

## 文部科学省 情報ひろば 『サイエンスカフェ』

主催：日本学術会議、特定非営利活動法人WEBREIGO  
協力：淑徳巣鴨中学・高等学校  
日時：平成26年9月30日（火）15：40～17：00  
場所：淑徳巣鴨中学・高等学校6階 ルンビニーホール  
テーマ：「科学の見方、科学的見方」  
講師：家 泰弘さん（日本学術会議副会長、東京大学物性研究所教授）  
ファシリテーター：宮川 智香さん（特定非営利活動法人WEBREIGO理事長）  
参加人数：56名

科学を専門としない人が科学を学ぶ効用は何かといえ、それは「常識がつく」ことではないでしょうか。たとえば「エネルギー保存則」や「因果律」といった科学の基本原理に反するような怪しげな超常現象の話や“怪しい”と直観（直感ではなく）できる常識です。健全な懐疑精神といってよいかもしれません。

### 参加者全員の乾杯から開始

今回のサイエンスカフェは、文系・理系両方の高校生に参加してもらい。テーマに関する話題提供・解説をもとに、講師からのクイズに答えたり、参加者からの質問に講師が答えたりして進められました。

### 話題提供「科学の見方、科学的見方」の主な事項

#### □「文理両道」のススメ

- ・専門はより高く、裾野はより広く－高校生の皆さんが、将来、社会においてそれぞれの専門分野で活動するようになったときに、役に立つのは専門知識と幅広い教養とのバランスです。

#### □科学の展開＜物理学的自然観の形成＞

- ・古代ギリシアの自然哲学者（タレス、ヘラクレイトス、エンペドクレス、アリストテレスら）が考えだした、物質の根源とそのはたらき＝物体の運動について紹介
- ・16世紀以降の物理学の業績－ガリレオ・ガリレイが行なった運動力学の実験、アイザック・ニュートンが導き出した万有引力の法則等の紹介
- ・農業や祭祀のために暦が作成され、それが占星術の隆盛に結びついた。一方、地上の物体運動の考え方が弾道学（砲術）へと進みそれらの蓄積をもとにして落体の法則が発見された。天空の動きと地上の力学を統合して、万有引力などの古典力学の体系が作られていった。
- ・物理学体系の基本構造－19世紀の物理学体系（電磁気学、熱現象のミクロな位置付け、気体分子運動論、流体力学等）

↓

- ・（特殊）相対性理論や量子論など20世紀の現代物理学へつながっていく



## □ 相関と因果 < 科学的証明とは >

- ・ 「相関がある」ことは「因果関係がある」ことを必ずしも意味しない = 因果関係の存在は、制御された実験で検証するしかない

↓

「朝食と学力」には相関は見出されるものの、因果関係が科学的に立証されたものとは言えない。



## □ 確率について

- ・ 確率に関するクイズその1 「ある高校では1学年が9クラスからなり、各クラスは50人である。この高校に入学が決まったあなたと親友のA君が3年間のうち少なくとも1回は同じクラスになる確率はどのくらいか？ただし、クラス替えは毎年、完全にランダムに行われるものとする。」

## □ 確率と頻度分布

- ・ 大数の法則 - 多数回の試行を行った場合、ある事象の相対頻度は、その事象の発生確率に収束する

「サイコロを振って1の目が出る相対頻度は、振る回数を増やせば増やすほど6分の1に近づく

サンプルの数（試行回数）が少なければ、相対的な「ゆらぎ」が大きい

## □ コイン投げ

- ・ （表・裏が出る）確率は2分の1ずつ  
各回のコイン投げは独立事象 - 10回連続して表が出る確率は  $1/2^{10} = 1/1024$ 、仮に10回連続して表が出ても、その次の表裏の確率は1/2ずつ

↓しかし

「続けて同じことが起こる確率は低い」という心理的思い込みがある



## □ 確率に関する勘違い

- ・ 確率に関するクイズその2 「今日ここに出席している皆さんの中に誕生日が同じペアがいる確率はどのくらい？」

## □ ジャンケンの天才？

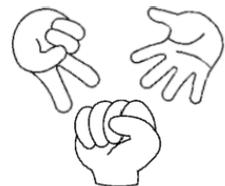
- ・ 1000人が集まって10回のジャンケンをやったとしたら、そのうち一人くらいは10回連続で勝ち続ける人が出て不思議はない

↓

結果が出てから1000人のうちの一人（10回連続で勝ち続けた人）を選んでるのであって、母数（ジャンケンの参加者）が多ければそのような事例がある確率で発生するのはむしろ当然

↓

世の中の「奇跡的」事例には結構この手の話が多い



## □リスク評価、リスク・リテラシー

- ・「××を年間△グラム食べると〇〇病を発症する確率が5倍に増える」という（短絡的で不安を煽る）表現が時々見受けられる

↓

「〇〇病」が極めて稀な病気（10万人に10人の発症）であるなら、その発症確率が5倍に増えることは必ずしも大きなリスクとは言えない。

【〇〇病の自然罹患率が0.01%の場合】次の3つの表現は、実は同じことを言っているのだが、受ける印象は随分違う。

××を年間△グラム摂取することにより

(A) 〇〇病を発症する確率が5倍に増える。（相対確率表現）

(B) 人口10万人のうち、〇〇病を発症する人が10人程度だったものが50人程度に増える。（頻度表現）

(C) 〇〇病を発症しない確率が99.99%だったものが、99.95%に減る。（逆確率表現）

## □思考における陥穽＜選択バイアス＞

- ・報道では珍しいこと、センセーショナルなことが選択される傾向が多く、日常の平凡な営みはまずとりあげられない
- ・ある意味、研究は「選択バイアスの戦い」とも言える
  - 【歴史学】勝者が資料を残す、平凡な日常は記録に残らない
  - 【考古学】化石になりやすいものだけが残る
  - 【天文学】地球という特殊な場所から観測できるものしか観測できない
  - 【社会学】ウェブ・アンケートに答えてくれるのはインターネットユーザー

## □思考における陥穽＜二分的思考法＞

- ・リスク評価に関して「ここまでは安全」、「ここからは安全でない」とはっきり分けられることは稀
  - ↓しかし
  - どこかで線引きをしなければならないので「基準値」なるものを設ける、それが独り歩きして、それを超えた/超えないで大騒ぎになる
- ・物事にはグレイゾーンがつきもの、単純な二分的思考では本質が見失われ議論が不毛になる

## □まとめ

- ・旺盛な好奇心と探究心、それに健全な懐疑精神を持つこと、科学的思考力と判断力を身につけよう

## 参加者の皆さんとの質疑応答・意見交換の一部を紹介します

（◆－参加者、○－講師）

- ◆－確率の事項でコイントスの話を聞きましたが、表裏の出る確率はいつでも1/2ということはわかりましたが、10回続けて表が出るということは珍しい出来事と考えていいのでしょうか

○-説明した通りそのような結果が出る確率は1/2の10乗、つまり1024分の1。それが珍しいかどうかは考え次第ですが。たとえば、表表裏表裏表・・・と10回のコイントスの結果をあらかじめ指定して、その通りの結果が出る確率も1024分の1ということになります。

◆-確率の理論とは違うことですが、大地震の起こる確率というのはどのようにして計算しているのでしょうか？

○-はじめに、地震の予知と予測の違いについてお話しします。予知は、○月×日にどこでどれぐらいの大きさの地震が起きることを予言することで、地震研究者は今の科学ではそんなことは出来ないと言っています。一方、予測というのは、今後10年間にある特定の地域にある規模の地震が起きる確率が何パーセントかということを示すことです。

地震の規模はマグニチュードという単位で表しますが、これが1単位増えるとエネルギーは32倍になります。

そこで、地震の大きさと起きる頻度を両対数グラフに表してみると規模が大きくなるにしたがって起きる確率というのは低くなります。ですから、大地震を予測することは難しいことなのです。

◆-天気予報の確率はどのように考えればよいのでしょうか

○-先ほど質問のあった地震の予測ということに比べて、気象についてはデータや観測方法・機材がしっかりしているので、3、4日先の天気の状態というのはかなり精度の高い予報が可能になっていると言えます。

◆-どうすれば、理科が好きになるのでしょうか？御自分の体験から教えてください。

○-一般論ですが、星だとか生き物だとか自分の興味のあるものから始めて行けばよいと思います。それを続けて行けば色々なところで様々な自然の事象が繋がっていることがわかり、結果、知識が広がっていくのではないのでしょうか。

<確率に関するクイズその1>に対する参加者からの答えとそれに関する解説

◆-二人が同じクラスになる確率は1/9、二人が同じクラスにならない確率は8/9。3回続けて起こる確率は $(8/9)^3$ なので、全ての事象1から $(8/9)^3$ を引けばその確率が出てきます。

↓

○-素晴らしい。ほぼ正解です。でも、実はこの問題にはもう一ひねりあります。

(家さんから正答が示されました。この報告を御覧になっている皆さんも正答を考えてみてください。)

<確率に関するクイズその2>に対する解説

○-それでは、今日のサイエンスカフェの参加者が50人とすると同じ誕生日の人がいる確率は何パーセントだと思いますか。→10%、いや60%などの声が上がりました。(最前列右端の参加者に向かって、誕生日を教えてくださいと質問) それでは、今日の

参加者の中に同じ誕生日の人はいるでしょうか（と、順番に質問→三人目で同じ誕生日の人がいました）。

すごい！なんという奇跡のような偶然！と、思うでしょうが実は、

2人目が最初の人と異なる誕生日である確率=364/365、

3人目が最初の2人と異なる誕生日である確率=363/365、

.....

n人目まですべて異なる誕生日である確率P(n)は

$$P(n) = (364/365) \times (363/365) \times \dots \times [(366-n)/365]$$

n人の中に同じ誕生日のペアが少なくとも1組ある確率=1-P(n)は、n=23で50%になる。n=50なら95%に達する。

ですから、今日のように50人もいれば、その中にはほぼ間違いなく同じ誕生日のペアがいることとなります。(3人目で見つかったのは予想より早かったですが。)

ファシリテーターから \* \* \* \* \*

思考は文系だとか理系だとか、明確に切り分けて考えるものではない、と思っています。学習の到達レベルとしてだけ、学問に触れるのではなく、生きていく上で必要な知識として文理にわたり幅広く学んでほしいという思いから、生徒には一段高いハードルの講義をコーディネートしてみました。

生徒たちの”目を剥く”という表現がぴったりの驚きで見開いた眼、ぼかんと空いたままの口、次の瞬間、ハッとして、そして輝くような笑顔。

家先生の展開される事例に感動し、科学への敬意とコンセンサスを得ていると感じられる講座でした。

学ぶという楽しさを得た彼らは、既存の知識と今回の講座で得た知識を組み合わせ、紐づかせて、苦手だった物理や化学も明日からは違うかもしれません。

未来を担う彼らに1つ上を目指す学習を、探究心と判断力を身に着けるためにも引き続き、機会の提供をいただければ幸いです。

\* \* \* \* \*

☆質疑応答やアンケート結果から、生徒たちは、普段接することのない大学教授という専門家から、将来、専門知識を学ぶことの意義やそのための取組方、幅広い教養を身につけることの重要性を再認識する機会を得たとうかがい知ることができます。高校時代は“文系・理系”自分の進路を決めようとする大事な時期ですが、サイエンスカフェに参加した生徒たちには、文理融合や専門性と常識のバランス知識について考えるきっかけとなったのではないのでしょうか。