

第12回数理科学コンクール課題

1. 4つの課題を用意しました。いくつかの課題に解答してもかまいません。また、1つの課題にいくつ解答してもかまいません。例えば、実験をして見つけた解答と、実験をせずに考えた解答との2つの解答を提出してもかまいません。むしろ2種類以上の解答を歓迎します。その場合にはどうして答えが2つ以上になったかも説明してください。
2. グループで参加した諸君は、1つの課題に1つの解答でも、また、複数の解答でもかまいません。たとえば、協力して解答を考えただけでも、途中から別々の結論を思いついた場合には、それぞれの参加者が別々に解答してもかまいません。その場合、1つの解答を一緒に提出する参加者の名前を、解答用紙に記入してください。たとえば、Aさん、Bさん、Cさん3人のグループで、AさんとBさんが1つの解答を、Cさんが1人で、別の解答を用意した場合には、Aさん、Bさんが用意した解答用紙には、グループ番号、AさんBさん2人の名前と参加番号を、もう1つのCさんの解答用紙にはグループ番号、Cさんだけの名前と参加者番号を記入してください。
3. 用意した解答用紙を何枚使用してもかまいません。ただし、異なる番号の課題は同じ解答用紙に記入しないでください。また、1つの課題に1つ以上の解答用紙を使った場合は解答用紙の記入欄に課題ごとの通し番号と総枚数を入れてください。1つの課題に2つ以上の解答を提出する場合も同様に解答用紙の記入欄に課題ごとの通し番号と総枚数を入れてください。
4. 課題に関する質問は監督者に質問してください。どんな質問でもどしどし質問してください。
5. 5階のH-52講義室と5階のフロアーには解答を考えるための実験用の道具、教材、機器が用意してあります。何を使っても構いません。工具の利用法は監督者に相談してください。

課題 1

日常生活で二者択一の場面で確率現象(らしきもの)が用いられることがあります。テニスのサーブ権の選択, サッカー, バスケットの開始時のボールの選択など, ラケットの裏表や, コイントスが用いられます。二者択一の場面でコイントスを用いる理由は,

「コインを投げて表が出るか裏が出るかは同じ確率で起こる。」

と誰もが信じているからです。

一方, 選別を行ったり, 多者択一をおこなう場合には, じゃんけんが用いられます。じゃんけんは誰もがランダムにグー, チョキ, パーを出すとするれば, 確率過程として成り立ち, グー, チョキ, パーどれが強いかわりありません。ところが, よく考えればコイントスはじゃんけんとは事情が異なります。なぜならば, コインの運動は古典(ニュートン)力学で決定論的に記述され, どのように運動するかは予言可能なはずであるからです。投げ上げるときの条件(初期条件)がいったん決まってしまうと, 投げ上げられたコインの運動のどこにも確率的な要素が入る余地はありません。その意味で, 表が出るか裏が出るかは, コインを投げ上げる瞬間の指の加減で決まっています。

では, コイントスは本当に裏と表が等確率(同じ頻度)で現れるのでしょうか。もし、裏と表が現れる確率が等しいのであるならば, 何故そうなるのでしょうか? 実際にコイントスを何回も行って頻度を調べる。思考実験を行う。運動方程式に従って物理的に解析を行う。等々を行い, コイントスにおいてコインの表と裏とが出る確率について科学的に考察してください。

課題 2

電気を流せば光を発する機器が数多く存在します。白熱電球、蛍光灯、ブラウン管、LED (発光ダイオード)、有機 EL、プラズマディスプレイ (注 1)、ネオン管、レーザーなどがそうです。逆に、白熱電球や蛍光灯に光を当てたからといって電流が発生するわけではありません。しかし、LED に光を当てると、端子間には起電力が発生します (注 2)。これは、前者の発光原理が、発熱を伴うエネルギー散逸による不可逆過程であるのに対して、後者の発光原理が、理想的には可逆過程であるためです。

さて、LED にはさまざまな色を発するものがあります。LED に当てる光が同じ明るさのとき、起電力 (電圧) をできるだけ大きくするためにはどのようにすればよいか考えてください。いろいろな色を発する LED を用意してあるので、実験しながら試してみてください。

注 1 液晶ディスプレイはバックライトが光っていて、液晶でその光を通すか遮るかを制御しています。

注 2 最近、道路の信号機に LED が使われていますが、信号機に光が当たっている場合、(利用はしていないだろうと思いますが。) 発電していることになります。

課題 3

空を飛ぶ機械と動物の違いを考察してください。現在広く目にする飛行機の翼は固定されており、燃料を燃やしてプロペラを回転させたり、ジェット流を噴射したりして推進力を得て前進することによって翼に生じる揚力を得て飛行します。一方、鳥類や昆虫は羽根を羽ばたかせて飛んでいます。飛行機開発の歴史の中では、鳥の飛行を参考に羽ばたき飛行機も作られてきました。また、現在でも羽ばたき飛行機の研究が進められています。羽ばたき飛行機、現在の固定翼飛行機それぞれの、利点欠点を考えてください。また、今後、羽ばたき飛行機は復活して航空機の主流にもどる可能性があるのかも考えてください。考察のために模型が用意してあります。

課題 4

肉や野菜をはじめとする食物はほとんど高分子(炭素と水素を骨組みとし、窒素や磷が化合した分子の鎖)できています。その中でも、牛肉に含まれるたんぱく質の性質について考えます。パベキューやステーキとして食べる牛肉はほとんど筋肉です。筋肉の中で、たんぱく質の鎖は、折りたたまれ、折りたたまれたものが水の中に含んで(水を仲介としては離れた分子が接合している。)3次元的な形にまとまっています。さらにこの3次元の形状が水を介して塊をなしています。

肉は水を仲介としてまとまっているので、加熱や冷凍によって肉の物理的性質が変わります。調理中、肉の温度が40 から変化が始まり60 を過ぎたことからばらばらになります。また、肉のうまみを閉じ込めるためには、さらに高温にするとともに、肉の中に肉汁(肉に含まれる水分や液体成分に旨味が溶け出した汁。)を肉の中にとじこめる必要があります。このことから、

1. 美味しいステーキを焼き上げる調理法。
2. 筋っぽい肉をやわらかくする調理法。
3. また、夫々の調理法を実践するための調理器具の性質。

について科学的に考察してください。残念ながら、調理機器は用意していませんので実証実験は帰宅後をお願いします。