

第6章 立方体の地球と発想法

6.1 はじめに

これまで、科学の ABC の考え方をずっとお話してきました。そして、科学の ABC の考え方によって、問題を解決できるのではないかと、皆さんもこのような考え方を身につけるべきではないか、という提案をしてきました。

今回は、「思いつくこと」「気づけること」「発想すること」についてお話したいと思います。私たちの考え方は、往々にして固定されがちです。これを解放して、できるだけ自由に考えたいものです。それには、どのような方法があるのでしょうか。科学の ABC の考え方が、思考の方法であったように、発想にも方法があると考えられます。

6.2 マインドマップの発想法

私たちは、そもそも、知らないこと、体験していないことを思いつくことができるでしょうか。まず、無理だと言っていいのではないのでしょうか。私たちが思いつくこと、思いつく物は、私たちが知っている現実世界と何らかの結びつきがあるのではないのでしょうか。

むしろ、私たちが知っていること、体験していることを、いかに引き出すか、を考えるべきです。私たちは、他の人のアイデアを聞いて、「あ、そのことか。知っていた!」「その組み合わせは考えなかった」と思ったことがあるのではないのでしょうか。そうしたことを、自分の中から引き出すことを考えるべきです。

そのための有効な方法はマインドマップ¹を作ることです。マインドマップを作る作業は、特定のキーワードに関係したことを、思いつくままに紙に書き出す作業です。ただし、簡単なルールがあります。関連するものは線でつなく、というルールです。たったこれだけです。人は、思い出す作業と、整理して優先順位をつける作業を、同時に行うことが苦手なようです。例えば、今日やらなければならない作業をぼんやり考えていると、やらなければいけないことを忘れて、どうでも良いことを思いついたりしてしまいます。どこかに出かけるときに、出かける直前に、今やらなくても良いようなことを、沢山思いつく、といった経験をしたことがないのでしょうか。そんな人間の特性に対応するために、とりあえず、優先順位を忘れて、頭の中に入っているものをどんどん書き出す、という作業を行い、その次に、それらの中での優先順位を考える、という作戦をとることが考えられます。マインドマップは、頭の中にあるものを引き出すのに有効な作業です。

例えば、「花」というキーワードを中心にして、どのようなことを思い浮かべるか、試してみると良いでしょう。授業で一緒に考えてみてください。

マインドマップは、たとえば、やらなければならない仕事が多山あって、茫然自失状態に陥ったとき、忘れずに仕事に対応するときに、とても有効で、私は、その目的でマインドマップを作ります。すると、スッキリした気分になります。また、他の人とアイデアを出し合うときにも使えます。複数のひとで、ひとつのマップを作ると、他の人のアイデアに刺激を受けます。

¹「マインドマップ」という言葉を商標登録しているトニー・ブザンは、私がここで記すものをマインドマップと呼ぶことに反対しているそうです。そこで、ここでは暫定的にマインドマップといいますが、この点、気をつけてください。

これは、KJ法とよばれる発想法と似ています。KJ法では、複数の人が思いついたことを沢山の付箋に分けて書くことから始めます。書き終わったら、それを壁に貼り、似たようなアイデアが近くなるように、付箋を貼り直していきます。これを繰り返してアイデアを整理します。思い出す作業と整理する作業を区別するのは同じです。

6.3 分割して考えて組み合わせる発想法

哲学者であり、科学者とも言えるデカルトは、「方法序説」で科学の方法について述べています。まず、問題を細かく分割して、それらを個々に考える、としています。分析 (Analysis) です。そして、その後に分析した結果を統合 (Synthesis) します。発想にも同様のことが言えそうです。

例として、IoT (Internet of Things, ものインターネット) と呼ばれるようなデバイス (装置、機械) の開発を考えてみましょう。そうした装置は、近未来の私たちの生活を大きく改善する可能性を秘めています。IoT では、人間がやるべきところを、デバイスが対応します。それだけでなく、更に、デバイス同士が通信します。そして、人が機械的に判断していたものならば、自動で区別できるようになります。すると、人間の移動や思考が必要なくなり、生産量が向上して、品質も安定すると考えられます。古くは、オフィス・オートメーション (OA) と呼ばれていました。近年は、デジタルトランスフォーメーション (DX と称しています。業務の電子化) と言っています。名称は違いますが、これらは同様の発想です。

こうしたデバイス開発にこそ、発想が求められます。今まで誰も開発していない便利なものを開発できれば、社会に貢献することができ、また、作った人も儲かるでしょう。でも、どのように発想することができるのでしょうか。

以前、ゼミ (専攻演習) で、マイコン (マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ) を使ってものを作ってもらっていました。ゼミ生たちは創意工夫で色々なものを作ってくれましたが、やはり、なかなかアイデアが浮かばない、とぼやく人もいました。そこで、センサー、シチュエーション、どのような人に役立つか、などを項目別にリストアップし、これらを組み合わせることで考えられないだろうか、としたところ、こちらの方が思いつきやすい、となりました。

限られた範囲での可能性を考えているようでも、組み合わせにすると膨大な数になります。その中から思いつくことができれば、それでも十分に新しい発想になるのです。マインドマップで、関連項目を書き出し、系統立てて分類します。分類したものの間で組み合わせを考える、という方法は、いろいろな場面に使えそうです。

6.4 論理的に考える発想法—なぜ、地球は球だとわかるか

これから「もしも地球が立方体だったら」についてお話します。しかし、その前に、考えてもらいたいことがあります。

私たちは地球が (ほぼ) 球形であることを知っています。学校教育のどこかでそのように習ったのではないのでしょうか。でも、ちょっと待ってください。地球が丸い (球形である) と、どのようにしてわかるのでしょうか。

この質問を授業で投げかけたとき、ある学生は「ブラジルの知り合い電話をかけると、昼と夜が逆であることがわかるので、地球が丸いことがわかります。」と答えました。あるいは、「国際宇宙ステーションに乗り込めば、地球が丸いことを地球の外から眺めてわかります。」と答えた学生もいます。まったくその通りです。ただ、少し指摘したいことがあります。私たちの時代の科学がこのように進んだのは、ある意味、地球が丸いことを利用しています。地球が丸いことがわかったか

ら、長距離の通信手段も確保できたし、人工衛星を打ち上げられるようになりました。とすると、「丸いと知っていたからできたことで、丸いことがわかる」という話になってしまいます。すっきりしない議論ですね。最初に地球が丸いと気づいた人は、現在のテクノロジーを利用しないで気づいたはずですよ。

そこで、問題を少し変えてみます。昔の人（例えば、古代ギリシア哲学の時代）は、どのようにして地球が丸いと判断したのかを考えてみてください。なぜ、正確な時計も無い時代に、人類はどのようにして地球が丸いと考えたのでしょうか。

例えば、地球が丸い、ということについて、古代ギリシア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「地球が丸いのだ」と説明するとしたら、どうすればいいのでしょうか。私たちにとっては、地球が丸いことは当たり前です。ところが、当時の人々にとっては、地面は平らで、地球が丸いなんてありえない、と思っていたはずですよ。こうした「当たり前」を打破するにはどうしたらいいのでしょうか。

古代ギリシアの人々は、論理的に考えて、地球が丸くなければならない、という結論を出したようです。例えば、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、地球が丸いのではないかと考えたようです。

● 地球は丸い! ? -2-

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。月の欠け方は弧状なのは地球が丸いからである。

C

こういった現象を考えると、地球が丸いことを仮説として考えたくになります。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、紀元前 200 年ごろに活動したエラ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。

同じ考え方でエラステネスは、地球の大きさまでも推計しました。

もしかしたら、皆さんは、昔の人は迷信を信じる愚か者、という印象をもっているかもしれませんが。ところが、それは全くの誤解で、2000 年も前からきちんとした理性的な考えを深める人々はいました。地球が丸いと考えた人々は、論理的に考えています。論理的に考えた結果、可能性が自動的に絞り込まれ、当時の常識から自由になれたのではないのでしょうか。現代人が見習うべき、リベラルアーツ的な態度です。

地球が丸いことを示すような事実は他にもありますので、皆さんも考えてみてください。

6.5 立方体の地球を考える発想法

次は、私自身が体験した発想法の話をしてします。それは、「もしも地球が立方体だったら」というプロジェクトにまつわる話です。このプロジェクトは、日本科学協会で、私を含む数名の研究者が検討し、科学の考え方、見方を学ぶ教材を提供することを目的としています。動画と解説が日本科学協会のホームページに掲載されていますので、それらも参考にしてください。

まずは、「もしも地球が立方体だったら」というプロジェクトの問題設定についてお話ししましょう。まさに、立方体の地球を考えますが、これを見ると、本来の地球との対応づけができるように、あらかじめ、いくつかの設定を考えました。

大きさ

大きさがほぼ同じになるように、立方体の1辺は1万 km としました。ちなみに、地球1周の長さはおおよそ4万 km です。

大気

同様に、大気量は、地球の大気と同じにしました。これを、立方体の各面に割り振ることにしました。

海水

これも同様です。海水量は地球の海水と同じにしました。ただ、これを6面に均等に割り振ると、海の有無による違いが分かりにくいので、そこで、すべての海水を1つの面に集めることにしました。

地軸

立方体の面の中心を地軸とします。自転、太陽の周りの公転、月などは、地球と同様としました。

さて、このように設定した地球ではどのようなことが起こるのでしょうか。ちょっと想像してみてください。このような設定を考えた研究者の皆さんも、一生懸命、考えてみました。

すると、あることに気づいたのです。それは、

極端なことを考えると、常識から自由になれる。

ということです。具体的に、いくつかのトピックを扱ってみることにします。

6.5.1 上はどっち？

当たり前すぎて気づかないことの一つに、「上」があります。「上」とはどちらのことでしょうか。宇宙船の着陸シーンにそのヒントがあります。映像を見ながら考えてみましょう。

ちなみに、岩波の広辞苑第6版には、次のように記述されています。

上

高い位置。高い場所。

なるほど、「高い」という概念と結びついているので、「高い」の意味がわかれば、「上」の意味がわかりそうです。それでは、やはり、広辞苑で「高い」を調べてみましょう。すると、次のように書かれています。

高い

空間的な位置が上方にあって下との距離が大きい。

おやおや。「上」の意味が知りたいので、「高い」の意味がわかればいいと思ったのですが、「高い」は、「上」という言葉を使って説明されています。「上」は「高い」方であり、「高い」は「上」の方であって、その「上」は、…。結局、これだけでは、どのように決めればいいのかわかりませんね。「上」とは何か、は、当たり前すぎるので説明しにくいことの例と言えます。

6.5.2 気温は太陽に近い惑星ほど高い？

太陽系には、地球と似て大気をもった岩石惑星が他にもあります。金星と火星がそうです。ところが、金星の気温はとても高く、逆に火星の気温はとても低いです。これらは、どうしてこのようになっているのでしょうか。

もしかしたら、皆さんは太陽からの距離が原因であると答えるかもしれません。本当にそうでしょうか。映像を見ながら考えてみましょう。

6.5.3 映像の中のいくつかのポイント

映像の中で気づいてほしいことはいくつかあります。あらかじめお知らせした2つのポイントからお話しましょう。

まず、「上」はどちらか、ということについてです。現実の地球について考えてみましょう。日本人とブラジル人は、それぞれ、「上」とか「下」とかを指し示すことができます。でも、立っている向きは、逆向きです。どうしてこのようなことが起こるのでしょうか。それは、万有引力があって、日本人もブラジル人も、地球の中心に引きつけられているからです。

立方体地球では、各面は平坦です。地平線があるために遠くまで見えない地球と異なり、はるか遠くが見渡せるはずですが、でも、人はその面を「水平」だと感じるのでしょうか。立方体の地球でも、万有引力があるために、人は地球の中心方向に（正確ではありませんが、ほぼ中心方向に）引きつけられるはずですが、すると、面の中心から外れた人は、それを平らな面を巨大な坂道だと感じるに違いありません。宇宙船の着陸シーンは、そんな感じを描いています。これらの考察からわかることは、上とか下とかを決めているのは、実際には万有引力の向きであることに気づきます。

気温についてはどうでしょうか。立方体地球では、万有引力の影響で、面の中心に大量の大気が集まります。その結果、面の中心付近では、気圧が非常に高くなります。面の中心は、先程述べた坂の最下部に当たるので、深い谷底と見なせます。そこには大気が分厚く積もっている、と表現すると雰囲気は伝わるかもしれません。その結果、気温を計算すると、面の中心付近は金星よりもはるかに高い温度になっている結果が得られました。立方体地球の場合には、金星の気温よりも地球の気温の方が高いことになってしまうのです。大気の厚さ（地表面の気圧）が、その惑星での気温を考えたときに重要であることがわかります。

他の点も考えてみましょう。例えば、季節はどうでしょうか。立方体地球に、むりやり地球の地図を当てはめると、日本の位置がどのあたりかを特定することができます。そこでは、日本と同じような季節が存在するのでしょうか。そうはなりません。立方体の各面での日のあたり方は、面が平らであるために、面の上のどこであっても違いがありません。つまり、面の中では、季節は同じなのです。季節の違いは、赤道からの距離が重要なのではなく、太陽からの光の当たり方が重要であることに気づきます。

海洋の役割はどうでしょうか。海洋を一つの面に割り当てると、意外にも、地球上の海水はそれほど多くないという印象を与えます。実際の地球のように、球面上に広がっていると広く感じます。しかし、海水を一箇所に集めると実際にはそれほど多くないのです。

生命についてはどうでしょうか。地球の海には、沢山の生物が生息しています。プランクトンは小魚に食べられ、小魚はより大きな魚に食べられます。ところが、魚の死骸は、海底に沈んでしまいます。海に住む生物は、海洋の栄養を吸い取って、死体とともに栄養分を海底に落下させる役割があると言えます。このようなことを何万年も繰り返すと、海には生物がいなくなってしまうでしょう。実際、沿岸から離れた外洋は、「青い砂漠」とも呼ばれ、生物が乏しい状態になっています。地球には海洋循環があるために、海底の栄養が湧き上がる場所があります。それが豊かな漁場を作ります。立方体地球の場合には、これを生じさせること困難であるために、海の生態系を維持する工夫を考えることが難題でした。

上の定義が曖昧であるとか、海洋中の栄養が失われないのはなぜか、といった点は、どれも、大変極端な状況を考えることで、明確に気づくことができました。

6.6 立方体地球とリベラルアーツ

「リベラルアーツ」は「自由になるための技術」である、という話をしました。「自由になるための技術」の、まず最初に必要なのは、私たちが不自由であるということに気づく技術です。「上ってどっちだろう」という極めて当たり前なことを不思議に思える技術です。立方体地球は、そのためのヒントを与えてくれていると思います。具体的には、極端なことを考えましょう、という発想法です。

いくつかの例を示します。

もしも人の寿命が1000年だったら

私たちの人生について考えるとき、あるいは、教育の意義について考えるとき、人の健康寿命が1000年だったら、と考えるのは、一つのヒントを与えてくれるかもしれません。逆に、寿命が明日尽きると考えると、ヒントがあるかもしれません。

もしも私が100兆円を自由に使えたら

自分にとっての金の価値について考えるとき、自分が100兆円（日本の国家予算の規模）のお金を自由に使えたら、と考えるとヒントがあるかもしれません。

もしも国家がないところに人々が生まれたら

国家も法律もないようなところに人が生まれて育ったらどうなるだろうか。これを「自然状態」として、考察したのは、ホッブスやロックです。

しかし、結論は違って、ホッブスは自然状態では「万人の万人に対する闘争」、すなわち、個人の間での争いが絶えないと考えました。一方、ロックは、闘争にはならず、「自然法」が存在すると考えました。政治学を学んだ人は、ホッブスのリバイアサンや、ロックの社会契約論、また、ジョン・ロールズの正義論を勉強したかもしれません。

[もし、光の速さで飛びながら鏡をみたら]

光にも速さがあることが、科学の発展の過程でわかりました。ただし、その速さは、とても速いもので、1秒間に地球を7回半回ることができるほどです。

ところが、光の速さがあるとすると、不思議なことが起こりそうです。具体的には、光より速く移動する場合に、光は前に進めなくなるのではないだろうか、という疑問です。このような疑問は、アインシュタインが相対性理論を考えるきっかけになりました。

リベラルアーツだけではありません。私たち科学の ABC を使って問題を解決しようとするときにも応用できそうです。問題点 (A) を見つけ出すときに、仮説 (B) を考えるときに、検証 (C) を考えるときに、それぞれ、極端な状況を考えることで、より幅広く考えることができそうです。考え方のヒントにしてもらえればと思います。