です。そして、次に、その理由について何らかの仮説を立てることです。こういう理由でこのような現象が起こるのではないかと予想することです。そして最後に、仮説が成り立つかどうかを、確かめます。ガリレオの考えた方法とそっくりです。

ガリレオや朝永の考え方を、この講義では、次のようにまとめたいと思います。そして、こうしたプロセス(手続き)に A, B, C の名前をつけます。すなわち、ABC は次のような手続きです。

A(観察と疑問) よく観察すること。不思議な点を明確にすること。そして、疑問を見つけること。理由を問うことができるような疑問です。

B(仮説) 疑問を解くために「仮説」をたてること。すなわち、現象を説明できるような理由や、現象の背後にひそむ法則性を考えることです。

C(検証) 仮説が正しいかどうか、検証すること。すなわち、こういうことを調べれば、仮説が正しいかどうか調べられることを考え、実行することです。このとき、仮説がなりたっているのなら、こんなことも起こるはずだ、というようなことを考えるといいでしょう。

急にこのように言われても、ピンとこないかもしれませんが、いくつかの例をあげてみたいと思います。例えばこうです。

#### 1. 期末試験の成績

A 私が担当する授業で学生はやる気があるのに期末試験の成績が悪いのか

B 学生はやる気があるけれど、勉強する方法を知らないので、勉強しないから成績が悪いのだ。

C 授業の最初に勉強方法について紹介する。それで成績が向上すれば、仮説 A が指示される。  
ちなみに、これを最初に行った年度は、前の年度よりも試験の点数が顕著に高くなりました。

#### 2. 早起き-1-

- A どうして、朝、早起きできないのか
- B 前の晩の寝る時間が遅いからである。
- C 早く寝てみる。早起きできたら、仮説は支持される。

こうした日常的なテーマにも、ABC を当てはめることができます。また、B や、C は一通りではありません。

#### 3. 早起き-2-

- A どうして、朝、早起きできないのか
- B 目覚ましの音に慣れているからである。
- C 目覚ましのアラーム音を変えてみる。早起きできたら、仮説は支持される。

早起きの例は、別の B や C を考えることができます。私のゼミ生はこんなことを考えました。

#### 4. 早起き-3-

- A どうして、朝、早起きできないのか
- B (目覚めを促すといわれる) 運動を朝起きたときに積極的に行わないからである。
- C 特定のポーズをとらないと止まらない目覚まし時計を作成し、体を強制的に動かすようにしてみる。早起きできたら、仮説は支持される。

もちろん、科学的な題材も扱えます。

#### 5. 紙のちぎれ方

- A どうして紙は特定の方向にちぎれやすいのか
- B 繊維の方向がそろっているからである。
- C 顕微鏡で紙を観察し、そもそも繊維の向きが揃っているか、確かめる。繊維の向きが揃っていたら、その向きに沿ってちぎってみる。また、繊維の向きと直交する方向にちぎってみる。

ここでは、紙について考えました。人によっては、食パンのちぎれ方が違うのを知っていると思います。なぜ、食パンのちぎれ方は向きによって違うのでしょうか。クロワッサンではどうでしょうか。

なお、実際に C を実行できるかどうかは、時間と資金と設備が必要です。しかし、ここでは、とりあえずそれらは度外視して、確かめる方法を書いていきます。

ペットを飼っている人は、ペットをよく観察し、不思議を発見することも多いのではないのでしょうか。

#### 6. 亀の甲羅 -1-

- A 亀の甲羅は硬いのに、どうして亀は大きくなれるのか？

B 甲羅の枚数が増えるからである。

C 亀が小さいときの写真を使って、現在の亀と甲羅の枚数を比べる。増えていた、仮説は支持される。

#### 7. 亀の甲羅 -2-

A 亀の甲羅は硬いのに、どうして亀は大きくなるのか？

B 甲羅の区切られた領域ひとつひとつが大きくなるからである。ちなみに、領域の中の線が成長による線である。

C 線に沿って切ってみて、昔の写真と比べてみる。同じ形になったら、仮説は支持される。

このような考え方について、どのような印象を持ったでしょうか。このテーマは何年も扱っているので、学生の皆さんから様々な反応が寄せられます。例えば、大変合理的な考え方である、という感想です。その通りだと思います。また、当たり前のことである、という感想もあります。とても身近な考え方だと思ってもらえると思います。こうした考え方は、身近であるものの、意識的に実行することで、よりしっかりと実行することができます。この授業では、こうした練習をしていきましょう。

しかし、いざ、練習しようとする、難しさもあると感じるかもしれません。そのためには、授業で紹介する先輩の実践例や、あるいは、亀の甲羅について扱った NHK のテレビ番組「考えるクラス」を見てみるとよいでしょう。(亀の甲羅は、第 11 回で放送されたものです。) なお、この番組は、個人的にとっても大好きです。なぜなら、答えを言わずに番組が終わるからです。私たちは、つい、「答えだけ知っていればいい」と思いがちです。しかし、実際には、問題は無限にあるので、答えを覚えつつけるには限度があります。その上、私たちが直面する問題は、他の誰も経験したことが無い問題もあります。そこで、答えを覚えるのではなく、答えを自分で解決する能力はとても大事になるのです。

## 3.2 落体の再考

ここで、落体について、ABC の観点からもう一度考えてみましょう。

アリストテレスは、ギリシャ哲学の巨人です。そこで、考えること、述べることについて、当然鍛えていたはずですが、しかし、現代から見ると、必ずしも正しい結論とは言えないようです。どこに問題があったのでしょうか。ABC に沿って、アリストテレスの議論を、私なりに組み立て直すと、次のように考えていいのではないかと思います。

#### ● 落体について -アリストテレス-

A 鉄球は、木の球よりも速く落ちるのはなぜか

B 重いものには土が多く含まれ、土は土のある場所に戻ろうとするからである。

C

さて、C には何と書けばいいでしょうか。例えば、

C 土がまったく含まれない空気は落ちない。

C 落ちて土がある場所まで落ちると止まる。

C 鉄は木よりも土の成分が多いので、速く落ちる。

C ...

といったことが考えられます。しかし、どれも、何だか変な感じがします。Cとして適切ではないように思います。そもそも、Bに基づいてCを「Bを応用すると、こんなことも言えるはずだ」というものに設定すべきです。ところが、ここで述べていることはどうでしょう。どれも、あらかじめ知っているような事項をCとして並べています。

もう一度、ガリレオの考え方をなぞってみましょう。

● 落体について -ガリレオ-

A 鉄球は、木の球よりも速く落ちるのはなぜか

B 重いものほど落下速度が速くなるからである。

C 二つの木の球をひもで結んで落としてみる。速く落ちれば、仮説が支持される。

アリストテレスとの違いは、まず、本当に重いものほど速く落ちるのか、と疑ったことです。そして次に、検証Cができるような形で仮説Bを立てたことです。

別の例も確認しておきましょう。

A 物体によって落ちる速度が違うのはなぜか

B 空気の抵抗が影響しているためである

C 空気抵抗がない真空中で落下させてみる。

落体の法則では、物体の落下は空気の抵抗などが無ければ、質量に関わらず同じように落下することを学習しました。ところが実際には落下の様子は異なります。それは何故でしょうか。空気の抵抗が影響しているからであると言われていきますし、そのように考えることができます。では、空気の抵抗で落下速度がことなるという仮説をどのように検証したらいいでしょうか。そのためには、真空中で落下させて比較すればいいです。

前回もお話したように、ガリレオの時代には真空があるのかどうかすら、わかっていませんでした。そこで、

C 斜面を使ってゆっくり「落下」させて空気抵抗を減らして実験してみる。同時に落ちるなら、仮説が支持される。

両者の考え方を比べると、アリストテレスの方は、十分な検証ができていないために、ぼんやりとした考え方のように思えます。一方で、ガリレオの方が明晰な考え方である印象を受けます。こうしたことは、昔の人が馬鹿だった、ということの意味するものではありません。むしろ、どんなに優秀な人でも、意識をしなければいくらでも自分の説の虜(とりこ)になってしまっ、そこから抜け出せなくなることを示していると考えべきです。ABCを積極的に意識することで、正しい論理を考え易くなると言えそうです。いわば、ABCの考え方は、ガリレオからのプレゼントと言えます。

### 3.3 ギリシャ哲学の時代の発見

少し話はそれます。アリストテレスの落体の考え方は、ABCの考え方にうまく乗らなかったとお話しました。しかし、後から考えるとABCで説明できるような発見例はいくつもあります。

例えば、地球が丸い、ということについて、ギリシャ哲学の時代の人々は既に知っていたと言われています。もちろん、皆さんも地球が丸いことを知っているでしょう。でも、もし、皆さんが人工衛星などが無い古代にタイムスリップして、当時の人々に「地球は丸いのだ」と説明するとしたら、どうすればいいでしょうか。

古代ギリシャの人々は、出航した船が遠ざかると、船の下から見えなくなることを知っていたと言われています。それを、次のように A と B としてみます。

- 地球は丸い!? -1-

A 出航する船は、なぜ、下の方から見えなくなるのか。

B 地球が丸いので、下の方から地球に隠れて見えなくなるからである。

C

あるいは、こんなことから、地球は丸いのではないかと考えたようです。

- 地球は丸い!? -1-

A 月食のとき、月の欠け具合は弧状になっているのはなぜか

B 太陽からの地球の影を作り、それが月面に映っていると考えると、月の欠け方は弧状なのは地球が丸いからである。

C

皆さんはどのような C を考えるでしょうか。これに対して、エラトステネスは次のように考えました。

C 同じ日の太陽の南中時に、まっすぐ掘られた井戸を観察する。地球が丸いのであれば、日のさしこむ深さが違うはずである。

### 3.4 ビジネスの世界の科学の ABC

ビジネスの世界にも同様の例があります。皆さんは、「マーケティング」という言葉を聞いたことがあると思います。いわゆるマーケティングには、様々な意味や手法があります。

例えば、売上が伸びるためには人気商品売り出せばいいのは当たり前です。ところが、何が客のニーズであるのか、わかりにくいこともあります。例えば、和菓子屋で「つぶあん」と「こしあん」のどちらが客の好みかアンケートをとります。そして、アンケートに基づいて、好みの方を売り出せばいいわけです。

そうした結果に基づいて、次のように考えてみます。

A 商品による販売数のばらつきが多いのはなぜか。

B 「つぶあん」より「こしあん」の方が客の好みなので、「こしあん」が売れるのである。

C 色々な「あん」を使った製品に「こしあん」を導入してみる。

ところが、売上があまり伸びないこともよくあります。

A 売上が伸びないのはなぜか。

B 「つぶあん」・「こしあん」には製品との相性があるからである。

C 饅頭と最中について、「つぶあん」「こしあん」別に好みを調べてみる。

その結果、実際には「つぶあん」の方が売れ筋であったということが分かったりすることもあります。このような ABC はマーケティングに則った手法であると考えられます。

「マーケティング」は ABC の連続であるとも言えると思います。1回で成功すればそれはそれでいいのですが、実際にはうまくいくとは限りません。そこで、もう一度、売上げを分析し、より正しいと思われるような仮説をたて、それを実行します。この繰り返しが重要です。

他にもビジネスに関連した例を挙げることができます。例えば、「失敗は誰でもする。でも、同じ失敗を繰り返しているようでは社会人として失格である」といった話をよく聞きます。これも ABC に則して考えることができます。失敗した状況をよく調べ (A)、その原因と思われるものを見つけ出し (B)、それを修正して実行してみる (C)、というものです。それでもやっぱり失敗してしまうかもしれません。しかし、それは、「同じ失敗」ではないはずです。そして、このように原因を自分で見つけて自分で修正していくことが求められている訳です。

もっと有名な例は PDCA サイクルです。キャリア開発センターの方が「PDCA サイクルを知らない社会人はいないのではないか」と言われるくらい有名なことですので、これを機に覚えておいてください。PDCA とは次の単語の頭文字です。

Plan 立案

Do 実行

Check 点検・確認

Action 対応策の実行

実行したことをチェックして改善し、新たな立案を行うことができれば、状況が良くなるはずである、という考え方です。ABC に対応していることがわかります。

### 3.5 課題について

さて、このような ABC のプロセスは、ある程度は、みなさん自身、既に行っていることだと思います。しかし、この講義では、このような考え方を、改めて意識的に行うことで、皆さんの頭の訓練を行ってほしいと考えています。対象は、自然科学、社会科学、人間科学、何でも構いません。e-Campus の課題情報の指示に従って課題をやってみてください。