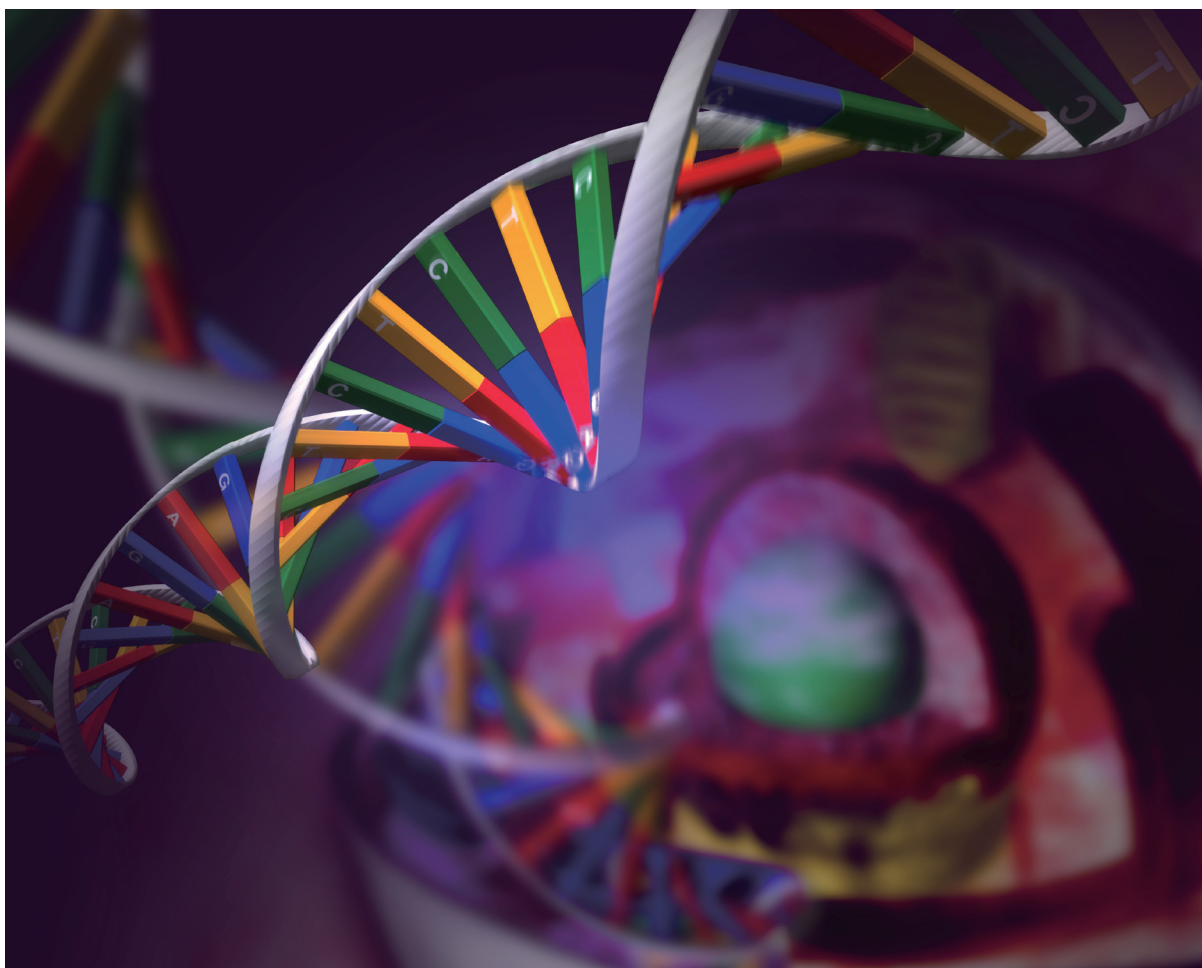


第1章 自然科学とは何か？

自然科学の勉強を始める前に私たちがなぜ科学を勉強していくのかをはっきりさせていきましょう。実はこの動機をはっきり認識できるかは非常に重要なのです。それは、最も重要なのが生涯にわたって自然科学を学び続けることの重要性を知ることだからです。ここでは自然科学は私たち人間とどのような関わりのあることなのかについても理解してみましょう。また、このテキストでは、自然科学を統合的に扱います。この統合的理解の重要性を学びましょう。



自然科学を学ぶ目的は？

そもそも自然科学を学ぶ目的は何でしょうか？一般的には、社会人として必要最低限度の科学的知識と理解という言い方になりますが、このくらいで必要最低限というのは曖昧です。そこでより具体的な目標を持ってみましょう。自然科学を学ぶ目的は次の3つです。

まず1つ目の目的は、私たちの現在あるいは将来の仕事を上昇させるためです。どんな職業の人でも多かれ少なかれ科学や科学技術にかかわった職業についています。たとえば、医者と患者の双方が、MRIやPETスキャンなどの検査法や薬の処方についてある程度の知識を持つのは重要でしょう。また、弁護士や検事は、遺伝子検査やスペクトル解析などの証拠として用いるための検査法について知っておく必要もあるでしょう。また、銀行の担当者や経営者、また会社の管理職では、会社の製品に対しての経営判断が必要です。製品化がどれだけ可能かなどの判断には科学的知識が必要となり、しかもこれが莫大な利益につながる可能性があります。このためには自社製品の理解が必須になってきます。また、日常の多くの製品には、科学の様々な分野の知識が取り入れられていますので、製品の理解には総合的な科学の理解が求められることも多いのです。

2つ目にあげられるのは、私たち自身による、科学に関係する社会問題についての意志決定のためです。皆さんは環境問題や健康管理、あるいは、原子力などの科学技術的な側面を持つ問題に対して、自分なりの判断ができるようになる必要があります。社会的な問題に対しても、しっかりした証拠に基づく判断が求められることが多いものです。そうした判断のためには、自然科学の理解が重要になります。また、私たちがそうした判断力をつけることは、単に自分のためだけでなく、社会全体のために必要なことなのです。

3つめの目的は、人類の叡智を学ぶことです。自然科学を学ぶことを通じて、科学の重要な発見を自分自身の中の発見とし、人間であることの喜びを見つけることです。その当時の考え方をどのように覆していったかを知ることが、今現在の私たちがこれからをどのようにしていったらよいかの手がかりになるかもしれません。また、自然科学では、単に現在知られている知識の羅列を覚えるのではなく、未来の自然科学を意識するのが重要です。このためにも過去の常識がどのように覆されていったのかを知ることが、人類の未来への指針を与えてくれるかもしれません。

また、この本は、皆さんを科学者にするを目的としていません。むしろ、科学者になる以外の人にとって重要な科学的考え方と発想を、自分が発見する楽しみとして身につけてもらうことが目標です。

このような目標が達成できていることをサイエンスリテラシーと言います。この本の目的は、このサイエンスリテラシーのために必要な自然科学を学び、興味のある対象に関して自ら理解し調べる力をつけることです。

自然科学とは？

自然科学の考え方を知るのには、実は重要なことです。これなしには、いったい何でそんなことを勉強するのか解らなくなります。そこでまず、自然科学とはどのようなものかを考えてみましょう。

私たちの日常生活には道徳や法律など人間が決めたさまざまな規則があり、それを守って私たちは暮らしています。たとえば、赤信号では止まらないといけませんし、青信号では進んでよいことになっていますね。しかし、人間の作った決まり事以前に自然界には規則があり、私たちはこれに縛られて暮らしています。たとえば、あなたがいすに座っているにしても立っていても地球に引きつけられて暮らしています。この力を消すことはできません。人間の作ったルールでは、赤信号をこっそり渡ってしまうことはできますが、重力は消すことはできません。また、月は同様に地球に引かれていますし、地球は自転もしています。私たちはこれらの現象を止めることはできません。しかし、これらの動きの規則を知ることができます。また、その規則から今後の動きの予測をすることができます。

さてそれでは自然科学とはなんでしょう？自然科学とは、再現性のある観測や実験に基づき自然界のルールを知る学問です。自然界の物体をどのようにすれば、その運動を変えられるかといったことも予測するのも自然科学です。つまり自然科学は、再現可能な観測や実験に基づいて自然界を知ることです。再現が可能と言うことは、このルールは破ることができないということです。たとえば、地球の重力の大きさを、急に変更して、体重を軽くするなんてことはできませんね。この意味で自然界のルールは絶対的なものです。

ところでルールを知るとはそれほど大切なことでしょうか？たとえば、サッカーなど好きな人がいるでしょうが、もしサッカーのルールを知ってなかったらどうでしょう？サッカーはただけり合っていて、時々なぜかわからないが、審判が笛を吹くゲームとしか思えないでしょう。これではサッカーはおもしろくありませんね。また、将棋のルールを知らないで将棋を見たとしましょう。それでは何をやっているのかわからず、何も面白くありません。それでも将棋を何回も見ていけば見ていけば、駒の動きのルールがわかってきます。さらに、見てゆくとなぜそこに駒を動かさないといけないかがわかってきます。駒の動きのルールを知ると、戦術もわかってきます。囲碁や将棋、また音楽や絵画など芸術の分野でもその傾向が強いといえるでしょう。同様に、自然界のルールを知らなければ、身の回りに起こっている現象はただ存在しているだけであり、何もおもしろさは感じられません。逆に、言えば自然界のルールを知るとは日常生活の見方を変え、私たち自身のすばらしさを感じることにもつながるのです。

人文科学と自然科学の違いは？

物事を知ると言うことは自然科学以外にも様々な知る方法があります。世界の意味を探る学問には、**人文科学**と**自然科学**があります。自然科学は、主として自然現象に関わる現象や発見を扱います。自然科学は再現可能な実験に基づいていることを思い出しましょう。一方、人文科学は、主として人間の間や内面に関わる現象を扱います。人文科学には芸術や宗教を含めても良いでしょう。人間は複雑で、人によって異なる部分があります。そのため、ある人について正しいことでも他の人では正しくないと言ったことが起こります。哲学や経済学、あるいは心理学に様々な解釈論があるのはこのためです。人間は非常にわずかな心理的効果でその決定が百八十度異なることがありますね。この意味で人文科学は、確実には再現可能ではないものです。

人間社会においては、人文科学と自然科学とはどちらも重要な意味を持っています。自然科学は再現可能なものが対象です。しかし実際、再現可能な現象は、再現不可能な現象より重要なのでしょうか？人間社会では、明日の経済であったり、結婚する相手であったりといった、再現不可能な現象の方が重要であったりしますね。そのため、再現可能な実験であってもそれはそれが重要であることを意味しているわけではありません。自然科学にはその意味で限界もあります。しかし、自然科学は人間を超越した普遍的な真理を探求する学問です。自然科学は地球に人間が存在しなくても、存在する何かを研究しています。そのため、人間の行動に対しても、その行動判断の資料を提供することがあるのです。

また、人文科学と自然科学とは、目指している方向が違うので、本来矛盾することはありません。ただし、人文科学的な哲学がある時期の自然科学の発展に役立つ反面、哲学が次の自然科学の発展には害になったこともあります。実際、長い目で見た場合、哲学が自然科学に役に立った例よりも、害になった例の方が多いかもしれません。その意味で、自然科学は、自然現象の事実のみを基準とした客観性が必要となります。また、自然科学では、哲学や常識を越え、誰もが予想をしなかった発見があるからこそ面白いのです。

主観と客観の分離は重要

このようにして知ると言うことには様々な側面があることを意識するのは、実は自然科学を勉強する上で、非常に重要なことです。人間は感情を持っています。そのため皆さんの中には、目の前の物体に対して、客観的な物という以外に、自分の思い出や目に見えないような感情がからみついている人もいると思います。つまり、**人間の見る物体には、人文科学的な側面と、自然科学的な側面が同居しているのです**。そして、**自然科学を学ぶ上でまず重要なのが、この2つの側面を分離すること**です。この分離がうまくできないと自然科学が解ったような気がしないので注意してください。

科学の問題の答えの方向性

科学の問題の解答とはどのようなものか例を挙げてみましょう。皆さんは、氷に塩をまくと氷が溶けることを経験するか習ったことがあるでしょう。それではなぜ溶けるのでしょうか？もしこれを化学で習った凝固点降下のためと答えたなら理由を答えたことになりません。凝固点降下とは、氷が塩によって溶ける現象などを包括して表したにすぎません。また、DNA がなぜらせん構造を取るかといったことも科学的な問いかけとなります。こうしたことに対して、分子の運動や力の観点から答えるのが科学的な答え方です。

自然科学で扱う問題の種類は？

科学の目標とする問いかけには次のような種類があります。

1. 存在の発見 2. 起源の探求 3. 過程の解明 4. 原理の応用

1番目の存在の発見とは、たとえばある基本的な粒子を発見するとか、意外な現象のを発見することです。あるものが存在することを確認することです。実験や観測での発見だけでなく、論理的に存在を予言したりすることもこれに含まれるでしょう。

2番目の起源の探求とは、現在あるものがどのようにしてできあがったかを解明することです。たとえば地球には鉄が多くあるのはどうしてかを探りたかったら地球の本の起源を探らなければなりませんね。ある意味歴史を探ることにもつながります。

3番目は、その物質を作ったりエネルギーを変換したりするなどの過程を知ることです。もちろん、過程の解明は起源の探求にも必要な手続きですが、ただ単に、電波をどのように伝えるのかと言った紀元の探求を伴わない問いかけもあります。

4番目は、基本的な原理を応用して、医学的な活用をしたりすることです。たとえばレントゲン撮影などはエックス線が骨以外を通過するというのを応用していますね。これはある意味、後に説明するテクノロジーと関係します。

またこれらの問題は相互に関係している場合が多いことも注意しておきましょう。

問題を解くと次の問題が生まれる？

科学の発展で重要となるのが、ある問題に対して答えを得ると、またさらに新たな問題が見つかるということです。科学はこうしたことを繰り返して発展してきました。逆にものを知れば知るほど、自然界に対しての人間の無知を知ることになります。

科学的でない問題もいずれ科学的になる？

歴史的に見ると昔科学的でないような問題も次第に科学的に解明されるようになってきました。たとえば、19世紀には、太陽が通常の化学反応で燃焼していると思って太陽や地球の年齢を計算して、ダーウィンの進化論と矛盾すると言った反論もありました。それが核エネルギーの登場で進化論に対しての大きな反対が消えたことがあります。現在でもおそらく同様です。今は科学とは言えないことでも将来には科学と呼ばれるようなことがある可能性があるのです。

科学の問題は融合していく？

歴史的にみて重要なのが、それまで全く別の現象と思われていたものが同じ現象と見られていくことです。たとえば、古くは天上世界の現象と地上の現象は全く異なる法則があると思われていましたが、実際には同じ法則が成り立つことがわかりましたね。また、電気や磁気そして光までが一つの法則の下に統合されていきます。また今も重力や電磁気の力の統合などが研究されています。このように科学の数々の問題は思いがけない形で統一されていくことがあるのです。現在では、すべての自然法則が一つの法則にまとまっていく究極の理論も研究されています。一方では、問題を解くと次の問題が登場するので、結局科学には終わりはないのかもしれません。

科学的方法とは？

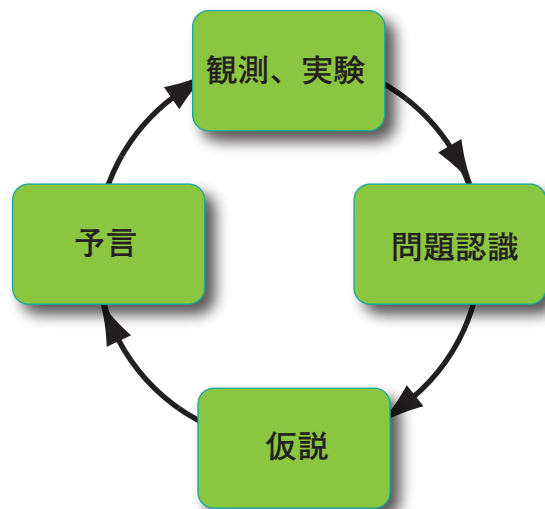
科学には、その原理を探る上で非常に有効な方法があります。これは、イタリアの学者、ガリレオ（1565-1642）とイギリスの哲学者フランシスコベーコン（1561-1642）によって始められたもので次のようなものです。

1. 実験にあらわれるパターンにより問題を認識する。
2. 結果に関して、仮説を立てる。
3. 仮説に基づいて結果を予言する。
4. その予言が正しいかどうかの実験を行う。

そして実験を行ってみると新たな問題を見つけることがしばしば起こります。その場合は新たにより良い仮説をたて、結果を予言し、実験をすることを繰り返します。これを**科学的方法**と言います。

もっともこの方法は、いつでも有効な手段というわけではありません。それは、科学の発展や発見には、試行錯誤がつきものであり、予期せぬ実験結果から思いがけない大発見が生まれたりすることもあるからです。逆に常識的なアプローチが通用しないからこそ大発見と言える場合があります。科学の発展には、科学の方法よりも科学者の好奇心と結果の予測できない試行錯誤の方がより大きく寄与してきたのです。

科学的方法には人間的な見方もあります。それは、仮説をたてる過程は非常に人間的なプロセスと言えるからです。仮説のすべてが論理的にわかることではありません。その仮説には想像力や直感が必要な場合が多くあります。そして大発見の場合、知ってしまったらなんでそんな簡単なことが思いつかなかったのかと思わせるようなものが多いのです。人間というのは過去の物事に関しては神のようになれるんですね。しかし、そうした発想法こそ科学の醍醐味です。科学の理論には、それ自身人類の独創性によるまさに芸術作品ととらえてよいものもあるのです。



科学的方法の典型的サイクル

科学的方法の例 生物の多様性の研究

科学的方法に基づく研究は現在でも盛んに研究されています。その例としてここでは種の多様性の研究を見てみましょう。互いに生存を依存している生物たちはエコシステムを形成しています。現在の様々な研究により、人間の存在が生物の多様性に重大な影響を与えていることが報告されています。しかし、そもそも生物の多様性はどのような役割を担っているのでしょうか？

1982年からミネソタ大学の環境学者、デビッド・ティルマン博士は以下のような実験をしていました。雑草の生い茂ったある地域を3つに分けました。そしてそれぞれの地域に以下のような違いを設けます。

1. 何もしない
2. 植物に必須である、窒素、リン酸、カリのうち、窒素をのぞくリン酸とカリを与える
3. 植物に必須である、窒素、リン酸、カリをすべて与える

すべての土壌は同じで、同じだけの雨量があります。それぞれの違いは主に窒素とそれ以外の栄養素です。実験科学的な言い方では、これらの栄養素の量は独立変数であり、それぞれをどの程度与えたかで結果の変化を見ることができます。しかしここではあまり厳密な量は気にしないで結果だけみていくことにしましょう。



11年後にその地域はどうなっていたのでしょうか？まず、何もしなかった地域には様々な種類の雑草がはびこっています。雑草の総量はそれほど多くありません。また、リン酸とカリを与えたところも同様でした。一方、窒素を与えたところでは、雑草が生い茂り雑草の総量は非常に多くなりました。これは与える窒素の量を増やすほど多くなりました。ところが、そこでは非常に成長の早い種類の雑草だけが生えて、他の雑草があまり生えていません。つまり、植物の多様性が失われています。これは、窒素を与えられて大きく成長した雑草が、背の低い雑草を覆い隠し日光が当たらないようにして死滅させた結果だと考えられます。

しかし、偶然にも1988年には別の事態が発生します。それはこの地域を、50年に一度という干ばつが襲ったのです。この年には、窒素は植物には吸収されませんでした。窒素を多く与え、多様性の少ない地域では植物の総量は例年の八分の1へと激減しました。一方、窒素を与えられていなかった地域では、植物の総量は半分となっただけでした。

このように、植物の多様性は、エコシステムにとって一種の保健のように働いています。つまり、様々な自然環境の変化にとっても多様性のおかげでそれに適した植物が生き延びられるようになっているわけです。このように、よく設計された実験により、自然界のより深い理解が可能になっていったわけです。

またこの例では運良く干ばつが起こったことが功を奏している部分がありますね。実験には運も必要なこともあります。実際にノーベル賞を取った実験の数多くが運に依存している部分があり、またこれが実験の醍醐味でもあります。実際に思っていることとは逆の結果が得られたとき、大発見となることがあるのです。

メンデレーエフの周期表と科学的方法

化学において最も基本になるのが元素です。これらの元素の分類を試みたのがメンデレーエフ(1834-1907)です。メンデレーエフは、元素が反応を起こすときに非常に性質の似かよったものがあることに気づきました。たとえば、リチウム、ナトリウム、カリウムは単体で金属光沢のある金属ですが、水と激しく反応します。また塩素とは1対1で反応します。メンデレーエフはこれらを縦に並べます。また、塩素や臭素は、リチウムなどと1対1で反応し、マグネシウムとは1対2の割合で反応します。これらも縦に並べました。横には性質の異なるものを左から右に向かって質量の軽いものから重いものに向かって並べていきます。このようにして、それまで知られていた60ほどの元素を分類して、現在周期表として知られている表を完成させました。つまり科学的方法におけるパターン認識から、周期表という仮説を打ち立てたのです。周期表の中で、当時としては欠けている元素がありました。もし周期表の仮説が正しいとすると、これらの元素が存在しなければなりません。これがメンデレーエフの理論の予言です。その後、欠けているゲルマニウムなどの元素が発見され、この周期表が正しいことが証明されたのです。



メンデレーエフ

このようにして説明すると、その周期表の手続きは非常に簡単そうに見えますが、実はそうではありません。たとえば、鉄、コバルト、ニッケルは磁石にくっつきます。しかし、メンデレーエフはこの3つを縦に並べることなく横に並べました。このように、どの性質を縦に並べるのかを見分けるには当時としては独創的な考え方をを用いたのです。

このように、自然科学における発見には、科学的方法以外に、人間の独創性が要求されるのです。

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 水素																	He ヘリウム
2	Li リチウム	Be ベリリウム											B ホウ素	C 炭素	N 窒素	O 酸素	F フッ素	Ne ネオン
3	Na ナトリウム	Mg マグネシウム											Al アルミニウム	Si ケイ素	P リン	S 硫黄	Cl 塩素	Ar アルゴン
4	K カリウム	Ca カルシウム	Sc スカンジウム	Ti チタン	V バナジウム	Cr クロム	Mn マンガン	Fe 鉄	Co コバルト	Ni ニッケル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Ga ガリウム	Ge ゲルマニウム	As ヒ素	Se セレン	Br 臭素	Kr クリプトン

メンデレーエフの周期表
当時発見されていなかったゲルマニウムなどを予言した

日常での科学的方法

私たちは、日常生活でも化学的方法をよく使っています。たとえば、災害時のために用意していた懐中電灯を、まだ電球がつくかどうか試しにつけてみます。するとついたので安心していたら、すぐ消えてしまいました。さてあなたはどうしますか？まず疑うのが、電池切れです。電池が切れていたと仮定して、これを検証します。つまり、新しい電池に替えてみるのです。しかし、新しい電池に替えてもつきませんでした。この仮説は間違っていたわけです。そこで、次に、他の可能性として、電球が切れてしまったと仮定してみます。電球を変えてスイッチを入れたところ電球がつかしました。今度の仮説は正しいことが証明されたのです。もし、最初に電池と電球とを同時に変えても、電球がつくようになるのですが、どちらが原因かは特定できません。このように、いろいろな要素がある場合、何か一つのみを変えて、他を変えないような実験を、**対照実験**と言います。

携帯電話の電源が入らないときに、電池が切れてしまったとまず仮定します。そこで、充電をしてみます。また、充電電池が正しく入っているかどうか確認してみます。また、だめなら電池を交換してみます。このように、科学的方法を私たちが知らず知らずに行っているのです。

理論とは？

日常生活では、「私の理論によれば。。。」などというところかなり怪しい展開が予想されますが、科学において**理論**とはどのようなものなのでしょう？科学における理論とは、多くの観測や事実を、数少ない定数を用いて説明し、これから行われる実験に対して決定的な予言をするものです。数少ない定数というのは、たとえば実験で行われた5つの値を説明するのに5つの値を仮定してもあまり理論のありがたみがありません。理論に組み込まれた、あるいは動かせる2つの値を決定するだけで、5つの結果を再現できれば価値があります。また、これから起こる実験もすべてそれで決まるはずです。

ただし、理論とは仮説の延長上にあるので、これから行われるすべての実験がこの理論で記述できるかどうかは保証していません。その理論には適用限界が存在するかもしれないのです。科学ではしばしばそうしたことが起こります。理論を証明するには無数の実験が要りますが、理論を覆すには、その理論の予言と合わない、たった一つの実験や観測だけでいいのです。もし、理論が美しく単純であり、ほとんどの場合成り立っていたのににもかかわらず、なりたたない観測が現れたとしたら、その状況でも成り立つより包括的な理論が求められるのです。またそれは、今までと全く異なる理論ですべての結果が説明できてしまうこともあるのです。

自然科学には限界がある

自然科学は、検証可能な仮説に基づいています。そのため、観測可能な自然現象のみを扱います。そのため、人生の目的は何かといった哲学的な問いかけや、人間としてどうあるべきかといった宗教的や道徳的な問いかけには答えてくれません。また、今後の経済の動向などについてもわかりませんね。このように、自然科学には限界があるのです。自然科学はこうした私たちにとって重要な問いかけには直接には答えられませんが、宇宙や地球の歴史を見た上での、私たちがどうすべきかといった判断には自然科学の理解が重要になります。

科学は人間の偉大な芸術

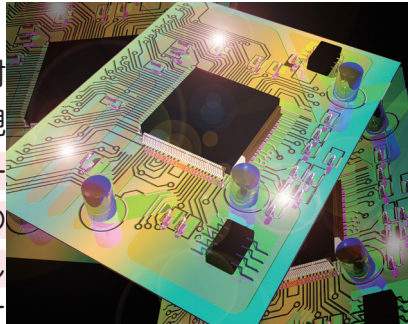
自然科学にはもう一つ面白い側面があります。それは、科学での理論などは、自然界の普遍的な真理を表すとともに、ある科学者の創造力による芸術作品と言えるものが数多く存在するのです。ただし、その芸術性を知るにはある程度の理解が必要になります。また、突き詰めてゆくと世の中にいまだ完璧な理論は存在しません。自然科学には未解決の問題が数多く残っています。歴史的に見ると、自然科学の分野は広がっています。このため、現在再現不可能な現象で、自然科学と認められないことでも、将来には自然科学となることもあるでしょう。このため、現在の常識で将来を制限することは危険なのです。ほとんどの人は、新しい発見のあと初めてその理由がわかります。つまり、過去のことは自分は昔から知っていたかのようにさも当然のこととして話したり、あるいは自分で発見したかのように話したりすることができますが、それでも将来のことに関しては一切わかりません。そのため、これからもまた新しい現象の説明のために、新たな芸術作品が求められていくでしょう。

この本では、ただ単に自然科学を学ぶのではなく、どのようにして発見されたかも含めて学んでいきましょう。他の人の人生は自分のこれからの人生の役に立つかもしれませんね。このために、この本では科学の新しい発見をした人のエピソードなどを各章に取り入れています。

科学とテクノロジーの関係は？

自然科学だけでなく**テクノロジー**という言葉をよく聞きます。それでは、科学とテクノロジーの違いは何でしょうか？

科学は実験に基づき、その理由となる理論的な問題に対して答えを見つける学問です。科学は、観測可能な自然現象に対して、関係や規則を発見します。一方、**テクノロジー**は、科学の発見などを我々に直接役に立つ形にするための道具とし、同時に科学の発展のためのテクニックを提供します。この自然科学とテクノロジーの2つがあって始めて



我々の日常生活に役立つ製品が生まれます。科学とテクノロジーサイエンスとテクノロジーは車軸の両輪であり、科学のみがあっても我々の生活は発展の両輪豊かになれませんし、テクノロジーのみでは日常生活の革新的な発展は望めません。また、電子顕微鏡などのように、テクノロジーの進歩が科学そのものを進歩させたりもします。このように、科学とテクノロジーは持ちつ持たれつの関係にあると言えるでしょう。

もっとも、科学を研究している人たちは、必ずしも直接我々の生活に役立つためという使命感でやっているわけではありません。それは、文学や芸術分野などと同様です。皆さんは、役に立つからという理由で、音楽を聴いたり、本を読んだりしているのでしょうか？多くの方は、楽しみのために音楽を聴いたり、読書したりしているわけです。自然界を理解するのも同様です。科学者の多くは自らの知的好奇心のため研究しています。それがときとして、自分の国を救うほどの結果を残すことがあります。基本的には知りたいという強い願望に基づいて研究しています。ただし、人間に害を与える可能性がある場合には、研究の制限が必要です。

自然科学にはどんな分野があるの？

科学の分野は、大きく分けて、生きているものを扱うか扱わないかで分類できます。生きているものを扱うのは**生物科学**であり、生きているもの以外の科学が**物理科学**です。物理科学はさらに、**地学、天文学、化学、物理学**に分類されます。

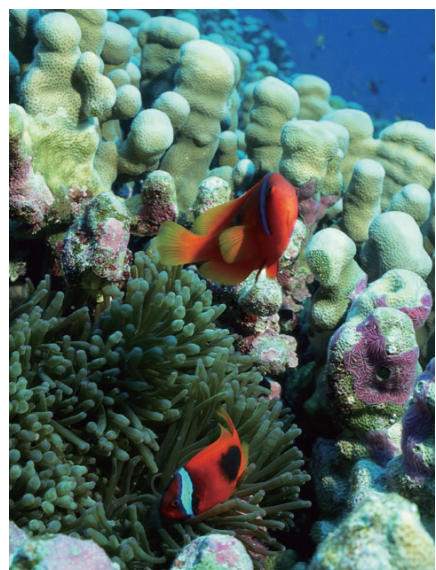
物理学は自然界の最も基本的な法則を探求する分野です。たとえば、物質、エネルギー、力や光などについてを扱います。自然界のすべての物質はこの法則に従うのです。そのため、物理学は自然界の現象を研究するときの基本となります。

化学は、原子がどのように結合するかを研究する分野です。私たちの周りの物質は、原子が結合して構成されており、燃焼や体内での代謝など様座七化学反応だけでなく、サラソップや洗剤など化学結合の性質を利用しています。そのため、化学は特に実用的な自然科学の分野です。

天文学は宇宙空間にある、星や惑星などを研究する学問です。現在、最先端の望遠鏡や、観測衛星の打ち上げにより、宇宙の物質について驚くべき発見がなされています。

地学は、地球の起源や進化、また現在、未来について研究する学問です。この地球の特殊性を研究するために、他の惑星の研究も併せておこなっていることが多いのです。

生物学は、生きているものを研究する学問です。生物のなすスケールは様々で、細菌のように小さいものから地球全体の生態系を扱うこともあります。細菌では、分子レベルの解析ができるようになり、非常に活発な発展のある分野です。



社会科学の特徴は？

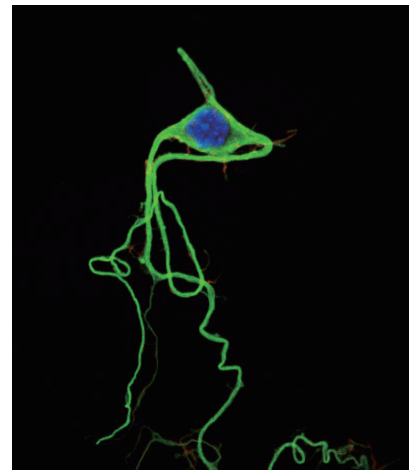
サイエンスとは再現可能な実験や観測に基づき、自然界を知ることでした。その定義に基づけば社会科学はサイエンスではありません。しかし、これは社会科学が重要ではないと言っているわけではありません。自然科学の位置を明確にするためにも、ここで社会科学について見ていきましょう。

私たちは、自然界に属していますが、人類の社会を作っています。すべての人類は、生まれたときからこの社会に入り、それまで形成された社会によって教育され、しかも絶えず変化していきます。このため、人類にとって社会は非常に重要なものです。社会科学とは、この社会について系統的な秩序だった方法で社会を知ることです。手法はやはり科学的方法を用います。この科学的方法を用いるという点が、社会科学を哲学や文学などと社会科学を明確に分離するポイントです。人間の社会における行動を科学的方法により解析していくのが社会科学です。たとえば、人類に産業革命が起こり、都市部に人々が流入するようになると、二つのクラスの人たちが現れました。それは、経営者と労働者です。こうした変化を様々なデータにより解析していくのが社会科学です。

社会科学には、文化人類学、心理学、社会学、地理学、政治科学、社会学などが含まれます。

社会科学における科学的方法で最も困難なのが条件設定です。人間の行動は様々な要素に基づいて行われます。また個人の正確や経歴も異なるため行動が一定であるような条件付けられた研究が非常に困難です。しかし、不確定要素に対して統計的な手法を加えると、行動の傾向の強さなどを読み取ることが可能です。逆にこうした予測不可能な現実が社会を面白くしているとも言えるわけです。

社会科学を自然科学的にとらえる試みもなされています。たとえば、心理学では、表面的な行動パターンの解析から傾向や法則を見てきましたが、脳の中の現象としてとらえ、脳科学的な解析も行われています。このように、自然科学において、物質の性質が分子や原子によって解明されたと同じことが、心理学において起こる可能性もあります。また、経済を物理的に見る試みもなされています。物理経済学者達は、社会全体での富裕層の分布は、空気中の分子のエネルギー分布と同様に普遍的なものであると主張します。また、人類学はDNAの解析によって大きく進歩してきました。また、社会、政治、経済すべてテクノロジーの発展と関係しています。さらに、人類の起源を考えるとときには、それは宇宙の起源、地球の起源、そして生命の起源を正しく理解しておく必要があるのです。このように人間社会も、自然界の物質を元に形成されたものである限り、自然科学と社会科学とは関係があることであるのです。



脳科学の主役、神経細胞
心理学もこの神経細胞のネットワークとして記述される日がくるかもしれない。

自然科学では、どの学問が一番重要？

自然科学の分類は、人間が研究をしやすくするために、便宜的に名付けたものにすぎません。イギリスで最初は、自然哲学と言われていた自然科学が、その後教授職を増やすために分類を分化していきました。今でも、多くの自然科学分野で細かな分化が行われているのです。そのため自然科学の分野には優劣は全くありません。

自然科学と数学

自然科学の理論とは、完全に証明することはできません。様々な観測と良く一致する理論でも、すべての観測に対して成り立つことを証明しているわけではないのです。そのため、新しい実験により科学的な理論が覆されていくことがあるわけです。

一方、数学は、公理などの原因となるものから、定理を証明していきます。この場合の定理は、公理を仮定しているわけですからその範囲において必ず正しいのです。つまり、日時を経て、この定理が覆されることはありません。また、独自の美しさもあり、おそらく宇宙に他の高等生物が存在しても10進法を採用するかどうかにかかわらず、同じ数学をつくっていくことでしょう。この意味で、数学は自然科学とは別に、ある種普遍的なものなのです。

自然科学にとって、定理が絶対的に崩れないという性質は非常に重要な意味を持ちます。つまり、自然科学の理論を数学の言葉である方程式などで表現すればそこから得られる結論は、方程式が成り立つ限り厳密な結果を導くことができます。この意味で、自然科学にとって数学は非常に有用な道具となるのです。

統合的な自然科学理解の重要性とは？

自然科学を学ぶ目的の一つに、私たち自身による、社会現象についての意志決定のためということを上げました。それでは、科学に関する社会問題とはどのようなものなのでしょうか？たとえば、放射性廃棄物についての科学はどんな分類に属しているのでしょうか？放射性廃棄物は放射能を放出します。この解析は物理に属しています。放射性廃棄物は一般に化学的化合物です。この意味で、化学に属しています。また、地球内での影響という点で地学的な解析がありますね。さらに、放射



科学に関する社会問題の解決には、放射性廃棄物が生命に及ぼす影響という意味で、イエンス全体の理解が必要。

生物学とも関係があります。このように、科

学の現象は、一般に細分化された枠に収まらない現象がほとんどなんです。逆に言うと、社会に関する自然科学の現象について様々な角度からの総合的な意見を持つためには、数種類の分野のみを勉強しては全体をとらえることができないのです。したがって、サイエンスリテラシーのためには、自然科学全体の総合的な理解が重要となるのです。また、自然科学の構造的理解のためにも統合的な理解が重要となります。特に日本では、地学や天文学が軽視される傾向がありますが、総合的な理解には非常に重要な分野となります。自然科学を統合的に理解すること、これこそが、この本の目的なのです。

キーワード

科学的方法 観測、実験、対照実験、理論、測定、仮説、予言、再現可能、物理学、化学、天文学、地学、生物学、生命化学、物理科学、自然科学、テクノロジー

まとめ

自然科学を学ぶ目的は次の3つです。

1. 私たちの現在あるいは将来の仕事を向上させるため
2. 私たち自身による、科学に関係する社会問題についての意志決定のためです。
3. 人類の叡智を学ぶこと。自然科学を学ぶことを通じて、科学の重要な発見を自分自身の中の発見とし、人間であることの喜びを見つけること。

このような目標に立つ自然科学の理解をサイエンスリテラシーと言う。

自然科学は、再現可能な観測や実験に基づいて自然界を知ること

物事を知るということは自然科学以外にも様々な知る方法がある。

自然科学は、主として自然現象に関わる現象や発見を扱う。

人文科学は、主として人間の間や内面に関わる現象を扱う。

人間社会においては、人文科学と自然科学とはどちらも重要な意味を持っている。

人文科学と自然科学とは、目指している方向が違うので、本来矛盾することはない。

人間の見る物体には、人文科学的な側面と、自然科学的な側面が同居している。そして、自然科学を学ぶ上でまず重要なのが、この2つの側面を分離すること。

科学の目標とする問いかけには次のような種類がある。

1. 存在の発見
2. 起源の探求
3. 過程の解明
4. 原理の応用

ある問題に対して答えを得ると、またさらに新たな問題が見つかる。

今は科学とは言えないことでも将来には科学と呼ばれるようなことがある可能性がある。

科学の数々の問題は思いがけない形で統一されていくことがある。

科学的方法とは次の循環である。

1. 実験にあらわれるパターンにより問題を認識する。
2. 結果に関して、仮説を立てる。
3. 仮説に基づいて結果を予言する。
4. その予言が正しいかどうかの実験を行う。

いろいろな要素がある場合、何か一つのみを変えて、他を変えないような実験を、対照実験と言う。

科学における理論とは、多くの観測や事実を、数少ない定数を用いて説明し、これから行われる実験に対して決定的な予言をするもの
理論を証明するには無数の実験が要りますが、理論を覆すには、その理論の予言と合わない、たった一つの実験や観測だけでいい

科学での理論などは、自然界の普遍的な真理を表すとともに、ある科学者の創造力による芸術作品と言えるものが数多くある

テクノロジーは、科学の発見などを我々に直接役に立つ形にするための道具とし、科学の発展のためのテクニックを提供する。

科学とテクノロジーはどちらも重要であって、科学のみがあっても我々の生活は豊かにならないし、テクノロジーのみでは日常生活の革新的な発展は望めない。

生きているものを扱うのは生物科学であり、生きているもの以外の科学が物理科学です。物理科学はさらに、地学、天文学、化学、物理学に分類される。

物理学は自然界の最も基本的な法則を探求する分野

化学は、原子がどのように結合するかを研究する分野

天文学は宇宙空間にある、星や惑星などを研究する学問

地学は、地球の起源や進化、また現在、未来について研究する学問

生物学は、生きているものを研究する学問

自然科学の分類は、人間が研究をしやすくするために、便宜的に名付けたものにすぎない。そのため、自然科学の分野には優劣は全くない。

会に関係する自然科学の現象について様々な角度からの総合的な意見を持つためには、数種類の分野のみを勉強しては全体をとらえることができない。したがって、サイエンスリテラシーのためには、自然科学全体の総合的な理解が重要となる。