

第3章 身近な現象にみる観察と仮説と検証

3.1 仮説検証の方法

前回お話ししたように、人は、本能的に自然法則を身につけることができます。しかし、そうして身につけた自然法則は、言語化されていないために、自分自身の中で意識的に理解することは難しくなっています。それは、人間が生まれながらの科学者だ、と言っていることとは逆説的ですが、生まれながらに体得した自然法則は、あまりに強固に人間の意識の中に組み込まれるために、先入観や固定観念となってしまう。

固定観念から自由になるためには、人の頭の中に形成された自然法則を言語化し、意識的に法則を確立していく必要があります。その方法を確立したのがガリレオ・ガリレイ (1564-1642) であると言えます。前回、落体を例に、ガリレオ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意識的に行いました。ガリレオは、科学の方法の開発に多大な貢献をしたといえます。

ここで、朝永振一郎 (1906-1979) 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。

ふしぎだと思うこと
 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
 そう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。朝永の言葉は、ガリレオの考えた方法とよく対応しています。

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。

- 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。

この授業では、上で述べたように、それぞれの過程（プロセス）に A, B, C と名前をつけ、一連の手続きを「科学の ABC」と名づけることにします。これは、この授業だけの決まりです。

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。そこで、ここでは、身近な例で科学の ABC の例を示したいと思います。例えばこうです。

1. 期末試験の成績

- A 学生はやる気があるのに、期末試験の成績が悪いのはなぜか。
- B 学生はやる気があるけれど、勉強する方法を知らないからだ。
- 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 (B) が支持される。

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 朝、早起きできないのはなぜか。
- 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、科学の 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 朝、早起きできないのはなぜか。
- 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。私の以前のゼミ生はこんなことを考えました。

4. 早起き-3-

- A 朝、早起きできないのはなぜか。
- B (目覚めを促すといわれる) 朝起きたときに運動を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 紙が特定の方向にちぎれやすいのはなぜか。
- 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、ちぎれた方向に沿って繊維が並んでいるかを調べてみる。...

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。

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。

6. かき氷の容器の形

A かき氷の容器をなみなみの形にしたのはなぜか？

B

C

みなさんは、どんな仮説を立てて、どう確かめようとするでしょうか。

あるいは、ペットとの生活を楽しんでいる人は、ペットをよく観察し、日常の中の不思議を発見するかもしれません。例えば、次のような例があります。

7. 亀の甲羅 (1)

A 亀の甲羅は硬いのに、亀が大きくなれるのはなぜか？

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。増えていたら、仮説は支持される。

8. 亀の甲羅 (2)

A 亀の甲羅は硬いのに、亀が大きくなれるのはなぜか？

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、学生の皆さんは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ます。これまでの学生の皆さんから感想を、いくつか紹介しましょう。例えば、「科学の ABC は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、「科学の ABC とか称しているが、実際には当たり前のことである」という感想もありました。いずれにしても、とても身近な考え方だと思ってもらえているようです。こうした考え方は、なんとなく身についているのかもしれませんが。そうしたぼんやりした習慣は、意識することで、より明確に実行することができます。この授業で目指すのは、こうした練習を意識的にすることです。

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ていた NHK のテレビ番組「考えるカラス」のシリーズ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。ところが、実際には、問題は無限にありますし、他の誰も経験したことが無い問題の場合には、誰も答えを教えてくれません。答えを覚えつづけることよりも、答えを自分で解決する能力はとても大事ではないでしょうか。

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 鉄球が、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 鉄球が、羽根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 二つの羽根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。同時に落下すれば仮説が支持される。

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前回学びました。ところが実際には落下の様子は異なります。それは、空気の抵抗が影響しているから、と仮説を立てることができます。では、空気の抵抗で落下速度が異なるという仮説をどのように検証したらいいのでしょうか。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実現できるかどうかすら、わかっていませんでした。そこで、実際にはガリレオは、

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。

という選択をしたわけです。

両者の考え方を比べると、アリストテレスの方は、何を確かめたのか、はっきりしないように思えます。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)になってしまって、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。私たちは、本能的に実行している ABC を積極的に意識することで、思い込みから自由になり、正しい自然法則を見出すことができるようになるのではないのでしょうか。そうだとしたら、科学の ABC の考え方は、ガリレオから人類全体へのプレゼントであると言えると思います。

3.3 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。マーケティングには、売上を伸ばすための様々な手法が含まれます。

売上を伸ばすためには人気商品を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。この例を科学の ABC の形で考えてみます。

A 商品による販売数のばらつきが多いのはなぜか。

B 「こしあん」の方が客の好みだからである。

C 色々な「あん」を使った製品に「こしあん」を導入してみる。売上が上がれば仮説が支持される。

ところが、売上があまり伸びないこともよくあります。

A 「こしあん」を増やしたのに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。差異があれば仮説が支持される。

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す。

マーケティングは科学の ABC の連続であるとも言えます。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、その上で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。

しかし、科学の ABC と関連して、もっと有名なビジネスの例は PDCA サイクルです。キャリア開発センターの方は「PDCA サイクルを知らない社会人はいないのではないか」と言われていました。それくらい有名だということです。これを機に覚えておきましょう。PDCA とは次の単語の頭文字です。

Plan 立案

Do 実行

Check 点検・確認

Act 改善・改良

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。

3.4 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もらいたいと考えています。対象は、自然科学、社会科学、人間科学、何でも構いません。課題情報の指示に従って課題をやってみてください。