

はじめに

この講義ノートを手に行っている人が、このページを読んでいる時、おそらく、この講義をとるか
どうかを迷いながら読んでいるのではないのでしょうか。ここでは、そのような観点から、この講義
の紹介を書いてみたいと思います。

まず、対象となる学生についてです。この講義では、自然科学以外を専門にしようとして人に受
講してもらいたいと思っています。この講義で学ぶ考え方はいろいろな分野にも応用できます。こ
の講義で得たものを、それぞれの専門で活かしてもらいたいと思っています。

次に、この講義の目標についてです。以下にシラバスに記載したことを挙げます。

1. 仮説検証の方法について説明できる。
2. 仮説検証の考え方をを用いて身近な問題を解決できる。
3. 様々な学問内容や、これまでの学習内容を、仮説検証の考え方と結びつけることができる。
4. 仮説検証の考え方の限界について説明できる。
5. 仮説検証の考え方をを用いて発達した科学技術について述べるができる。
6. 科学技術の発達と関連づけて私たちが学ぶ意義を述べるができる。

仮説検証の考え方を学ぶことを中心にすえた講義です。

しかし、いきなり「仮説検証の考え方」と言われてもわかりにくいかもしれません。そこで、少
し解説を加えたいと思います。

現代科学への第一歩は、1687年にイギリスで出版されたニュートン (Isaac Newton, 1642-1727)
による「プリンキピア (自然哲学の数学的原理)」であると言えます。この時代はどのような時代
だったのでしょうか。ちょうど、その翌年、1688年にイギリスでは名誉革命が起こっています。民
主主義の考え方に重要な役割を果たしたジョン・ロック (John Locke, 1632-1704) は、ニュートン
と同時代を生きています。このように、科学と民主主義は、地理的にも歴史的には似たような起源
を持っています。これは単なる偶然であるかもしれません。しかし、民主主義と科学を比較して考
えることは面白いことだと思います。

これらは、どちらも現代社会に組み込まれています。社会の制度としての民主国家・民主主義は、
私たちの強大な国権から人権を守り、自由に活動するために必要な制度です。また、自然科学 (特
に物理学) については、それなくして現代社会はありえません。様々な技術は、自然科学の研究成
果を利用しています。自動車が走るのも、飛行機が飛ぶのも、パソコンの内部にデータを記憶する
ことも、パソコンで計算することも、自然科学の成果を利用しています。

そして、民主主義的な考え方は、社会のシステムという側面の他に、個人の生き方にも関係して
います。他人の人権を尊重する態度、あるいは、何か人権問題が発生した時に解決する方向性を与
えてくれています。

私は、科学的な考え方も、個人の生き方に関係している側面があると考えています。科学的な考
え方は、私たちの生き方をより良くするために有効であり、必要であるとすら考えています。残念
ながら、科学的な考え方が個人の生き方に関係あると考えている人は少ないです。そこで、この講
義では、皆さんに、そうした視点も与えることができたらいいと思っています。

最後に、1つだけ強調しておきたいことがあります。人間は学ぶことによって変化が起こります。
その変化を元に戻すことはできません。学んだことを知らなかったことにすることはできないので
す。この講義を受けることで、必ず皆さんに変化が起こります。そして、それは元に戻せない変化

です。もちろん、それはいい変化であると考えます。なぜなら、皆さんがより良く生きるために、大切なものであると思うからです。

しかし、同時にそれは責任も発生します。無知な子供には負わせることのできない責任が発生します。皆さん自身が、そのことをじっくり考えて、行動することを期待したいと思っています。講義の4番目の目標はこうした点にかかわるものです。

この講義を積極的に履修する学生が多いことを期待しています。

第1章 科学の方法論

1.1 朝永振一郎の言葉

最初に、日本の物理学者である朝永振一郎（ともなが しんいちろう, 1906-1979）の言葉を引用することから始めましょう。彼は、日本で2番目にノーベル物理学賞を受賞した物理学者として知られています。また、多くの教育的な著作を残していることでも有名です。

朝永博士は、その著書「物理学とは何だろうか¹」の中で、物理学の定義を次のように述べています。

われわれを取り囲む自然界に生起するもろもろの現象の奥に存在する法則を、観察
事実に取りどころをもとめつつ追求すること

もう少しこれをわかりやすく表現すると、「世の中の現象の奥にある法則性を見つけることだ」というのです²。ここで、いくつか注目したい点があります。それは、まず、「法則が存在している」という発想です。世の中が無茶苦茶ではなく、何らかの法則があると考え発想をしていることです。次に、その法則は、観察事実をもとに、追求して明らかにできると考える発想です。これらの発想の上に、物理学あるいは、科学全般が成りたっていることを強調しておきたいと思えます。

また、このような言葉も残しています。

ふしぎだとだと思ふこと
 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
そうして最後になぞがとける
 これが科学の花です

解説するまでもないかもしれませんが、しかし、簡単にまとめると、「ふしぎを見つけよう」「観察したり、観察を通して考えてみよう」「理由を発見しよう」という3段階で考えるのが自然科学（あるいは単に科学）である、と述べています。

私は、中学校理科の教科書の執筆を担当したことがあり、出版社の方のいろいろな工夫が教科書に注ぎ込まれていることを知っています。だから、朝永が述べるような考え方が教科書に盛り込まれていることも、よく知っています。しかし、皆さんはどうでしょうか。理科を勉強して、そのような考え方を身につけてきたでしょうか。残念ながら、私が学生の皆さんと接する限り、そうであるようには思えません。

そこで、この授業では、この考え方を中心に据えて、いろいろな物事を考えていくことをしたいと考えています。

¹上下2冊分冊。岩波新書。図書館にあります

²この文には、前置きがあります。物理学が何かは今後も変わっていくだろう、とも述べています。私はこの部分も大切なメッセージだと考えています。物理学は新しい方法、新しい考え方を受け入れる素地があるものだと私も思うからです

1.2 科学の方法

朝永振一郎の言葉には、よく観察して追求していくことが強調されています。それでは、具体的に、どのように追求していくのでしょうか。それは、科学の方法論として、ある程度確立されています。

1.2.1 分析

その1つの方法は、細かく分けて考えるという方法です。これは「分析」と言われています³。例えば、私自身が何であるかを考えるために、私たちの体が何でできているかを考える、といったような発想です。

実際、私たちの体は何でできているのでしょうか。多くの器官や臓器、血液などで成り立っています。ところが、器官や臓器は、細かな細胞から成り立っています。細胞の中には、ミトコンドリアなどの構造があり、それらはタンパク質などの物質で成り立っています。物質は分子で成り立ち、分子は原子で成り立っています。原子は、1億分の1 cm 程度の大きさの粒です。

ラザフォードは、この原子がどのような構造になっているのかを調べようと思いました。そして、原子に放射線(アルファ線)を当ててみました。すると、その放射線は散らばりました。その散らばり具合から、原子の中には、プラスの電気を帯びた粒子(原子核)があるだろうと、ラザフォードは推察しました。そしてその周りは、マイナスの電荷である粒子(電子)が飛び回っていると考えました。現在では、原子核の大きさは、原子の大きさの1/1万程度、つまり、1兆分の1 cm しかないことがわかっています。

このように、この世の全ての物質は細かな粒子で成り立っていることがわかってきています。より大きな物の性質を知るために、より細かいものに分けてその性質を調べる、という方法が物理学では実践されています。その結果、人類はどんどん細かな構造を見出しています。現在では、原子核なども、より細かなものから構成されていると考えられるようになってきています。

1.2.2 疑問・仮説・実験

もう1つの重要な手法は、次のような一連の手続きです。

1. よく観察し、疑問を発見します。
2. 次に、観察結果から、その疑問点を解決する原因を考えます。あるいは、こんな法則性があるからではないか、と仮に考えます。これを「仮説」を立てる、といいます。
3. その仮設が正しいとすると、こんなことも成り立つはずだ、という別のことを考えてみます。そして、それを「実験」して試します。実験して試すことを「検証」といいます。
4. 検証の結果、仮説から予想される通りの結果になれば、「仮設が支持された」ということになります。

しかし、予想と反する結果が得られることもあります。それを「仮説は棄却された」といいます。仮設が棄却されたらそれでおしまいでしょうか。そうではありません。検証結果もよく観察し、別の新たな仮説を立てる必要があります。そして、その仮説に基づいて実験・検証を行います。

³こうした方法はデカルトによって述べられています。分析については「専攻入門(基礎数理)」の私の担当回でお話しします。

こうした手続きが科学の重要な手法となっています。

このような手続きは、朝永振一郎の「ふしぎだと思うこと...」の言葉に良く対応すると思います。改めて朝永振一郎の言葉を思い返してください。

科学はおもしろいか？

以下は余談です。私は、理科で嫌な思いをした人が、この講義を受講するのを歓迎します。全体の構成や話題の選択は、理科を専門としない学生を想定しています。このように書くと、「面白そうなテーマだけ並べた」と思う人もいるかもしれません。しかし、それは正しくありません。私は、皆さんに物理学が楽しいと思わせたいとは思っていません。楽しいかどうかは、個人的な趣味の問題です。私が興味を感じるテーマを選んでいることは事実なので、楽しんでもらえたらいいと思います。しかし、趣味を強制したくありません。

技術立国日本のための科学？

「自然科学は科学技術立国日本の今後のために大切だから勉強しなければならない」と言う人がいます。私はこれには違和感があります。他の人の都合で、自分の趣味・やりたいこと・やらなければならないと思うこと等を変えなければならなかったとしたら、それは残念なことです。本当に技術者が必要だと思ったら、技術者の待遇をよくすればいいと思います。現状は、技術者の待遇は決してよくありません。昨今、「少子化対策のために女性は子供を産んでください」という表現を使う人もいます。これは、個人の幸せにかかわる出産を、他の人の都合で決める言い方のように聞こえないでしょうか。どちらも、個人の生き方に深くかかわることです。他人が決めるのではなく、自分で主体的に決めるべきことであると、私は思っています。